UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS ZOOTÉCNICAS

EXTENSIÓN CHONE

CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS

TESIS

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE

INGENIERO (A) EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS

MODALIDAD: INVESTIGACIÓN DIAGNÓSTICA

TEMA:

"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA USADA EN LOS LABORATORIOS DE PROCESAMIENTO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS".

AUTORAS:

CARRANZA CHICA LISSETTE MONSERRATE

ZAMBRANO ZAMBRANO JENNIFER JOMAIRA

DIRECTOR DE TESIS:

BLGO. MRNO. GERARDO CUENCA NEVÁREZ

CHONE-MANABÍ-ECUADOR

2016-2017

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a DIOS y a mis padres, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi proyecto estudiantil y de vida. A mi padre quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mis hermanas, a mi familia en general quienes han velado por mi durante este arduo camino para convertirme en una profesional, a mis compañeros, que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino, a mis docentes, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduria que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Carranza Chica Lissette Monserrate

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a DIOS quien me hizo que fuera más valiente en todas las situaciones que se presentaron, a la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Zootécnicas y a la Escuela de Ingeniería en Industrias Agropecuarias, por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi tutor de tesis Blgo. Mrno. Gerardo Cuenca Nevárez por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante el desarrollo de la tesis.

A mis Padres que con su amor y trabajo me educaron y apoyaron en toda mi formación profesional.

A mis hermanas queridas, que de una u otra forma a lo largo de nuestras vidas han estado en mi vida, para reir, llorar y solidarizarnos, a ustedes mis hermanas queridas muchas gracias.

Y para finalizar, también agradezco a todos mis compañeros de clase durante todos los niveles de Universidad que supieron aceptarme para complementar con nuestras debilidades y fortalezas e hicieron a lado nuestras diferencias y me brindaron su amistad, confianza y apoyo.

Carranza Chica Lissette Monserrate

DEDICATORIA

Primeramente **A DIOS** mi ser supremo que me dio la vida y la fortaleza para avanzar y seguir luchando por los objetivos propuestos en mi vida.

Con todo mi amor y aprecio a mi esposo: **Ing. Carlos Chávez**, por su amor, dedicación y apoyo incondicional, me motivo en lograr tan anhelado sueño.

A mi más lindo tesoro, mi hijo: **Jostin Chávez**, quien es mi razón de vida y mi motivo de superación.

A mis hermosos padres: **Sr. Bolívar Zambrano** y **Sra. Teresa Zambrano**; por sus sabios consejos, amor, supieron guiarme por el buen camino para lograr mis objetivos propuestos, porque siempre creyeron en mi, en terminar con éxito mi etapa de superación académica.

A mis hermanos: **Jefferson, Evelin, Ariel** que con sus ocurrencias, travesuras, por su cariño, amor, sencillez son parte de mi vida.

A mis **amigos** y **compañeros**, por su apoyo incondicional que siempre me brindaron cada vez que estábamos en aulas y lograr mi anhelo más grande de obtener mi titulo universitario.

Zambrano Zambrano Jennifer

AGRADECIMIENTO

La gratitud es el valor que ennoblece al hombre durante toda su vida.

Primeramente mi eterna gratitud a **DIOS** por brindarme salud y vida cada día.

A la **Universidad Técnica de Manabí**, por brindarnos una educación de calidad, basada en conocimiento, destrezas y valores.

Agradezco infinitamente a mi esposo **Ing. Carlos Chávez** y a mi hijo **Jostin Chávez**, a mis Padres, Hermanos, ya que por su apoyo incondicional y su amor brindado me motivaron en terminar esta etapa de mi vida y obtener mi titulo profesional.

A todos mis catedráticos quienes me enriquecieron con sus conocimientos y formación moral durante mi carrera universitaria.

A mi director de tesis **Blgo. Mrno. Gerardo Cuenca Nevárez**; quien nos ha brindado su mayor apoyo, ya que sin su ayuda no hubiera sido posible la terminación de nuestro trabajo por su colaboración y ante todo su amistad, desde lo más profundo de mi corazón le agradezco infinitamente a todos los que me motivaron y me apoyaron para terminar mi carrera profesional.

Zambrano Zambrano Jennifer

Yo, **CARRANZA CHICA LISSETTE MONSERRATE,** soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la UNIVERSIDAD TÉCNCIA DE MANABÍ, AL EQUIPO INVESTIGADOR DEL PROYECTO "Determinación de la calidad microbiológica del agua usada en los laboratorios de procesamiento de la carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias" DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ZOOTÉCNCIAS.

_____

CARRANZA CHICA LISSETTE MONSERRATE

Yo, **ZAMBRANO ZAMBRANO JENNIFER JOMAIRA,** soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la UNIVERSIDAD TÉCNCIA DE MANABÍ, AL EQUIPO INVESTIGADOR DEL PROYECTO "Determinación de la calidad microbiológica del agua usada en los laboratorios de procesamiento de la carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias" DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ZOOTÉCNCIAS.

_____

ZAMBRANO ZAMBRANO JENNIFER JOMAIRA

CERTIFICACIÓN

Blgo. Mrno. Gerardo Cuenca Nevárez, Catedrático de la Facultad de Ciencias Zootécnicas de la Universidad Técnica de Manabí CERTIFICA que la presente tesis titulada:

"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA USADA EN LOS LABORATORIOS DE PROCESAMIENTO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS", ha sido realizada por las egresadas: CARRANZA CHICA LISSETTE MONSERRATE – ZAMBRANO ZAMBRANO JENNIFER JOMAIRA; bajo la dirección del suscrito habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

_____

Blgo. Mrno. Gerardo Cuenca Nevárez
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN

TESIS DE GRADO

Sometida a consideración del Tribunal de Revisión y Evaluación designado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Zootécnicas, extensión Chone de la Universidad Técnica de Manabí, , como requisito previo a la obtención del Titulo de:

INGENIERO (A) EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS

TEMA:

"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA USADA EN LOS LABORATORIOS DE PROCESAMIENTO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS"

REVISADO Y APROBADA POR:

ING. CECILIA PÁRRAGA ÁLAVA, MG **……**
REVISOR DE TESIS

PRIMER MIEMBRO DEL TRIBUNAL **……**

SEGUNDO MIEMBRO DEL TRIBUNAL **…….**

TERCER MIEMBRO DEL TRIBUNAL **……**

ABREVIATURAS

AOAC = Association of Official Analytical Chemists

APHA = American Public Health Association

BPM = Buenas Prácticas de Manufactura

CM = Cuadrado medio

E. E = Error experiemntal

F calc = Estadístico F calculado

F tab = Estadístico F tabulado

FCZ = Facultad de Ciencias Zootécnicas

FODA = Fortalezas-Oportunidades-Debilidades-Amenazas

gl = grados de libertad

INEN = Servicio Ecuatoriano de Normalización

IRCA = Índice de Riesgo de la Calidad del Agua

n = muestra

NTE = Norma Técnica Ecuatoriana

Sc = Suma de cuadrados

UFC = Unidades Formadoras de Colonias

UTM = Universidad Técnica de Manabí

NMP = Número más Probable

INDICE GENERAL

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN 1

1.1. JUSTIFICACIÓN 3

1.2. OBJETIVOS 4

1.2.1. Objetivo general 4

1.2.2. Objetivos específicos 4

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO 5

2.1. EL AGUA Y LA SALUD PÚBLICA 5

2.2. MICROBIOLOGÍA DEL AGUA 7

2.2.1. Coliformes totales 8

2.2.2. Coliformes fecales 8

2.3. MÉTODOS DE PREVENCIÓN PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN DE CURSOS DE AGUA 8

2.4. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA AGUA POTABLE 9

2.4.1. Objeto 9

2.4.2. Alcance 2.1 9

2.4.3. Definiciones 9

2.4.3.1. Adopción de definiciones 9

2.4.3.1.1. *Agua potable* 9

2.4.3.1.2. *Agua cruda* 10

2.4.3.1.3. *Límite máximo permitido* 10

2.5. EL AGUA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA 10

2.6. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS 11

2.7. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA POTABLE 12

2.7.1. Indicadores de la Calidad del Agua 12

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS 12

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN 12

3.2. MUESTRAS DE AGUA 12

3.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO 13

3.3.1. Recuento de Bacterias Mesófilas /APHA, 1995) 13

3.3.2. Numeración de Coliformes Totales por el método de tubos múltiples "NMP" (APHA, 1995) 14

3.4. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO 16

3.5. MATERIALES, EQUIPOS, MEDIOS Y ADITIVOS 16

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL 16

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 16

4.1. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR 16

4.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO 16

4.2.1. Análisis de mesófilos 16

4.2.2. Análisis de coliformes 18

4.3. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO 21

4.4. ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO 22

4.4. ANÁLISIS FODA 22

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 23

5.1. CONCLUSIONES 23

5.2. RECOMENDACIONES 24

BIBLIOGRAFÍA 25

ANEXOS 28

Análisis de *E. coli* por el método del NMP 29

Composición y preparación de los medios usados 30

Registro fotográfico 31

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Principales equipos, materiales, medios de cultivo y aditivos usados para el cultivo de Mesófilos y Coliformes totales 15

Tabla 3.2. Formato para la entrada de datos posterior a realizar el cultivo de bacterias Mesófilas y Coliformes totales 15

Tabla 4.1. Resultados promedio obtenidos del recuento de Mesófilos en el agua (UFC/ml) 17

Tabla 4.2. Análisis de varianza de la cuantificación de Mesófilos en las muestras de agua de los laboratorios de procesos de alimentos de la UTM-FCZ 17

Tabla 4.3. Conteo de Coliformes por la técnica del NMP (3 diluciones) 19

Tabla 4.4. Análisis de varianza de la cuantificación de Coliformes en las muestras de agua de los laboratorios de procesos de alimentos de la UTM-FCZ 20

Tabla 4.5. Resultados obtenidos del análisis físico-químico del agua potable que ingresa a los laboratorios de procesamiento de la UTM-FCZ 21

Tabla 4.6. Clasificación de la calidad del agua para consumo humano según Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) 22

Tabla 4.7. Determinación de un análisis FODA producto de los resultados obtenidos 22

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 3.1. Metodología usada para la siembra y recuento de mesófilos en el agua 13

Diagrama 3.2. Metodología usada para la siembra y recuento de coliformes en el agua 14

INDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Resultados del análisis de Mesófilos presentes en las muestras de agua potable que ingresan a los laboratorios de procesamiento de alimentos de la UTM-FCZ (Método UFC) 18

Figura 4.1. Resultados de la cuantificación de Coliformes totales en las muestras de agua potable que ingresan a los laboratorios de procesamiento de alimentos de la UTM-FCZ (Método NMP) 19

RESUMEN

La presente investigación trata sobre la determinación de la calidad microbiológica del agua usada en los laboratorios de procesamiento de la carrera de ingeniería en industrias agropecuarias, para lo cual se realizó un diagnóstico previo de 3 laboratorios de procesamiento de alimentos: Laboratorio de lácteos, laboratorio de frutas – hortalizas y laboratorio de cárnicos.

Posteriormente, se realizó un muestreo completamente aleatorizado donde se tomaron 15 muestras en total de 1 litro cada una, a diferentes horas 08H00, 12H00 y 15H00 durante dos meses. Luego las muestras fueron llevadas al laboratorio de análisis microbiológico siguiendo los Métodos Standard (APHA, 1995), considerándose los siguientes parámetros: Bacterias Mesófilas por el método de recuento en placa y numeración de Coliformes Totales por el método del Número Más Probable (NMP).

Los resultados presentaron en la cuantificación de bacterias mesófilas, van desde 1 UFC/ml hasta 6 UFC/ml , en donde se determinó que el agua potable que ingresa a los laboratorios de procesos de alimentos, se encuentra dentro de lo permitido por el reglemnto técnico RTE INEN 023:2008. Por otra parte, para el análisis de Coliformes tenemos una carga bacteriana promedio para el laboratorio de lácteos de (20,73 +/- 18,36 NMP), para el laboratorio de frutas-hortalizas (20,80 +/- 9,23 NMP) y en el laboratorio de cárnicos (28,20 +/- 19,24 NMP) por lo que podemos apreciar que el agua de ingresa a estos laboratorios no se encuentra apta para realizar procesos de elaboración de alimentos, de acuerdo, a los estipulado por la norma NTE INEN 1108-2011.

Se recomienda, construir un pozo elevado para mantener agua almacenada y con buen tratamiento previo a la utilización de la misma, así mismo elaborar un plan de contingencia para prevenir más contaminación del agua producto del mal estado de la tuberia, griferia, llaves de paso y demás conectores y neplos inherentes al sistema de distribución interna dede los laboratorios y monitorear periódicamente la calidad del agua potable.

Palabras claves: *cultivo, mesófilos, coliformes, agua, procesos.*

ABSTRACT

The present research deals with the determination of the microbiological quality of the water used in the laboratories of the engineering career in agricultural industries, for which a previous diagnosis of three laboratories of food processing was carried out: Milk laboratory, laboratory of Fruits - vegetables and meat laboratory.

Subsequently, a completely randomized sampling was carried out where 15 samples were taken in total of 1 liter each, at different hours 08H00, 12H00 and 15H00 during two months. The samples were then taken to the microbiological analysis laboratory following the Standard Methods (APHA, 1995), considering the following parameters: Mesophilic Bacteria by plate counting method and Total Coliform Numbering by the Number Most Probablity (NMP).

The results presented in the quantification of mesophilic bacteria, ranging from 1 CFU / ml to 6 CFU / ml, where it was determined that the drinking water entering the laboratories of food processes, is within the limits allowed by the technical regulation RTE INEN 023: 2008. On the other hand, for the analysis of Coliforms we have an average bacterial load for the dairy laboratory of (20.73 +/- 18.36 NMP), for the laboratory of fruit-vegetables (20.80 +/- 9.23 NMP) and in the meat laboratory (28,20 +/- 19,24 NMP), so we can see that the water entering these laboratories is not suitable for food processing, according to the Stipulated by the norm NTE INEN 1108-2011.

It is recommended to construct a raised well to maintain stored water and with good treatment prior to the use of the same, and to elaborate a contingency plan to prevent more water contamination due to poor condition of the pipe, faucets, stopcocks and Other connectors and connections inherent to the internal distribution system of laboratories and periodically monitor the quality of drinking water.

Key words: *culture, mesophiles, coliforms, water, processes.*

CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento vital y todos debemos crear cosnciencia de lo que este recurso

es necesario para algunas actividades del desarrollo industrial, desde la producción de energía eléctrica, la calidad de vida de las personas, el mantenimiento de las explotaciones animales, así como la producción agrícola (Brock & Madigan, 2006).

El agua que se usa regularmente para cualquier actividad humana, incluida el procesamiento de productos agroindustriales alimenticios procede comúnmente de una red de abastecimiento municipal, o bien, de un pozo somero privado. Cualquiera sea la fuente de agua, esta debe ser previamente certificada. El utilizar agua contaminada en la preparación de alimentos u otras actividades nos podría producir un gran número de casos de infección (Camacho, Giles, Ortegón, Palao, & Serrano, 2011).

El agua del nivel freático, es fuente de abastecimiento para las diversas actividades humanas desde beber agua hasta para las diversas labores agrícolas; el manto freático contiene cerca del 90% del agua dulce que se halla a disposición de los seres humanos, pero al ser un recurso de lenta renovación fácilmente se agota (CDCP, 2012)

En la calidad del agua influyen factores como los fisicoquímicos y los microbiológicos. A nivel mundial alrededor de 1,8 millones de personas mueren cada año debido a enfermedades diarreicas (incluido el cólera); un 90% de esas personas son niños menores de cinco años, principalmente procedentes de países en desarrollo. Además se ha estimado que el 88% de las enfermedades diarreicas son producto de un abastecimiento de agua insalubre, de un saneamiento y una higiene deficientes (OMS, 2004).

En Ecuador, para conocer los límites permisibles para ambos factores se debe consultar la norma (NTE INEN 1108:2011) y analizar el agua para asegurar que cumpla con lo establecido.

La agroindustria necesita de grandes cantidades de agua para operar. Desde los procesos de limpieza diaria y lavado de manos, hasta su uso como ingrediente principal de algunos productos, el agua está presente en cualquier establecimiento en donde se preparen alimentos. Debido a su importancia para la inocuidad, se debe asegurar que el agua y su sistema de abastecimiento cumplan con la calidad necesaria. Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido (INEN, Norma general para agua potable. Requisitos, 2010).

El agua en una planta de alimentos es un componente fundamental para mantener un ambiente sanitario. El agua es utilizada generalmente para:

- Los procesos de limpieza y sanitización de superficies.
- Aseo personal.
- Como ingrediente.
- Fabricación de hielo.
- Procesos de enfriamiento.
- Producción de vapor.
- Lavar y desinfectar frutas y verduras.

Todos estos procesos, entre otros que tengan relación con el proceso de fabricación de alimentos, deben realizarse utilizando agua potable.

El agua subterránea, explotada por medio de pozos profundos, es determinante para que zonas marginadas y poblaciones reprimidas, se desarrollen y mejoren sustancialmente su calidad de vida, sin embargo, cuando estas aguas están contaminadas y no tienen un tratamiento adecuado, su consumo puede ser peligroso para la salud humana y para el ecosistema.

En la mayoría de predios de la ciudad de Chone, sobre todos los ubicados en la periferie de la misma, se hallan pozos de aguas subterráneas que son utilizados para el consumo humano, actividades agrícolas, ganaderas y agroindustriales, pero que se ven afectados por contaminación antrópica.

Éstas son aguas que no se les realiza ningún tipo de tratamiento, ni monitoreo ambiental que incluya análisis fisicoquímicos y microbiológicos, por lo que se hace necesario la realización de un estudio que permita determinar la calidad de esta agua, para que sirva como base para el control y tratamiento de ellas, ya que estas son susceptibles a ser contaminadas por material orgánico que conllevan a la contaminación por microorganismos y sustancias químicas, producto de la escorrentía.

1.2. ANTECEDENTES

La mayoría de los países industrializados que cuentan con un sistema de registro de enfermedades transmitidas por alimentos, ha llegado a establecer que durante las últimas décadas, una persona de cada tres puede ser afectada con este tipo de enfermedades, mientras que en los países en desarrollo, lo más probable es que el problema esté aún más generalizado (FAO/OMS., 2002). La mayoría de los países con sistemas para notificar casos de enfermedades transmitidas por alimentos, han documentado aumentos significativos en la incidencia de enfermedades causadas por microorganismos en los alimentos, como *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni* y *Escherichia coli* enterohemorrágica, y parásitos del género C*ryptosporidium* spp., *Cyclospora* spp., trematodos, protozoarios y helmintos intestinales (FAO/OMS., 2002)

En estos últimos, las enfermedades diarreicas transmitidas por los alimentos y por el agua, son las principales causas de enfermedad y muerte; se estima que 2,2 millones de personas mueren anualmente, la mayoría de las cuales son menores de edad (OMS., 2002).

La Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) en en conjunto con autoridades de la Dirección Provincial de Salud, representantes de Agrocalidad y otros organismos estatales de salud; vienen implementando estrategias para el control y prevención de enfermedades trasmitidas por agua y alimentos, en donde consta una fuerte campaña educativa sobre la prevención de manejo de agua y alimentos que permita a la población percibir riesgos y prevenir enfermedades trasmitidas por agua y alimentos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Determinar la calidad microbiológica del agua usada en los laboratorios de procesamiento de la carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico situacional del control del agua en los laboratorios de procesamiento de la carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias.
- Evaluar la calidad microbiológica del agua de abastecimiento de los laboratorios de procesamiento de la carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias, durante 60 días y correlacionar los datos con los requisitos exigidos en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1108:2011.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua de abastecimiento de los laboratorios de procesamiento de la carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. EL AGUA Y LA SALUD PÚBLICA

La salud pública de una población, se ve mermada por los sistemas de abastecimiento de agua; la alteración de las características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la red de distribución incide directamente sobre el nivel de riesgo sanitario presente en el agua (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud. , 2005), el cual se define como el riesgo de transportar agentes contaminantes que puedan causar enfermedades de origen hídrico al hombre y los animales o alterar el normal desempeño de las labores dentro del hogar o la industria (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud. Enfoques integrados para la gestión de inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena alimentaria., 2002).

La calidad del agua debe evaluarse antes de construir el sistema de abastecimiento. El agua contiene impurezas, que pueden ser de naturaleza físico-química o bacteriológica y varían de acuerdo al tipo de fuente. Cuando las impurezas presentes sobrepasan los límites recomendados, el agua debe ser tratada antes de consumirse. Además de no contener elementos nocivos a la salud, el agua no debe presentar características que puedan ocasionar que la población rechace su uso (Clescen, 1999). Se define como agua potable aquella que cumple con los requerimientos de las normas y reglamentos nacionales sobre calidad del agua para consumo humano y que básicamente se encuentre libre de microorganismos que causan enfermedades (Ortiz, 1999).

El riesgo es el resultado de comparar la vulnerabilidad de la población frente a una amenaza o factores de riesgo (Amaral, 2000), y puede clasificarse como agudo o crónico; el riesgo agudo está relacionado con la posibilidad de enfermarse a muy corto plazo con dosis infecciosas bajas del contaminante como la contaminación microbiológica, y el riesgo crónico está relacionado con la presencia de contaminantes de naturaleza química como compuestos orgánicos e inorgánicos que afectan la salud

del ser humano después de largos períodos de exposición (Instituto Nacional de Salud, 2007). El riesgo agudo es prioridad para su control, debido al gran impacto que puede causar sobre la salud de la población; el riesgo crónico es segunda prioridad en sistemas de abastecimiento expuestos a conta- minación microbiológica severa (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Comunidad Andina. , 2004).

En la mayoría de países en desarrollo, el riesgo microbiológico es bastante marcado principalmente asociado a un inadecuado saneamiento, lo que se ratifica en la Agenda 21 de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo que afirma que aproximadamente 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en estos países tienen por causa el consumo de agua contaminada y hasta una décima parte del tiempo productivo de las personas se dedica a enfermedades relacionadas con agua (OMS, 2004).

En países latinoamericanos, el deterioro del recurso hídrico también está asociado principalmente con vertimientos de aguas residuales domésticas, industriales y de producción agrícola y ganadera y actividades como transporte terrestre, fluvial y marítimo de sustancias peligrosas o petróleo, aguas de extracción minera y residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios o directamente en éstas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud, 2002). A pesar de que en promedio el 78% de la población ecuatoriana tiene acceso a agua potable (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud, 2004) en algunas provincias y sobre todo cantones se evidencian problemas de calidad del agua para consumo humano (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud. , 2005).

El marcado deterioro de los cuerpos de agua superficial hace prioritaria su evaluación con el fin de tomar acciones de control y mitigación del nivel de riesgo que será determinante en la complejidad y costos del tratamiento del agua para consumo humano,

La operación y mantenimiento son acciones fundamentales para el funcionamiento y durabilidad de los sistemas de agua, su adecuada plani cación y ejecución, así como una activa participación y vinculación de la organización comunitaria es un paso hacia el

empoderamiento y sostenibilidad tanto de la organización como de la infraestructura (Prieto, 2008).

Una adecuada operación y mantenimiento sumados a una correcta composición del sistema, pueden ser garantía de un servicio de calidad. Un cambio en alguno de estos parámetros pueden redundar en que la población acceda a agua de mala calidad (APHA, 1992).

En muchas ocasiones no se presta la atención necesaria a la operación y mantenimiento, o es delegada a la persona responsable de la operación como su exclusiva responsabilidad, desligando al resto de la organización de estas tareas. Eso redunda en una disminución de la vida útil de las infraestructuras, es una fuente permanente de con ictividad, signi ca un mayor gasto para la organización y no permite prestar un servicio eficiente a los usuarios/as.

2.2. MICROBIOLOGÍA DEL AGUA

El agua como elemento fundamental para la vida, es también el vector de varios microorganismos entre ellos las bacterias entéricas (Appela, 2008); esto debido a la contaminación de forma directa o indirecta de los cuerpos de agua con aguas residuales, desechos sólidos o materia orgánica en descomposición ya sea de origen animal o vegetal (OPS., 1987).

Para brindar garantias en el uso y consumo del agua, es menester, realizar un control integral a las fuentes de agua que proveen a los sistemas de potabilización de las ciudades, establecer un sistema de mantenimiento, controlar periodicamente las redes de distribución y monitorear la calidad del agua desde el punto de vista físico-químico y microbiológico este último basado en la identificación y cuantificación de bacterias del grupo de las coliformes, enteroccos y mesófilos (Vargas, 1996).

Los índices biológicos, tienen en general una metodología analítica más dificultosa, permiten sin embargo, un estudio de la influencia real de la contaminación de las aguas sobre el ecosistema acuático. De forma paralela al estudio de índices fisicoquímicos para valorar la contaminación de un agua, se ha desarrollado una metodología basada en el factor biológico de las aguas, que tiene el gran interés de ser un factor integrador de todos los restantes que afectan a la calidad. Se basa en determinar la influencia de la

contaminación en la composición y estructura de las comunidades biológicas que viven en las aguas y los cambios que se producen en las mismas.

2.2.1. Coliformes totales

Su entorno natural es el intestino humano y su presencia en un cauce acuático indica contaminación cloacal. Para que el agua sea potable no debe tener más de 2/100 ml (dos bacterias por cada 100 mililitros) y para que un cuerpo de agua sea factible de potabilizar no puede superar los 5.000/ml.

Los microorganismos coliformes totales comprenden todas las bacterias en forma de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gram negativos no esporulados, que pueden desarrollarse en inhibición del crecimiento y fermentan la lactosa con la producción de ácido y gas a una temperatura de 35°C en un periodo de 24 a 48 horas (Romero, 2002)**.**

Los microorganismos que están presentes en las aguas residuales son muy diversos, sin embargo, el análisis de coliformes por la metodología del número más probable de microorganismos (NMP) presentes en 100 ml de muestra da una pauta del nivel de contaminación de esas aguas residuales. Este método, se constituye en una alternativa eficiente de estimación de densidades poblacionales especialmente cuando una evaluación cuantitativa de células individuales no es factible.

2.2.2. Coliformes fecales

Comprende todas las bacterias en forma de bacilos aerobios y anaerobios facultativos gram negativos no esporulados, que pueden crecer en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos con similares propiedades de inhibición del crecimiento y fermentan lactosa con la producción de ácido y gas a una temperatura de 44.5 °C ± 0.2°C en menos de 24 ± 2 horas.

2.3. MÉTODOS DE PREVENCIÓN PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN DE CURSOS DE AGUA

Evitar la contaminación de lechos acuáticos es una tarea que compete a toda una población y desde hace mucho tiempo, debido a que en la actualidad es deplorable el estado de contaminación en el que se encuentran dichos cauces sobre todo los que se encuentran cercanos o atravesando lugares poblados.

Una de las formas para evitar esta contaminación es el eficiente uso del agua, para esto se debería hacer controles a nivel doméstico e industrial de los vertidos que se desechan directamente a los cauces de agua, imponiendo sanciones o multas a quienes transgreden las normas básicas de vertidos líquidos y sólidos tanto a nivel urbano como rural, en este último sector también es importante, desarrollar controles sobre el uso eficiente de agroquímicos impidiendo así las malas y ortodoxas prácticas de fertilización (Freire, 2011)**.**

Es menester concientizar a la población para que ponga en práctica procesos de reciclaje y buena disposición de sus desechos, ya que una mala práctica incide en que estos residuos vayan directamente a contaminar cursos de agua que muchas veces son utilizados para el consumo humano después de haberla potabilizado. Por esto se recomienda, evitar desbrozar la flora que se desarrolla a los márgenes de los diversos ríos ya que ésta los protege de diferentes contaminantes.

Puede ser necesario además implementar controles de ingeniería adicionales para contener y neutralizar los olores molestos que contribuyen a un incremento de los niveles en las aguas residuales (Pozo, 2012)**.**

2.4. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA AGUA POTABLE

2.4.1. Objeto

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

2.4.2. Alcance 2.1

Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

2.4.3. Definiciones

2.4.3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

2.4.3.1.1 *Agua potable.* Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

2.4.3.1.2 *Agua cruda.* Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

2.4.3.1.3 *Límite máximo permitido.* Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números (INEN, Norma general para agua potable. Requisitos, 2010).

2.5. EL AGUA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

El agua está inmersa a lo largo del procesamiento de alimentos y en las operaciones unitarias inherentes alos mismos. Dentro de estos procesos tenemos: remojo, lavado, enjuague, escaldado, calentamiento, pasteurización, enfriamiento, producción de vapor, limpieza general, saneamiento y desinfección (Casani, 2005)

Las industrias relacionadas con el agua y los alimentos tienen como fin común, proveer de productos y/o servicios de calidad a los consumidores. De forma tácita, se entiende que el producto o servicio debe de gozar de inocuidad, ya que tanto el agua como los alimentos pueden ser vectores para la transmisión de enfermedades y continúan siendo responsables de numerosos brotes en países desarrollados y en vías de desarrollo a lo largo del planeta (Kirby, 2003)

Cada vez que se consumen alimentos o se emplea algún producto o servicio, indirectamente se aprovecha el agua involucrada en sus procesos de producción. El consumo indirecto es usualmente considerado mucho mayor que el consumo de agua directo (AgroDer., 2012).

Existen indicadores en materia de agua como el agua virtual, que es el volumen total de agua utilizada directa e indirectamente para la elaboración de un producto. La huella hídrica (hh), es un indicador que se de ne como el volumen total de agua dulce que utilizamos en nuestra vida diaria, esta puede referirse a un producto, un consumidor, una empresa, una región o una nación (Vázquez del Mercado & Buenfil, 2012).

2.6. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS

El agua participa en la producción de los alimentos, desde las etapas iniciales (riego y agua para el ganado) hasta el procesamiento (ingrediente, medio de transporte y ayuda higiénica).

Por lo tanto, la importancia de su calidad resulta vital, ya que las personas pueden estar expuestas a agentes infecciosos o agentes químicos tóxicos mediante la ingesta de agua conta- minada incorporada a alimentos, de alimentos regados o cose- chados con agua contaminada y de alimentos que han estado en contacto con agua contaminada durante su procesamiento (Kirby, 2003).

A lo largo del tiempo se han establecido programas para el aseguramiento de la calidad que incluyen al agua. Los principales programas han surgido tomando como base el Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP, por sus siglas en inglés); así como los estándares de calidad ISO 9001. Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS), a través de la Asociación Internacional del Agua (IWA, por sus siglas en inglés), han creado los planes de agua segura (WSPS, por sus siglas en inglés), que son planes de gestión de agua, que inclu- yen desde la fuente original, hasta su destino final (IWA, 2017).

El agua que, además de ser incluida como alimento, es utilizada para diferentes fines en las etapas de producción de las empresas de alimentos, debe ser potable para todo propósito; sin embargo, su calidad puede verse afectada por la presencia de microorganismos patógenos o por contaminantes químicos.

La mayoría de los países con sistemas para notificar casos de enfermedades transmitidas por alimentos, han documentado aumentos significativos en la incidencia de enfermedades causadas por microorganismos en los alimentos, como *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni* y *Escherichia coli* enterohemorrágica, y parásitos del género C*ryptosporidium* spp., *Cyclospora* spp., trematodos, protozoarios y helmintos intestinales.

2.7. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA POTABLE

Condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos, ésta depende directamente de la utilización que se le vaya a dar a dicha agua. Muchas de las características físico-químicas y bacteriológicas requeridas para determinado uso son características adoptadas para propósito generales. Así, por ejemplo, es condición generalmente aceptada que un suministro de agua público, para uso doméstico e industrial, el agua debe ser clara, libre de minerales que produzcan efectos biológicos o fisiológicos indeseables y carente de organismos patógenos.

La calidad del agua está determinada por la hidrología, la físico-química y la biología de la masa de agua a que se refiera. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos. Estas condiciones tienen relevancia ya que, según los tipos de substratos por los que viaje el agua, ésta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dicho substrato. Así, las aguas que discurren por zonas calizas (rocas muy solubles) se cargarán fácilmente de carbonatos, entre otras sales. En el otro extremo, los cursos de agua que discurren sobre substratos cristalinos, como los granitos, se cargarán muy poco de sales, y aparecerá en cantidad apreciable la sílice.

El agua encontrada en estado natural nunca está en estado puro, sino que presenta sustancias disueltas y en suspensión. Estas sustancias pueden limitar, de modo igualmente natural, el tipo de usos del agua. Las aguas hipersalinas o muy sulfurosas, por ejemplo, no se pueden usar como agua potable o de riego (Marín, 2003).

2.7.1. Indicadores de la Calidad del Agua

Los parámetros más comúnmente utilizados para establecer la calidad de las aguas son los siguientes: oxígeno disuelto, pH, sólidos en suspensión, DBO, nitratos, nitritos, cloro residual (Frank, Kemmer, McCallion, & Espinoza, 1992).

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

Para desarrollar la investigación se utilizó en primera instancia la investigación bibliográfica documental para fortalecer el marco teórico basándose en estudios ya realizados para establecer el plan de tesis, posteriormente se utilizó la investigación de campo para la recolección de muestras de las aguas de la red de acceso a los laboratorios de procesamiento de alimentos de la Facultad de Ciencias Zootécnicas, extensión Chone y luego se implementó la investigación *in lab* para evaluar la calidad del agua que ingresa a estas dependencias y que es usada para los diferentes procesos de elaboración de alimentos de la carrera de Industrias Agropecuarias.

3.2. MUESTRAS DE AGUA

En esta investigación se consideró obtener muestras de agua de la red de acceso directo a las instalaciones de la FCZ, para determinar ciertos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua que cae de la tubería instalada en dichas dependencias.

Se realizó un muestreo completamente aleatorizado ya que se tomaron 15 muestras en total de 1 litro cada una, a diferentes horas 08H00, 12H00 y 15H00 durante dos meses. El objetivo de la toma de muestra es obtener un volumen de agua suficientemente representativo y para que sea analizado en el laboratorio con total facilidad.

Se desinfectaron los puntos de descarga con alcohol para luego dejar fluir el agua durante 2 a 3 minutos, tiempo suficiente para permitir limpiar la línea de servicio.

Antes de llenar el envase (vidrio ámbar de 1500 ml) con la muestra hay que lavarlo dos veces con el agua que se va a recoger, eliminando restos de jabón o detergente, luego agregar 0,1 ml de tiosulfato de sodio al 10% y proceder a esterilizar en un autoclave a 121 º C durante 15 minutos. Cabe mencionar que la muestra no necesita ningún aditivo, por esto la toma de muestras es directa. Los envases son de vidrio color ámbar con tapa rosca de 1500 ml de capacidad.

3.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

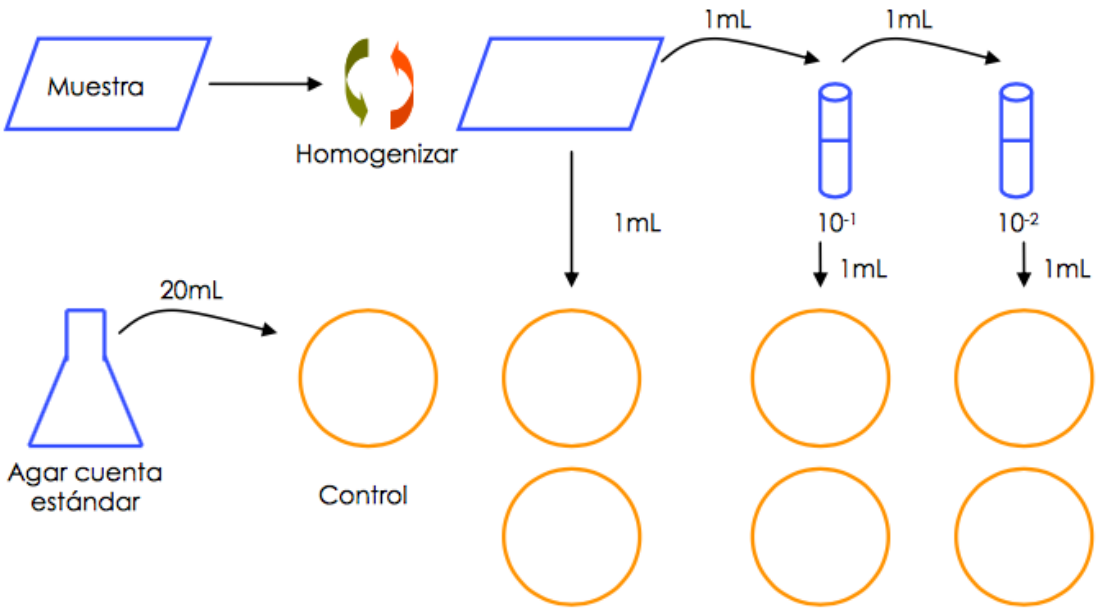
Las muestras fueron llevadas directamente al laboratorio de análisis microbiológico para realizar la detección y numeración de patógenos microscópicos siguiendo las recomendaciones de los Métodos Standard (APHA, 1995), considerándose los siguientes parámetros: Bacterias Mesófilas por el método de recuento en placa y Numeración de Coliformes Totales por el método de Tubos Múltiples (NMP).

3.3.1. Recuento de Bacterias Mesófilas (APHA, 1995)

Se utilizó la técnica de incorporación (pour plate method). El método consistió en adicionar un volumen de 1 mL de la muestra y/o sus diluciones a una placa petri estéril de 15 mm X 100 mm (por duplicado) para luego verter agar plate count licuado y temperado (a 45°C) a la placa, homogeneizar de acuerdo a los métodos de rotación, dejar solidificar e incubar las placas invertidas a 35°C durante 48 horas, tal como se describe en el diagrama 3.1.

A continuación se diagrama la metodología usada para esta investigación:

Diagrama 3.1. Metodología usada para la siembra y recuento de Mesófilos en el agua.



Elaborado por: Carranza, L & Zambrano, J. FCZ, 2017
Fuente: Depa. Fquim. UNAM.

3.3.2. Numeración de Coliformes Totales por el método de tubos multiples “NMP” (APHA, 1995)

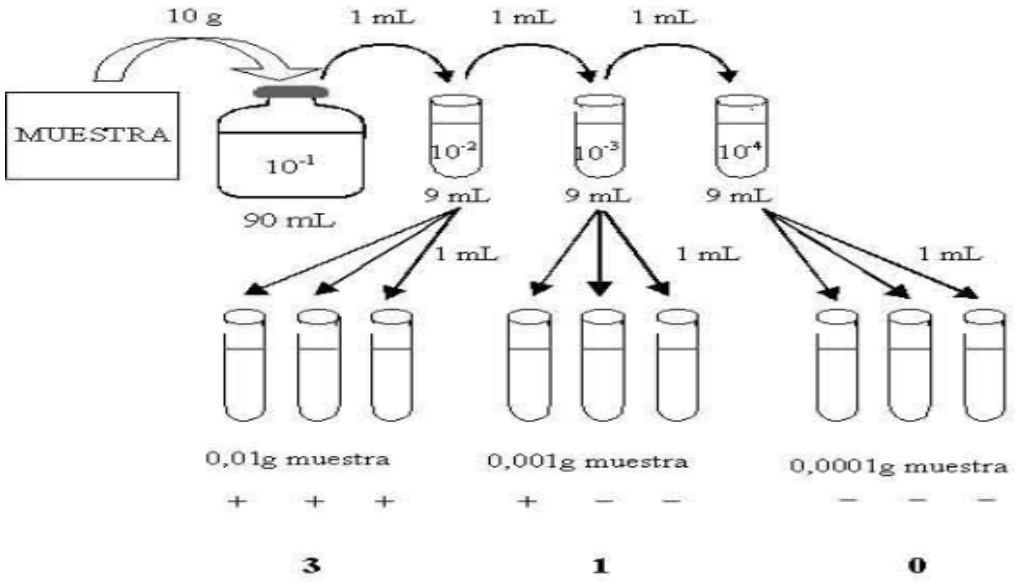
El método consistió en utilizar como medio de cultivo para la prueba presuntiva, Caldo Lauril Triptosa en volúmenes de 10 mL de concentración simple (X), para inóculos de 1 mL y de doble concentración (2x) para inóculos de 10 mL.

Luego de inoculada la muestra y/o sus diluciones, se incubó a 35°C por 24-48 horas, considerándose como positivos los tubos con presencia de gas y turbidez.

De los tubos positivos, se transfirió una asada a tubos con Caldo Bilis Verde Brillante, los tubos también contenian en su interior una campana de Durhan de forma invertida, luego se incubó a 35° C por 24-48 horas.

La formación de gas en el interior de las campanas de Durhan y el cambio de color del caldo de cutivo se consideraron como criterios válidos para dar un dictamen positivo para Coliformes Totales. Luego se hizo la lectura del Número más Probable (NMP) en las tablas correspondientes, estimándose como Número más probable (NMP) de Coliformes Totales por 100 mL; tal como se muestra en el diagrama 3.2.

Diagrama 3.2. Metodología usada para la siembra y recuento de Coliformes en el agua.



Elaborado por: Carranza, L & Zambrano, J. FCZ, 2017
Fuente: Depa. Fquim. UNAM.

3.4. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Para los análisis físico-químicos se tomaran en consideración muestras de agua tomadas a diferentes horas 08H00, 12H00 y 15H00 durante dos meses. El objetivo de la toma de muestra es obtener un volumen de agua suficientemente representativo y para que sea analizado en el laboratorio con la ayuda de un Fotómetro marca photoLab S12 WTW (Spectroquant).

3.5. MATERIALES, EQUIPOS , MEDIOS Y ADITIVOS

Tabla 3.1. Principales equipos, materiales, medios de cultivo y aditivos usados para el cultivo de Mesófilos y Coliformes totales.

Equipos	Materiales	Medios de cultivo
Autoclave Balanza analítica Incubadora Cámara de flujo laminar	Erlenmeyers 250, 500 y 1000 ml Varillas de vidrio Pipetas de 1, 5, 10 y 25 ml Peras de succión Hisopos de madera Cajas Petri Piseta Espátulas Campanas Durhan	Agar Plate Count Caldo Lauril Triptosa Caldo Bilis Verde Brillante Agua destilada Alcohol 95%

Fuente: Carranza, L & Zambrano, J. FCZ, 2017

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Las análisis estadístico realizado se basó en determinar si existía o no diferencias significativas a partir de un ANOVA al 95% entre las características microbiológicas de las muestras de agua tomadas de los laboratorios de procesos de la carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias (Montgomery, 1991).

Tabla 3.2. Formato para la entrada de datos posterior a realizar el cultivo de bacterias Mesófilas y Coliformes totales.

Día	Hora	Réplica 1			NMP	Réplica 2			NMP	Réplica 3			NMP
		10 ml	1 ml	0,1 ml		10 ml	1 ml	0,1 ml		10 ml	1 ml	0,1 ml	
1	08H00												
	12H00												
	15H00												

Fuente: Carranza, L & Zambrano, J. FCZ, 2017

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

Del diagnóstico realizado mediante la técnica de la observación directa *"in situ"* se consideran los siguientes aspectos:

a.- Estado de la tubería y grifería de los laboratorios de procesos: Es necesario implementar un plan de limpieza rutinario para que se mantenga limpio y en buen estado la tubería, acoples y grifería de esta dependencia para que la misma se encuentre en un estado de mantenimiento preventivo, ya que si no se realiza esta acción los procesos que se realicen dentro de esta dependencia podrían afectar la calidad de los elaborados.

b.- Almacenamiento del agua: Se recomienda abastecerse y almacenar agua para que la misma antes de su uso en algún proceso sea tratada con una solución de cloro; por lo que sería importante construir un tanque elevado para asegurar el abastecimiento de agua y que la misma a más del tratamiento que se le da en la planta potabilizadora, también tenga otro tratamiento y análisis previo antes de usarla para algún proceso.

c.- Uso de soluciones de limpieza para baldosas y utensilios: Es necesario el uso de detergentes tensoactivos y cloro en forma de Hipoclorito de sodio en solución para la limpieza de pisos, paredes, baldosas y demás utensilios usados durante el procesamiento de productos de consumo humano.

4.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

4.2.1. Análisis de Mesófilos

En lo que se refiere al recuento de bacterias mesófilas, los resultados del conteo se expresaron en unidades formadoras de colonia por mililitro (UFC/ml), en los cuales se encontraron recuentos que van desde 1 UFC/ml hasta 6 UFC/ml , en donde se pudo determinar que el agua potable que ingresa a los laboratorios de procesos de alimentos de la UTM-FCZ, se encuentra dentro de lo permitido por el reglemnto técnico RTE

INEN 023:2008, el mismo que indica que la concentración de aerobios mesófilos, no debe ser superior a 100 UFC/ml (INEN, Reglamento Técnico Ecuatoriano para Agua potable, 2003)

Lo anterior indica que las condiciones higiénicas y de manejo del agua son adecuadas pero falta mayor control y limpieza, así como una reestructuración de las plantas de elaboración de proceos alimenticios. A continuación podremos apreciar la tabla con los resultados obtenidos y el ANOVA correspondiente al 95% de nivel de confianza.

Tabla 4.1. Resultados promedio obtenidos del recuento de Mesófilos en el agua (UFC/ml)

DIA	LAB. LACTEOS	LAB. FRUTAS-HORTALIZAS	LAB. CARNICOS
1	2,67	2,33	6
15	1,33	4	4,33
30	5,67	1,67	4
45	6	2	5
60	6,33	3,33	1,67

Fuente: Carranza, L & Zambrano, J. FCZ, 2017

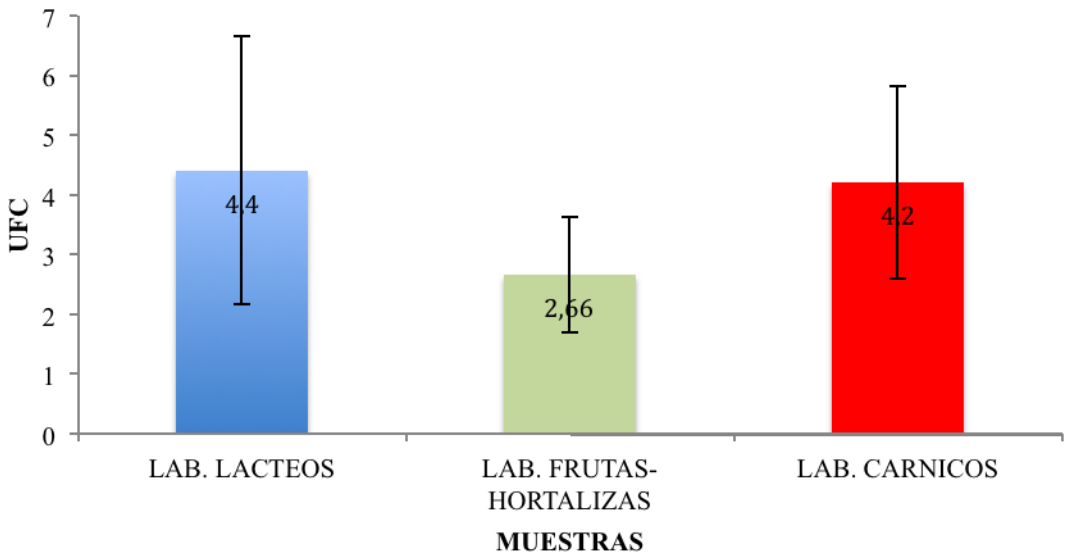
Tabla 4.2. Analisis de varianza de la cuantificación de Mesófilos en las muestras de agua de los laboratorios de procesos de alimentos de la UTM-FCZ.

Origen de la Variación	*gL*	*Sc*	*CM*	*F calc*	*F tab*
Laboratorios	2	8,99	4,49	1,830	3,739
Error Experimental	14	34,42	2,46		
Total	16	43,42			

Fuente: Carranza, L & Zambrano, J. FCZ, 2017

Como podemos apreciar no se muestran diferencias significativas entre los distintos laboratorios de procesamiento de alimentos de la UTM-FCZ

Figura 4.1. Resultados del análisis de Mesófilos presentes en las muestras de agua potable que ingresan a los laboratorios de procesamiento de alimentos de la UTM-FCZ (Método UFC).

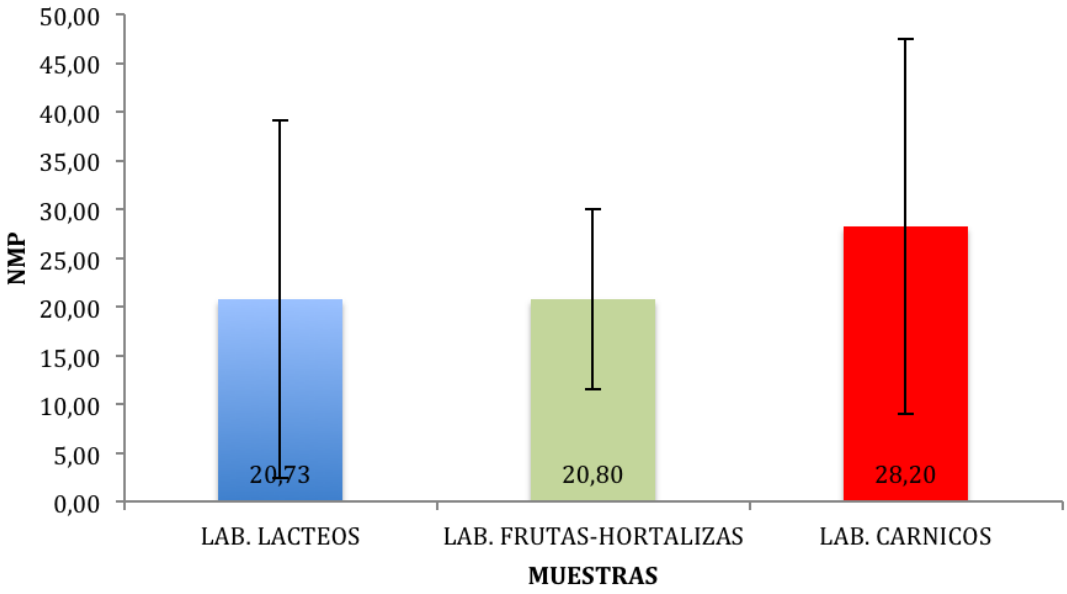


Fuente: Carranza, L.; & Zambrano, J. FCZ, 2017

4.2.2. Análisis de coliformes

En la figura 4.1., se muestra el promedio de bacterias pertenecientes al grupo de las Coliformes, para las muestras de agua de los 60 días de muestreo; en dicha figura se trabaja con el método de cuantificación del NMP y nos presenta una carga bacteriana promedio para el laboratorio de lácteos de (20,73 +/- 18,36 NMP), para el laboratorio de frutas-hortalizas (20,80 +/- 9,23 NMP) y en el laboratorio de cárnicos (28,20 +/- 19,24 NMP) por lo que podemos apreciar que el agua de ingresa a estos laboratorios no se encuentra apta para realizar procesos de elaboración de alimentos. Ya que, de acuerdo, a la norma NTE INEN 1529-6 para la determinación de microorganismos coliformes por la técnica del Número Más Probable con 3 diluciones y la norma NTE INEN 1108-2011 para los requisitos de agua potable señala que la presencia de estas debe ser < 1.1 NMP, es decir, casi nula (INEN, Norma general para requisitos de agua potable, 2010).

Figura 4.2. Resultados de la cuantificación de Coliformes totales en las muestras de agua potable que ingresan a los laboratorios de procesamiento de alimentos de la UTM-FCZ (Método NMP).



Fuente: Carranza, L.; & Zambrano, J. FCZ, 2017

A continuación se muestra la tabla con los resultados obtenidos en el recuento de Coliformes por el método del NMP (Número más Probable).

Tabla 4.3. Conteo de Coliformes por la técnica del NMP (tres diluciones).

DIA	HORA	NMP		
		LAB. LACTEOS	LAB. FRUTAS-HORTALIZAS	LAB. CARNICOS
Dia 1	08H00	43	35	75
	12H00	35	35	43
	15H00	11	15	7
Dia 15	08H00	23	9	43
	12H00	10	27	43
	15H00	15	11	7
Día 30	08H00	75	28	39
	12H00	23	20	23
	15H00	7	11	7
Dia 45	08H00	9	20	43
	12H00	20	23	23
	15H00	7	28	9

Dia 60	08H00	9	15	15
	12H00	9	28	23
	15H00	15	7	23

Fuente: Carranza, L.; & Zambrano, J. FCZ, 2017

Cabe mencionar que en la presente investigación no se encontró Coliformes fecales en las muestras de agua potable analizadas y tampoco se reportó diferencias mínimas significativas entre los laboratorios de procesamiento de alimentos de la Carrera de Industrias Agropecuarias.

Tabla 4.4. Analisis de varianza de la cuantificación de Coliformes en las muestras de agua de los laboratorios de procesos de alimentos de la UTM-FCZ.

Origen de la Variación	***gL***	***Sc***	***CM***	***F calc***	***F tab***
Laboratorios	2	184,13	92,06	1,473	3,739
Error Experimental	14	874,90	62,49		
Total	16	1059,03			

Fuente: Carranza, L.; & Zambrano, J. FCZ, 2017

4.3. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Los resultados obtenidos nos muestran una ligera perturbación de la calidad físico-química de agua potable usada en los laboratorios de procesamiento de alimentos de la UTM-FCZ; los resultados son los siguientes:

Tabla 4.5. Resultados obtenidos del análisis físico-químico del agua potable que ingresa a los laboratorios de procesamiento de la UTM-FCZ

Laboratorios	**Análisis Físico**		**Análisis Químico**			
	T ºC	**pH log**	**Ca**	**Cl**	**Mn**	**NO_2**
Lab 1	26	7,0	116	< 10	0,64	0,04
Lab 2	26,5	6,9	101	< 10	0,57	0,05
Lab 3	27	7,2	95	< 10	0,54	0,06

Elaborado por: Carranza, L.; & Zambrano, J. FCZ, 2017

4.4. ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Una vez obtenido los resultados microbiológicos del agua en cuanto a análisis de coliformes y mesófilos tenemos, que el agua que se usa en los laboratorios de procesamiento de alimentos de la UTM-FCZ, se encuentra en un riesgo medio, de acuerdo a lo que detalla la siguiente tabla

Tabla 4.6. Clasificación de la calidad del agua para consumo humano según Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA).

Nivel de riesgo	Clasificación IRCA (%)
Sin riesgo	0 – 5
Riesgo bajo	5,1 – 14
Riesgo medio	14,1 – 35
Riesgo alto	35,1 - 80
Inviable sanitariamente	80,1 – 100

Elaborado por: Carranza, L.; & Zambrano, J. FCZ, 2017

4.4. ANALISIS FODA

Con la información obtenida producto del análisis microbiológico del agua usada en los laboratorios de procesamiento de alimentos de la UTM-FCZ; se determinó las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas halladas para estas dependencias pertenecientes a la carrera de Industrias Agropecuarias.

Tabla 4.7. Determinación de un análisis FODA producto de los resultados obtenidos

Fortalezas	**Debilidades**
1. Personal de los laboratorios de procesos son técnicos muy capacitados. 2. Se cuenta con muy buena receptabilidad de los productos elaborados en los laboratorios de procesos de alimentos por parte del consumidor. 3. Los laboratorios de procesamiento de	1. Falta de inocuidad total en los productos elaborados. 2. Se detecta falta de higiene de los laboratorios de procesamiento de alimentos. 3. Falta de capacitación en BPM e inocuidad a los técnicos responsables de los laboratorios de procesos.

alimentos se encuentran distribuidos de forma independiente.	4. No se hace un control de calidad de los parámetros de la calidad del agua potable que se usa para los procesos alimenticios llevados a cabo en la FCZ.
Oportunidades 1. Se cuenta equipo de procesamiento que asegura la elaboración óptima de los productos alimenticios. 2. Materia prima cerca del área de laboratorios por lo que el riesgo por contaminantes del ambiente es casi nula.	**Amenazas** 1. Inadecuada limpieza de las áreas de laboratorio de procesos alimenticios. 2. No se cuenta con un plan de reingeniería de la tubería PVC y acoples de las mismas que aseguren la calidad del agua potable. 3. No se ha realizado cambios de la grifería por lo que las mismas se encuentran deterioradas y sucias. 4. No existe un plan de almacenamiento y de agua potable en caso de alguna eventualidad por parte del sistema de agua potable Los Chunos.

Elaborado por: Carranza, L.; & Zambrano, J. FCZ, 2017

Hace falta capacitación en BPM e inocuidad de las materias primas incluida el agua con el que se procesan los alimentos, por lo que este FODA, evidencia una seria desventaja competitiva en cuanto a calidad y seguridad alimentaria.

El agua al ser un elemento que se usa para todo proceso alimenticio debe ser el factor preponderante a tener en cuenta proponiendo planes de contingencia preventivos y correctivos.

Con respecto a la viabilidad social este método de análisis de agua se puede aplicar en cualquier población y bajo cualquier circunstancia siempre y cuando se quiera medir la misma variable, además este trabajo proporciona información importante sobre el análisis de la calidad microbiológica del agua con base a la Norma Técncia Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 Norma general para requisitos de agua potable.

Al salir las pruebas de coliformes positivas esto indica que el agua es una fuente de infección y se corre el riesgo de adquirir enfermedades gastrointestinales severas, por lo que es necesario dar aviso a las autoridades de los laboratorios de procesamiento de alimentos de la UTM-FCZ para que tomen las medidas de precaución adecuadas en el uso y consumo del agua.

Los coliformes hacen parte del grupo de microorganismos indicadores de la calidad

microbiológica del agua y, más recientemente, de los alimentos. Están constituidos por los géneros *Klebsiella* spp., *Escherichia* spp., *Citrobacter* spp. y *Enterobacter* spp., y aunque están asociados con las heces, *E. coli* es el indicador microbiológico de contaminación fecal, originaria del hombre y de los animales de sangre caliente, preciso para ser aplicado en el agua para consumo humano. Este microorganismo forma parte de la microflora normal del intestino humano y, también, es un versátil patógeno gastrointestinal.

Los parámetros microbiológicos, importantes para indicar la calidad higiénica y sanitaria del agua, son de gran aplicabilidad en la industria de alimentos, donde el agua tiene la potencialidad de actuar como vehículo de transmisión de agentes patógenos. Además, el de este FODA nos permite plantear que el agua utilizada en las industrias de alimentos puede ser una vía de transmisión de microorganismos que deterioren los alimentos o transmitan enfermedades, más aún, si se tiene en cuenta que los productos de origen animal, como carnes, leches y derivados de la pesca, son un excelente sustrato para la multiplicación de microorganismos, incluyendo los de transmisión hídrica (Amaral, Nader, Rossi, Ferreira, & Barros, 2003).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La presente investigación ofrece información sobre un factor básico en la cadena de producción, como es el agua que se utiliza en las industrias de alimentos, la cual es requerida en grandes volúmenes. Se utiliza en la fabricación, el tratamiento, el transporte, la conservación y la comercialización, de las materias primas y de los productos finales, y además, se usa en la limpieza de superficies y de objetos que están en contacto con los alimentos.
- Se pretende, por lo tanto, aportar en el análisis de factores de riesgo y ofrecer colaboración a los protagonistas en la cadena alimentaria, en uno de los puntos críticos que se deben considerar dentro del sistema de trazabilidad en la gestión de la inocuidad alimentaria como lo es el agua.

- En relación al cultivo y conteo de Mesófilos en el agua que abastece a los laboratorios de procesos de alimentos de la UTM-FCZ, la presencia de este grupo de bacterias fue mínimo, es así que para este parámetro el agua cumple con el 100% de lo establecido por la normativa nacional.
- Para coliformes totales bajo la técnica del NMP el 100% de las muestras de agua no cumplen con los límites permisibles ya que se ubica en un promedio de 23,24 NMP.
- De acuerdo a las normas técnicas de cada país en los que a procesos alimenticios se refiere determinan que el agua que ingrese como parte del proceso de alimentos, e incluso la que sea usada con fines de limpieza y lavado de materiales, utensilios, mesas de trabajo y equipos debe contar con la misma seguridad de no contraer riesgos microbiológicos para el ser humano; por lo tanto, el agua potable no debe presentar coliformes totales ni *E. coli* y, como prueba complementaria, se recomienda determinar microorganismos mesofílicos, cuyo valor máximo aceptable es de 100 UFC en 100 ml (Amaral, et al., 2003).

- La calidad sanitaria del agua del laboratorio de procesos de alimentos de la UTM-FCZ, no es de calidad óptima según las Normas Oficiales Ecuatoriana, ya que representa riesgos a la salud pública de los consumidores.
- Los parámetros físico-químicos nos demuestran que el agua es de mala calidad y que no es apta para el procesamiento de alimentos, esto puede deberse al mal estado de la tuberia que hace las veces de acometida del sistema, ya que evidencia la formación de sales como en este caso el Nitrito y sales de Ca^{++} que podrían ser perjudiciales para la salud humana.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar la construcción de un pozo elevado para mantener agua almacenada y con buen tratamiento previo a la utilización de la misma en los diferentes laboratorios de procesos alimenticios de la UTM-FCZ, como mecanismo preventivo puede ser la utilización de concentraciones adecuadas de iodo y tiempo de contacto suficiente para inhibir la flora microbiana.
- Elaborar un plan de contingencia para prevenir más contaminación del agua producto del mal estado de la tuberia, griferia, llaves de paso y demás conectores y neplos inherentes al sistema de distribución interna de la facultad, que abstece de agua a los laboratorios de procesamiento de alimentos para que las mismas se encuentren en buen estado y provean de agua de calidad óptima.
- Monitorear periódicamente la calidad del agua potable, así como la higiene de los laboratorios donde se elaboran y consumen los diferentes procesos alimenticios.
- Se estima necesario apoyar e impulsar las normas para la implementación de un programa de vigilancia y control de la calidad del agua de proceso para los laboratorios de procesamiento de la UTM-FCZ integrando los principios del concepto “desde la etapa de la producción hasta el consumo” y se va obteniendo información que ayude a formular estrategias para la reducción de los riesgos relacionados con la cadena alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

1. AgroDer. (2012). Huella hídrica en México en el contexto de Norteamérica. . México, D.F.

2. Amaral, L. R. (2000). Hygienic and sanitary quality of the water supplies of foods industries that process products of animal origin. . *Hig Aliment.*

3. Amaral, L., Nader, A., Rossi, O., Ferreira, F., & Barros, L. (2003). Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. . *Rev Saúde Pública. , 37*, 510-514.

4. APHA, A. P. (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,*. New York

5. Appela, M. (2008). *Microbiología del Agua-Conceptos Básicos.* Buenos Aires, Argentina.

6. Brock, M., & Madigan, M. &. (2006). *Biology of Microorganisms.* (Onceava ed.). NTE, N. T. (2011). INEN 1 108: Agua potable. Requisitos. *Cuarta*.

7. Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., & Serrano, B. &. (2011). *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos.* (Tercera ed.). México.: Facultad de Química, UNAM.

8. Casani, R. (2005). A discussion paper on challenges and limitations to water use and hygiene in the food industry. *Water Research , 39*, 1134 - 1146.

9. Clescen, L. G. (1999). *Standard methods for the examination of water and wastewater.* (20th edition. ed.). Washington,. D.C.: Joint Board.

10. CDCP Centers for disease control and prevention. (2012). Saving lives, protecting people. The Safe Water System. *Effect of Chlorination on Inactivating Selected Pathogen.*

11. FAO/OMS., E. i. (2002). Retrieved 17 de Agosto de 2016 from http://www. fao.org/DOCREP/MEETING/004/Y1956S.htm.

12. Frank, N.; Kemmer, J.; McCallion, J.; Espinoza, M. (1992). *Manual de agua: Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones.* McGraw-Hill. México.

13. Freire, G. (2011). Obtenido de http://salvemoselmundo.foroactivos.net/t15-evitar-la- contaminacion-del-agua.

14. INEN. (15 de Octubre de 2003). Reglamento Técnico Ecuatoriano para Agua potable. *Reglamento RTE INEN 023:2008* . Quito, Pichincha, Ecuador.

15. INEN. (10 de Diciembre de 2010). Norma general para agua potable. Requisitos. *Norma NTE INEN 1108:2011 , Cuarta*. Quito, Pichincha, Ecuador.

16. Instituto Nacional de Salud, S. d. (2007). Retrieved 22 de Agosto de 2016 from http://www.ins.gov.co/?idcategoria=1731&pag=3.

17. IWA, I. W. (2017). *The Bonn Charter for safe drinking water*. Recuperado el 26 de Enero de 2017, de IWA, International Water Association.: iwa-network.org/projects/water-wise-cities/

18. Kirby, R. (2003). Water in food production and precessing: quantity and quality concerns. *Food Control , 14*, 283-299.

19. Marín, R (2003). *Manual de agua: Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones.* Ed. Díaz de Santos. S. A. Madrid, 75-89.

20. Montgomery, D. (1991). *Diseño y análisis de experimentos.* (Vol. 3ª ed.). México: Iberoamericans.

21. OMS., E. g. (2002). (D. d. Alimentos., Ed.) Retrieved 17 de Agosto de 2016 from http://www.who.int/foodsafety/publications/ general/en/strategy_es.pdf.

22. OMS, O. M. (2004). From http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/index.html.

23. OPS. (1987). *Guías para la calidad del agua potable.* Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud, Washigton.

24. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud. . (2005). Seguridad Alimentaria para Las Américas y El Caribe. Acciones prácticas para promover la seguridad alimentaria. *Conferencia Regional FAO/WHO/OPS, Sistema Nacional de Inocuidad de los Alimentos: análisis de la situación en Colombia.* Costa Rica.

25. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Comunidad Andina. . (2004). Retrieved 2016 de Agosto de 2016 from http://www.comunidadandina.org/rural/doc_seguridad/cia. pdf.

26. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud. Enfoques integrados para la gestión de inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena alimentaria. (2002). Retrieved 22 de Agosto de 2016 from http://www. fao.org/DOCREP/MEETING/004/Y1956S.htm.

27. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud. . (2005). Retrieved 9 de Agosto de 2016 from ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/meetings/ ne_inf3_en.pdf.

28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud. Informe final, Seremban, Malasia, 2004. Fecha de consulta: 29 de junio del 2009. (2004). Retrieved 18 de Agosto de 2016 from p://www. foodsafetyforum.org/asian/report_es.asp.

29. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud. (2002). Retrieved 1 de Agosto de 2006 from ftp://ftp. fao.org/docrep/fao/meeting/004/y3696s/y3696s00.pdf.

30. Ortiz, J. P. (1999). *Análisis de agua para consumo humano.* (Primera ed.). Bogotá: División de Biblioteca y Publicaciones, Instituto Nacional de Salud.

31. Pozo, G. (2012). *Fitoremediación de las aguas del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de campo Salcedo –Cotopaxi.* , 56-67. Salcedo, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

32. Prieto, M. M. (2008). *Concepto de calidad en la industria agroalimentaria.* Interciencia.

33. Romero, J. (2002). *Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño.* (Segunda ed.). Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

34. Vargas, C. (1996). *Guías de la OMC para la calidad de agua de bebidas-aspectos microbiológicos.* OMS, Lima.

35. Vázquez del Mercado, A., & & Buenfil, R. (2012). Huella hídrica de américa latina: Retos y oportunidades. *Aqua-LAC , 4* (1), 41-48.

ANEXOS

Análisis de *E. coli* por el método del NMP

DIA	HORA	Réplica 1			NMP	Réplica 2			NMP	Réplica 3			NMP	∑	Prom
		10 ml	1 ml	0,1 ml		10 ml	1 ml	0,1 ml		10 ml	1 ml	0,1 ml			
1	08H00	3	1	0	**43**	2	2	2	**35**	3	1	1	**75**	153	51,00
	12H00	2	2	2	**35**	2	2	2	**35**	3	1	0	**43**	113	37,67
	15H00	1	1	0	**11**	1	1	1	**15**	1	0	0	**7**	33	11,00
	HORA	Réplica 1			NMP	Réplica 2			NMP	Réplica 3			NMP	∑	Prom
		10 ml	1 ml	0,1 ml		10 ml	1 ml	0,1 ml		10 ml	1 ml	0,1 ml			
15	08H00	3	0	0	**23**	2	0	0	**9**	3	1	0	**43**	75	25,00
	12H00	2	1	1	**20**	2	1	2	**27**	3	1	0	**43**	90	30,00
	15H00	1	1	1	**15**	1	1	0	**11**	1	0	0	**7**	33	11,00
	HORA	Réplica 1			NMP	Réplica 2			NMP	Réplica 3			NMP	∑	Prom
		10 ml	1 ml	0,1 ml		10 ml	1 ml	0,1 ml		10 ml	1 ml	0,1 ml			
30	08H00	3	1	1	**75**	2	2	1	**28**	3	0	1	**39**	142	47,33
	12H00	3	0	0	**23**	2	1	1	**20**	3	0	0	**23**	66	22,00
	15H00	1	0	0	**7**	1	0	1	**11**	1	0	0	**7**	25	8,33
	HORA	Réplica 1			NMP	Réplica 2			NMP	Réplica 3			NMP	∑	Prom
		10 ml	1 ml	0,1 ml		10 ml	1 ml	0,1 ml		10 ml	1 ml	0,1 ml			
45	08H00	2	0	0	**9**	2	1	1	**20**	3	1	0	**43**	72	24,00
	12H00	2	1	1	**20**	3	0	0	**23**	3	0	0	**23**	66	22,00
	15H00	1	0	0	**7**	2	2	1	**28**	2	0	0	**9**	44	14,67
	HORA	Réplica 1			NMP	Réplica 2			NMP	Réplica 3			NMP	∑	Prom
		10 ml	1 ml	0,1 ml		10 ml	1 ml	0,1 ml		10 ml	1 ml	0,1 ml			
60	08H00	2	0	0	**9**	2	1	0	**15**	2	1	0	**15**	39	13,00
	12H00	2	0	0	**9**	2	1	1	**28**	3	0	0	**23**	60	20,00
	15H00	1	1	1	**15**	1	0	0	**7**	3	0	0	**23**	45	15,00

COMPOSICIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS MEDIOS USADOS

- **Caldo bilis verde brillante lactosado**

Composición	**g/l**
Peptona	10
Lactosa	10
Bilis de buey desecada	20
Verde brillante	0,0133

pH 7,2; autoclavar 15 minutos a 121 ºC

- **Caldo Lauril Triptosa**

Composición	**g/l**
Triptosa	20
Lactosa	20
Cloruro sódico	5
Lauril sulfato sal sódica	0,1
Hidrógeno fosfato di potásico	2,75
Di hidrógeno fosfato potásico	2,75

pH 6,8; autoclavar 15 minutos a 121 ºC

- **Agar Plate Count /agar peptona de caseína – glucosa – extracto de levadura)**

Composición	**g/l**
Peptona de caseína	5
Extracto de levadura	2,5
D (+) glucosa	1
Agar-agar	14

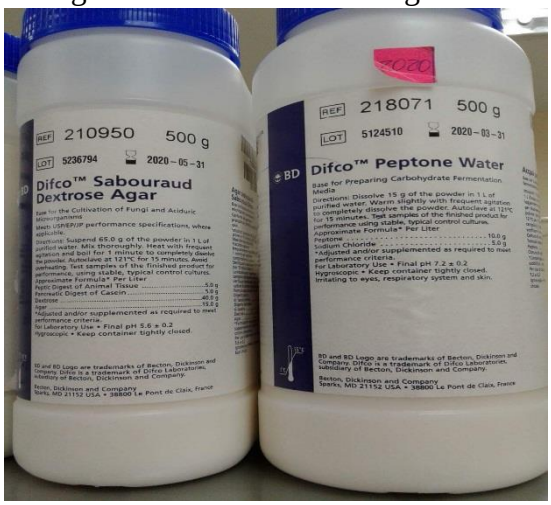
Autoclavar: 15 minutos a 121 ºC

REGISTRO FOTOGRÁFICO

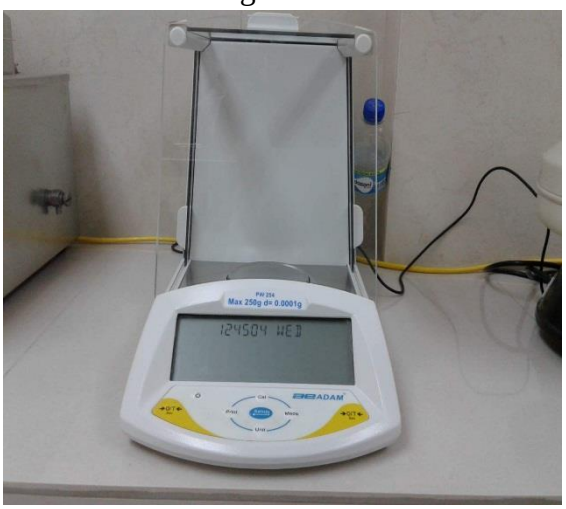
1.- Área de Microbiología

2.- Recepción de la Muestra

3.- Agares usados en la investigación



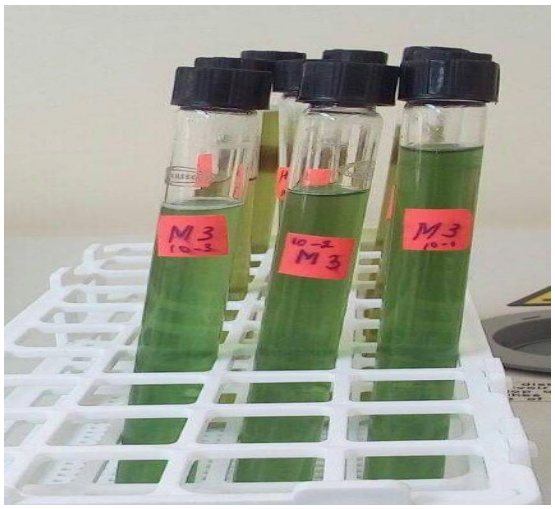
4.- Pesado de los Agares



5.- Preparación de Agares

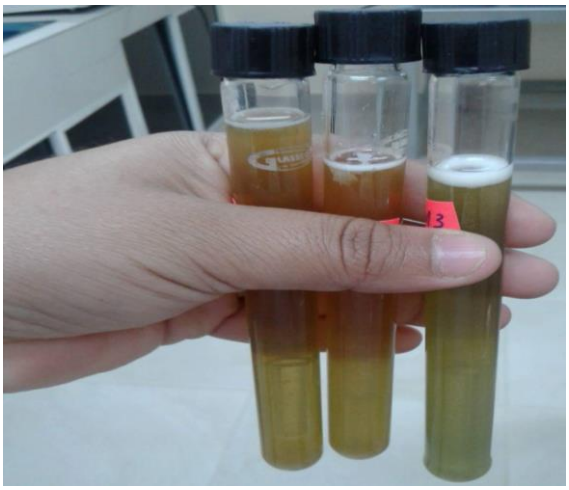
6.- Enriquecimiento de la muestra

7.- Cultivo de Coliformes fecales



8.- Cultivo de Hongos

9.- Cultivo de Coliformes fecales



10.- Cultivo de Hongos

11.- Autoclave

12.- Cámara flujo laminar