Facultad Ciencias Agropecuarias

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

Proyecto de investigación previo a la obtención del título

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Análisis de factores físicos y químicos que afectan en la presencia de *Escherichia Coli* dentro de las tres estaciones de almacenamiento y bombeo de agua potable de la ciudad de Manta, 2017.

Autor: Galarza Villamil Wily Andrés

Tutor: Blgo. David Mero del Valle Mg. Sc.

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Recursos Naturales y Ambiente

Abril, 2018

Manta – Manabí – Ecuador

CERTIFICADO DEL TUTOR

Con el fin de dar cumplimiento a disposiciones legales establecidas por la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí; quien suscribe, Blgo. David Mero del Valle, en mi calidad de tutor,

CERTIFICO:

Que el egresado **Galarza Villamil Wily Andrés**, ha culminado bajo mi asesoría con el trabajo de titulación, organización, ejecución e informe final previo la obtención del Título de **Ingeniero en Recursos Naturales y Ambiente**, cuyo tema versa sobre: **“ANÁLISIS DE FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS QUE AFECTAN EN LA PRESENCIA DE ESCHERICHIA COLI DENTRO DE LAS TRES ESTACIONES DE ALMACENAMIENTO Y BOMBEO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MANTA, 2017”.**

En cumplimiento a todas las disposiciones legales establecidas para el efecto por la Facultad de Ciencias Agropecuaria.

Manta, Abril del 2018

_____

Blgo. David Mero del Valle Mg. Sc.

CI: 131207448-5

TUTOR

DECLARACION DE AUTORÍA

Declaro que los criterios emitidos en el trabajo de Titulación: **"ANÁLISIS DE FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS QUE AFECTAN EN LA PRESENCIA DE ESCHERICHIA COLI DENTRO DE LAS TRES ESTACIONES DE ALMACENAMIENTO Y BOMBEO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MANTA, 2017"** como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad del autor de este trabajo.

Manta, Abril de 2018

_____

GALARZA VILLAMIL WILY ANDRÉS

CI. 131566387-0

UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Recursos Naturales y Ambiente

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Informe del Trabajo de Titulación con el tema:

"ANÁLISIS DE FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS QUE AFECTAN EN LA PRESENCIA DE ESCHERICHIA COLI DENTRO DE LAS TRES ESTACIONES DE ALMACENAMIENTO Y BOMBEO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MANTA, 2017"

Del egresado **Galarza Villamil Wily Andrés**, en cumplimiento de lo que establece la Ley y se da por aprobada.

Manta, Abril de 2018

Para constancia firman:

_____	_____
Blgo. David Mero del Valle	Ing. Xavier Anchundia
Tutor	**Presidente del Tribunal**
_____	_____
Blgo. Carlos Chinga	Ing. Perez
Miembro del Tribunal	**Miembro del Tribunal**

DEDICATORIA

Dedico este logro profesional de manera especial a mi madre que siempre ha estado pendiente desde pequeño en el cuidado de mis estudios, quien también me enseno a perseverar y que la felicidad solo puede ser alcanzada por sacrificios.

Galarza Villamil Wily Andrés

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia, profesores y amigos los cuales hicieron de esta etapa universitaria algo satisfactorio, por las enseñanzas impartidas, por los momentos de risas, por la paciencia agradezco a todos por contribuir con algo positivo dentro de vida y espero que en algún momento nos volvamos a encontrar.

Galarza Villamil Wily Andrés

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN 1

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

2.1. CONTEXTUALIZACIÓN 2

2.1.1. Contexto macro 2

2.1.2. Contexto meso 3

2.1.3. Contexto micro 3

2.2. ANÁLISIS CRÍTICO 4

2.3. DELIMITACIÓN 4

2.3.1. Espacial 4

2.3.2. Temporal 6

2.4. JUSTIFICACIÓN 6

III. OBJETIVOS 10

3.1. OBJETIVO GENERAL 10

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 10

IV. HIPÓTESIS 10

V. VARIABLES 12

5.1. VARIABLE DEPENDIENTE 12

5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE 12

VI. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL 13

6.1. ESTADO DEL ARTE 13

6.2. MARCO TEÓRICO 15

6.2.1. Agua potable 15

6.2.2. Producción de agua potable 15

6.2.3. Factores que inciden en la inoculación del agua potable 16
6.2.4. Red de abastecimiento de agua potable 22
6.3. RESEÑA INSTITUCIONAL DE LA EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA 24
6.3.1. Junta de Agua Potable. 25
6.3.2. Empresa Municipal de Agua Potable 25
6.3.3. Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Manta 26
6.3.4. Empresa Pública Aguas de Manta 26
6.4. MARCO LEGAL 27

VII. METODOLOGÍA 32
7.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN 32
7.2. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN 32
7.3. FORMULACIÓN DEL DIAGNÓSTICO SITUACIONAL 33
7.4. DISEÑO EXPERIMENTAL 35
7.4.1. Factores de estudio 35
7.4.2. Tratamientos experimentales 35
7.4.3. Hitos de control 36
7.5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE ESTUDIO 36
7.5.1. Temperatura (Secretaria de Economía, MX, 2013) 36
7.5.2. PH 37
7.5.3. CLORO (Departamento del Meta, 2015) 37
7.5.4. E. Coli (HACH Company, 2000) 39
8.1.5. Sistema de verificación 40
7.6. PROCEDIMIENTO PARA EL REGISTRO DE LA MEDICIÓN DE LOS FACTORES DE ESTUDIO 40

VIII. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS 42

8.1. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL 42
8.1.1. Descripción de las estaciones de almacenamiento y bombeo 42
8.1.2. Descripción del proceso de almacenamiento y bombeo. 44
8.1.3. Puntos de control, límites críticos y criterios de vigilancia44
8.1.3. Acciones correctoras 45
8.2. RESULTADOS DE LOS FACTORES FÍSICOS, QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS ANALIZADOS. 46
8.2.1. Análisis de factores físicos 46
8.2.2. Análisis de factores químicos 47
8.2.3. Análisis de factores microbiológicos 48
8.3. RELACION ENTRE LOS FACTORES FÍSICOS Y QUIMICOS ANALIZADOS CON LA PRESENCIA DE ESCHERICHIA COLI. 50
8.3.1. Temperatura 50
8.3.2. pH 51
8.3.3. Cloro residual 53

IX. CONCLUSIONES 55

X. RECOMENDACIONES 56

XI. BIBLIOGRAFÍA 57

XII. ANEXOS 61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Microorganismos peligrosos y enfermedades que producen 20
Tabla 2. Bacterias peligrosas y enfermedades que producen..... 21
Tabla 3. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas 30
Tabla 4. Requisitos Microbiológicos..... 30
Tabla 5. Detalle del tratamiento experimental..... 35
Tabla 6. Resultados del análisis de temperatura del agua..... 46
Tabla 7. Resultados del análisis de pH y cloro libre residual del agua..... 47
Tabla 8. Resultados del análisis de presencia de E. Coli en el agua..... 49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Proceso de potabilización del agua 16
Figura 3. Proceso del agua potable 44
Figura 4. Relación entre temperatura y presencia de E. Coli en E. Azua 50
Figura 5. Relación entre temperatura y presencia de E. Coli en E. Colorado 50
Figura 6. Relación entre temperatura y presencia de E. Coli en E. Santa Martha 50
Figura 7. Relación entre pH y presencia de E. Coli en E. Azua 51
Figura 8. Relación entre pH y presencia de E. Coli en E. Colorado 51
Figura 9. Relación entre pH y presencia de E. Coli en E. Santa Martha 52
Figura 10. Relación entre nivel de cloro libre residual y presencia de E. Coli en E. Azua 53
Figura 11. Relación entre nivel de cloro libre residual y presencia de E. Coli en E. Colorado 53
Figura 12. Relación entre nivel de cloro libre residual y presencia de E. Coli en E. Santa Martha 53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Mapa de ubicación geográfica de las estaciones de almacenamiento y bombeo objeto de estudio. 62
Anexo 2 Mapa de ubicación geográfica de la estación de almacenamiento y bombeo “Colorado”..... 63
Anexo 3 Mapa de ubicación geográfica de la estación de almacenamiento y bombeo “Azua”. 64
Anexo 4 Mapa de ubicación geográfica de la estación de almacenamiento y bombeo “Santa Martha”..... 65
Anexo 5 Cronograma de actividades de la investigación. 66
Anexo 6 Cronograma proyectado para las visitas a las unidades de análisis. 67
Anexo 7 Cronograma proyectado para la toma de muestras. 68
Anexo 8 Cuestionario de entrevista al Director de Calidad de la EP-Aguas de Manta 69
Anexo 9 Autorización para toma de muestras por parte de la EPAM..... 70
Anexo 10 Cuestionario de entrevista a los encargados de las tres estaciones de almacenamiento y bombeo de la EPAM objeto de estudio. 71
Anexo 11. Formato guía de verificación 72
Anexo 12. Formato para el registro de los factores analizados en laboratorio. 73
Anexo 13. Formato para la caracterización de los factores analizados..... 74
Anexo 14. Evidencia fotográfica. Formato para el registro del control que se realiza al agua en las estaciones. 75
Anexo 15. Evidencia fotográfica. Toma de muestras 76
Anexo 16. Evidencia fotográfica. Medición de pH y temperatura 77
Anexo 17. Evidencia fotográfica. Medición de niveles de cloro con equipo HACH 78
Anexo 18. Evidencia fotográfica. Medición de niveles de cloro de forma manual con reactivo y comprobador colorimétrico 79
Anexo 19. Evidencia fotográfica. Entrevista realizada al personal 81

Anexo 20. Evidencia fotográfica. Otros equipos utilizados en el laboratorio de la planta procesadora de agua potable en Colorado..... 82
Anexo 21. Resultados de laboratorio CESECCA.- Determinación de E. Coli en muestras 83

RESUMEN

La *Escherichia Coli* es un tipo de bacteria que se encuentra comúnmente en los intestinos de animales y seres humanos. La presencia de este microorganismo en el agua es una fuerte indicación de la contaminación de residuos de animales o aguas residuales. Los suministros de agua pública en general se desinfectan con cloro, ozono, o algún otro proceso, por lo que encontrar E. coli en un servicio público indica que el proceso de desinfección no estaba funcionando, o que el contacto con los residuos se produjo después de que el agua fue tratada. El objetivo de la presente investigación es determinar cómo se relacionan los factores físicos (temperatura y tiempo de almacenamiento del líquido) y químicos (pH y cloro libre residual) en la presencia de *Escherichia Coli* dentro de las tres estaciones de almacenamiento y bombeo de agua potable de la ciudad de Manta. Mediante cuestionarios de entrevista y análisis in situ y en laboratorio de los factores objeto de estudio se desarrolla el diagnóstico situacional para establecer los resultados investigativos, los cuales arrojaron resultados dentro de los rangos de idoneidad (diferencia en temperatura entre 1º y 4º, pH desde 6.9 hasta 7.6, cloro residual entre 0.50 y 1.50mg/l y presencia de *E. Coli* entre <0.7 y <1.1 NMP/100ml), señalando además la existencia de una relación directamente proporcional entre el aumento de niveles en los factores de temperatura y pH con la proliferación de E. Coli, mientras que los niveles de cloro libre residual mitigan la presencia de dicho organismo.

PALABRAS CLAVE: *Escherichia Coli,* agua potable, temperatura, tiempo de almacenamiento, pH, cloro libre residual

I. INTRODUCCIÓN

La proliferación de E. Coli es altamente riesgosa para la salud humana por las múltiples afecciones que este micro organismo provoca en el cuerpo de las personas que llegasen a consumir alimentos o ingerir líquidos inoculados por esta bacteria.

Estudios han denotado la importancia de su análisis y cuantificación, asi como Marchand (2002) quien desarrollo su proyecto en Lima metropolitana y plantea aislar otros posibles microorganismos indicadores de la calidad microbiana del agua para evaluar la calidad microbiológica del agua de consumo humano detectando que el 17.86% de muestras de agua en inmuebles y el 73.68% de muestras provenientes de pozos no cumplieron con las normas microbiológicas de calidad en el agua potable.

Esto coincide con el estudio desarrollado por la empresa EcoFluidos Ingenieros S.A. (2012) quienes desarrollaron un estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano en Apurimac y Cusco en los ríos Tambobamba y Santo Tomás (también en Perú) donde se observó que dichas fuentes de agua presentan altos niveles de coliformes fecales y totales, presumiblemente ocasionadas por las actividades de pastoreo y agrícolas que realiza la población, lo que aumenta la probabilidad de que contengan algún microorganismo patógeno. Los altos niveles de contaminación de origen fecal hacen necesario un estricto control de la calidad microbiológica del agua.

A nivel mundial y nacional son varios los estudios que desarrollan análisis sobre las condiciones de idoneidad del agua en diferentes instancias; en la ciudad de Manta, por el contrario, de acuerdo con información proporcionada por la empresa encargada de captar, procesar, almacenar y distribuir agua potable hacia la ciudadanía mantense y sectores aledaños, Empresa Pública Aguas de Manta, no se han realizado solicitudes para realizar estudios formales al respecto en sus estaciones de almacenamiento y bombeo.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. CONTEXTUALIZACIÓN

2.1.1. Contexto macro

El acceso al agua y al saneamiento está reconocido como un derecho humano, y ha sido durante mucho tiempo el foco de políticas y objetivos de desarrollo internacional (Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas, por sus siglas en inglés, UNCESCR, 2003; Asamblea General de las Naciones Unidas, UNGA, 2010). El acceso inadecuado al agua, saneamiento e higiene es una de las muchas privaciones que todavía sufren los grupos de población más pobres y marginados del mundo.

En las dos últimas décadas se han hecho unos progresos impresionantes, con 2.300 millones de personas que han logrado acceder a mejores fuentes de agua potable y 1.900 millones a mejores servicios de saneamiento (WHO y UNICEF, 2014). De las personas que han logrado tener acceso a agua potable, 1.600 millones disfrutan ahora de unos niveles de servicio superiores (suministro de agua corriente). Todavía queda mucho por hacer—748 millones de personas no disfrutan de una buena fuente de agua potable y 2.500 millones no gozan de buenas instalaciones de saneamiento (WHO & UNICEF, 2014).

De acuerdo a información de la Organización de las Naciones Unidas, ONU (2017:16)**, "1800 millones de personas utilizan agua contaminada con materia fecal**". Por su parte, la OMS (Organización Mundial de la Salud, INT; 2017) identifica que:

> *"El agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, otras diarreas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Los servicios de agua y saneamiento inexistentes, insuficientes o gestionados de forma inapropiada exponen a la población a riesgos*

prevenibles para su salud. (…) Se calcula que unas 842 000 personas mueren cada año de diarrea como consecuencia de la insalubridad del agua, de un saneamiento insuficiente o de una mala higiene de las manos." (párr. 9-11)

2.1.2. Contexto meso

De acuerdo con la medición de indicadores de Agua, Saneamiento e Higiene (ASH) que realizó el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, EC; 2016) el 70.1% de los ecuatorianos consumen agua de manera suficiente y libre de contaminación fecal. La investigación incluyó una prueba química de ausencia o presencia de la bacteria E.coli, para medir la calidad del agua para beber, donde se concluye que un 79.3 % de agua, a nivel nacional, no está contaminada y un 20.7 % sí. En el sector urbano, el 84.6 % no está contaminada y del 15.4 % de agua contaminada, el 28.6 % está embotellada o envasada, siendo el microorganismo contaminante prevaleciente la *Escherichia Coli*. (Citado por El Universo, 2017:1-4)

2.1.3. Contexto micro

En Manabí, Empresa Aguas de Manta (EPAM) se encarga de administrar los servicios básicos de dicha ciudad. Existen cantones a los que solo se les provee de agua potable como lo son Jaramijó, Rocafuerte, parte de Sucre (San Clemente y San Jacinto) y el balneario de Crucita; y en el caso de cantón Montecristi se provee un volumen dividido entre agua potable y agua cruda.

Manta tiene dos abastecimientos de agua potable: El Ceibal (a 34 km de distancia) y Caza Lagarto (a 54 km de distancia). El primero distribuye agua a otros cantones incluyendo Jaramijó, Rocafuerte y Sucre; mientras el segundo a Manta y Montecristi. En la ciudad de Manta se almacena y re-bombea agua en Santa Martha, Azúa y El Colorado.

En la actualidad, de acuerdo a la información suministrada en las estaciones de almacenamiento bombeo mediante entrevistas al personal operativo, el sistema de agua potable no presenta ni continuidad horaria ni en cuanto a la calidad, en ninguna de sus áreas, exceptuando las partes cercanas a las estaciones de almacenamiento y bombeo.

Además, varios diarios aseguran que la calidad del líquido tampoco estaría cumpliendo con niveles de calidad debido a la presencia de varios factores físicos, químicos y microbiológicos (La Hora, 2004; Expreso, 2015 y El Ciudadano, 2016).

2.2. ANÁLISIS CRÍTICO

La calidad del agua es relativa y solo tiene importancia universal si está relacionada con el uso del recurso, no obstante se considera que el líquido está contaminado cuando sufre cambios que puedan afectar su uso real o potencial.

En el caso del agua potable, o apta para el consumo humano, se considera contaminada cuando presenta factores de inoculación que inciden en la salud de las personas que utilizan dicho líquido.

Debido a la amplia gama de contaminantes, es indispensable identificar las características, químicas y microbiológicas del agua para garantizar su inocuidad y calidad apta de consumo humano.

Pregunta científica. ¿Los factores físicos y químicos inciden en la presencia *Escherichia Coli* en el agua potable?

2.3. DELIMITACIÓN

2.3.1. Espacial

- Unidades de estudio

Unidad de estudio:	Estaciones de agua potable de la EPAM
Unidades de información:	*Director de Calidad – EPAM* Dr. John Farfán *Jefe de Operaciones de Agua Potable EPAM* Ing. Luis Mera
Unidad de observación:	Factores físicos (temperatura y tiempo de almacenamiento), químicos (PH y cloro libre residual) y microbiológicos (presencia de *E. Coli*).
Unidades de análisis:	Tres estaciones de almacenamiento y bombeo de agua potable de la EPAM.

- Área geográfica

El espacio geográfico en estudio corresponde a las tres estaciones de almacenamiento y bombeo de agua potable de la Empresa Pública Aguas de la ciudad de Manta, perteneciente a la provincia de Manabí de la República del Ecuador, cuyas coordenadas (UTM) se describen a continuación y se representan gráficamente en los Anexos del 1 al 4.

- **(1) Estación de almacenamiento y bombeo Colorado**
  Km. 5½ vía Manta – Montecristi
  Georreferencia UTM: Zona 17M, 534760.00 mE, 9889070.00 mS

- **(2) Estación de almacenamiento y bombeo Azua**
  Km. 4½ vía Manta – Montecristi
  Georreferencia UTM: Zona 17M, 533983.00 mE, 9890898.00 mS

- **(3) Estación de almacenamiento y bombeo Santa Martha**
  Barrio Santa Martha, calle 12 y Av. 42.
  Georreferencia UTM: Zona 17M, 528615.00 mE, 9894410.00 mS

2.3.2. Temporal

La investigación consistirá en un diagnóstico a realizarse en el mes de Noviembre del año 2017, realizando el primer análisis en la primera semana de dicho mes (del 6 al 13) y las repeticiones en las tres semanas subsecuentes de acuerdo al cronograma establecido para el efecto, descrito en los Anexos 5 - 7.

2.4. JUSTIFICACIÓN

La potabilidad microbiológica de un agua de consumo debe abordarse desde la óptica de su ausencia total de microorganismos de cualquier tipo y especialmente de microorganismos patógenos (Marín 2003).

Un fallo general del sistema de protección de la seguridad del abastecimiento de agua potable puede ocasionar una contaminación en los reservorios domiciliarios, debido a que la calidad microbiológica del agua puede variar muy rápidamente y en gran medida según las condiciones de almacenamiento, tiempo de permanencia del agua en el tanque, la exposición a la luz solar y la variabilidad del rango de temperaturas anual en que se encuentra el agua durante su almacenamiento (Reñé 2015).

El agua es fundamental para la vida, tanto humana como animal, pero puede llegar a ser perjudicial si no se aplican los controles oportunos que garanticen su inocuidad. La condición de inocuidad en el agua potable que se almacena y distribuye para consumo humano es de suma importancia debido a que el líquido es el medio ideal para transportar microorganismos bacterianos e

infecciosos que podrían comprometer la salud de una población entera abastecida por el agua contaminada.

Escherichia Coli es una bacteria ubicua de una gran variedad de ecosistemas, incluido el tracto gastrointestinal del ser humano y de los animales de sangre caliente. Puede actuar como bacteria oportunista causando una gran variedad de procesos infecciosos como sepsis, infecciones del tracto urinario, meningitis, infecciones de heridas y muchas otras. Además, puede actuar también como patógeno primario en el tracto intestinal. Existen diversos tipos de E. Coli causantes de enteritis, de algunos de estos patotipos de E. Coli se han descrito casos esporádicos, así como brotes epidémicos. En el presente trabajo se revisarán la patogenia y epidemiología de las enteritis ocasionadas por dichos patotipos de E. Coli, así como algunos ejemplos de brotes epidémicos descritos en la literatura científica y las medidas necesarias para evitarlos. (Vila & Zboromyrska, 2012)

En mayo de 2011 tuvo lugar en Alemania el brote de infección por (E. Coli VeroToxigénicos) ECVT de mayor mortalidad e incidencia de síndrome urémico hemolítico (SUH) ocurrido hasta el momento, producido por una cepa de E. Coli verotoxigénica y enteroagregativa (ECVT / ECEA), multirresistente, del serotipo O104:H410. El brote se extendió a otros 12países de la Unión Europea (UE) y a tres países más de fuera de la Unión Europea, y tuvo una extraordinaria repercusión mediática. En España se identificaron dos casos: un primer caso sin confirmación microbiológica, solo epidemiológica, y un segundo caso confirmado microbiológicamente en el Laboratorio Nacional de Referencia del Centro Nacional de Microbiología, LNR-CNM. (Sánchez, Herrera, Llorente, & Herrera, 2014)

Para valorar el impacto que el brote pudiera haber tenido sobre la recepción de muestras con sospecha de E. Coli Diarreagénicos (ECD) en el Laboratorio Nacional de Referencia del Centro Nacional de Microbiología, LNR-CNM y, en consecuencia, sobre la detección y aislamiento de ECD, se llevó a cabo un análisis estadístico de los datos de aislamientos de ECVT O157:H7,

ECVT no-O157, ECD no-O157 (incluyendo en este grupo ECVT no-O157, ECEP, ECEA, ECEI y ECET) y E. Coli no diarreagénicos (ECND) realizados antes y después de la aparición del brote.

Una vez realizado el análisis estadístico de los datos constatamos que el número de muestras procedentes de casos de gastroenteritis con sospecha de ECD recibido en el LNR-CNM había aumentado significativamente con respecto al periodo de 2011 anterior a la aparición del brote de Alemania y con respecto a los años anteriores 2009 y 2010 ($p<0,05$).

Las diferencias entre los datos de aislamientos obtenidos antes y después de la aparición del brote fueron estadísticamente significativas concretamente para los grupos ECVT no-O157, ECD no-O157 y ECND ($p<0,05$), lo que en la práctica se tradujo en un aumento significativo en la detección de ECVT no-O157, ECEP y ECEA con posterioridad al brote, habiéndose mantenido sin embargo la tendencia de años anteriores en la detección de ECVT O157:H7.

Estos resultados se explicarían por una mayor concienciación acerca de las infecciones por ECD como opción diagnóstica, motivada por la aparición del brote y su impacto mediático, dando lugar a un aumento en el envío de muestras al LNR-CNM y, sobre todo, a un envío de las mismas en las condiciones necesarias para realizar un diagnóstico rápido y correcto (envío de coprocultivo primario y/o muestra clínica) (Sánchez, Martínez, Alonso, & Rey, 2010).

El Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN (2014), expidió la norma técnica Nº 1108 donde define como potable al “agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano”, y considera que los microorganismo patógenos “los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano”. El presente trabajo de investigación busca constatar que se cumpla con estos requisitos de calidad, así como la frecuencia y número de muestras que se realizan respecto a la población servida.

Asimismo, dicho organismo resalta que un fallo general del sistema de protección de la seguridad del abastecimiento de agua puede ocasionar una contaminación a gran escala del agua y, potencialmente, epidemias detectables o brotes esporádicos significativos de enfermedades, no obstante, muy difícilmente son asociados con la fuente de abastecimiento de agua de consumo. La evaluación y cuantificación de los riesgos puede ayudar a comprenderlos y gestionarlos.

III. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer la relación entre los factores físicos (temperatura y tiempo de almacenamiento), químicos (pH y cloro libre residual) y la presencia de Escherichia Coli dentro de las tres estaciones de almacenamiento y bombeo de agua potable de la ciudad de Manta.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la situación actual de las estaciones de almacenamiento y distribución de agua potable en la ciudad de Manta, determinando sus factores de riesgo respecto a la contaminación microbiológica.

- Aplicar instrumentos de recolección de datos para documentar las características de temperatura, cloro residual, pH y presencia de E. Coli en el agua potable de los tres reservorios de almacenamiento y bombeo en la ciudad de Manta.

- Comparar los resultados obtenidos en relación a los hitos de control y analizar la relación entre los factores analizados (temperatura, cloro residual y pH) y la presencia de E. Coli.

IV. HIPÓTESIS

Las condiciones de temperatura, tiempo de almacenamiento, PH y cantidades de cloro libre residual en el agua no afectan en la presencia de *Escherichia Coli* dentro de las tres estaciones de almacenamiento y bombeo de agua potable de la ciudad de Manta.

V. VARIABLES

5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Factores de temperatura, niveles de pH, cloro libre residual, y presencia de *Escherichia Coli* en el agua.

5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Tres estaciones de almacenamiento y bombeo de la ciudad de Manta:

- (1) Estación de almacenamiento y bombeo Colorado
  Km. 5½ vía Manta – Montecristi

- (2) Estación de almacenamiento y bombeo Azua
  Km. 4½ vía Manta – Montecristi

- (3) Estación de almacenamiento y bombeo Santa Martha
  Barrio Santa Martha, calle 12 y Av. 42.

VI. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

6.1. ESTADO DEL ARTE

Varios autores han tenido la iniciativa de realizar investigaciones con la finalidad de perfeccionar los estándares de calidad del agua de uso humano, uno de ellos es Marchand, E. (2002) quien en su trabajo además plantea aislar otros posibles microorganismos indicadores de la calidad microbiana del agua para evaluar la calidad microbiológica del agua de consumo humano. Este proyecto fue desarrollado en Lima metropolitana, donde se detectó que el 17.86% de muestras de agua en inmuebles y el 73.68% de muestras provenientes de pozos no cumplieron con las normas microbiológicas de calidad en el agua potable.

Asimismo, en Perú, el Fondo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (F-ODM), mediante la empresa EcoFluidos Ingenieros S.A. (2012) desarrollaron un estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano en Apurimac y Cusco en los ríos Tambobamba y Santo Tomás donde se observó que dichas fuentes de agua presentan altos niveles de coliformes fecales y totales, presumiblemente ocasionadas por las actividades de pastoreo y agrícolas que realiza la población, lo que aumenta la probabilidad de que contengan algún microorganismo patógeno. Los altos niveles de contaminación de origen fecal hacen necesario un estricto control de la calidad microbiológica del agua.

Reñé (2015) expuso un análisis de la situación de la calidad microbiológica de los sistemas de almacenamiento de agua potable en la ciudad de Rosario, Argentina, donde se resaltó como dato principal que el 50% de las muestras fueron catalogadas como no aptas para el consumo humano debido a la presencia de contaminación microbiológica perteneciente a *Estreptococos fecales* y *Escherichia Coli*.

A nivel nacional, Cajamarca y Contreras (2011) realizaron un estudio sobre el control microbiológico del agua potable de uno de los sistemas de

abastecimiento del cantón Cuenca, a través de microorganismos indicadores, donde se demostró que el agua potable suministrada cumple con los parámetros establecidos en la Norma NTE INEN 1108, siendo apta para su consumo en un 100% a pesar de que se presentaron grados de idoneidad en la planta de tratamiento por 98.86% y en agua almacenada en los domicilios de los consumidores por 98.54% viéndose afectada en ambos casos por la presencia de bacterias heterotróficas.

La ciudad de Guayaquil, Serrano (2014) realizó un estudio para el mejoramiento de la calidad del agua que produce la planta potabilizadora AGUAPEN E.P. de la provincia de Santa Elena, donde se enfoca en el análisis de la presencia de cianobacterias y sus riesgos para la salud humana, animal y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos; la autora considera al análisis de biotoxinas como un estudio complementario que con frecuencia suele ser descartado comprometiendo la calidad microbiológica de las muestras estudiadas.

Finalmente, Moposita (2015) correlacionó la presencia de coliformes fecales en el agua de consumo humano con los casos de enfermedades diarreicas agudas reportadas en hogares de una parroquia del cantón Ambato, donde se identificó que el 100% del agua se encuentra contaminada por dicho microorganismo, mientras que el 45.05% de la población que consumía el agua presentó cuadros diarreicos. En consecuencia, este estudio establece que no existe diferencia significativa, por tanto aunque el agua estuvo contaminada no fue la causante del incremento de la diarrea en la población, negando la hipótesis planteada debido a que la prevalencia de enfermedades diarreicas agudas no tienen un solo factor determinante.

6.2. MARCO TEÓRICO

6.2.1. Agua potable

El agua (del latín *aqua*) es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H2O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. Se denomina **agua potable** o **agua para el consumo humano** al agua que cumple con un conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas, las cuales han sido tratadas para garantizar su consumo humano y pueda ser utilizada sin restricción para beber o preparar alimentos (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014).

> JONG-WOOK, Lee (2004):
> El agua y el saneamiento son uno de los principales motores de la salud pública. Lo que significa que en cuanto se pueda garantizar el acceso al agua salubre y a instalaciones sanitarias adecuadas para todos, independientemente de la diferencia de sus condiciones de vida, se habrá ganado una importante batalla contra todo tipo de enfermedades.

6.2.2. Producción de agua potable

Al proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina **potabilización**. Los procesos de potabilización son muy variados; por ejemplo una simple desinfección, para eliminar los patógenos, que se hace generalmente mediante la adición de cloro, la irradiación de rayos ultravioletas, la aplicación de ozono, etc. Estos procedimientos se aplican a aguas que se originan en manantiales naturales o a las aguas subterráneas.

A continuación, se muestra el proceso de potabilización del agua, mediante la figura Nº 1:

Figura 1. *Proceso de potabilización del agua*

Fuente: Sitio web de la empresa TEDAGUA S.A. (2017)

6.2.3. Factores que inciden en la inoculación del agua potable

6.2.3.1. Factores físicos

En la provisión de agua se debe tener especial cuidado con los sabores, olores, colores y la turbidez del agua que se brinda, en parte porque dan mal sabor, pero también a que se deben a la presencia de substancias químicas volátiles y a la materia orgánica en descomposición (sabor y olor), a la presencia de minerales como hierro y manganeso, materia orgánica y residuos coloridos de las industrias (color) o a que pueden contener agentes patógenos adheridos a las partículas en suspensión (turbidez).

La temperatura es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema. La temperatura ejerce una marcada influencia sobre la reproducción, crecimiento y el status fisiológico de todas las entidades vivas (Massol, 2015:1). Los microorganismos como grupo (particularmente el grupo de las bacterias) demuestran una capacidad extraordinaria para vivir y reproducirse a lo largo de un amplio rango de temperaturas (desde temperaturas bajo 0°C, hasta temperaturas que alcanzan los 113°C).

Por otro lado, la temperatura desempeña un rol fundamental en el funcionamiento de ecosistemas al regular o afectar otros factores abióticos del ecosistema como son: la solubilidad de nutrientes, solubilidad de gases, el estado físico de nutrientes, el grado de toxicidad de xenobióticos y propiedades fisico-químicas del medio acuoso como: pH, potencial redox, solubilidad de gases, densidad, el estado físico y la viscosidad del sustrato.

Hay varios factores que complican el **almacenamiento** del agua, como por ejemplo la contaminación a través de las manos al colectarla, recipientes de colección contaminados, crecimiento bacteriano, presencia potencial de organismos resistentes a los desinfectantes, entre otros. Éstos pueden comprometer la calidad del agua colectada, no obstante, aunque las provisiones de agua potable hayan sigo colectadas de manera adecuada en recipientes estériles, es necesaria la circulación o reemplazo del suministro de forma periódica para favorecer la inocuidad y conservación del mismo.

6.2.3.2. Factores químicos

La medición del pH es una de las pruebas más importantes y utilizada con más frecuencia en los análisis de la calidad del agua. El pH influye en las concentraciones de equilibrio de muchos compuestos en agua; por consiguiente, la medición y el control del pH son componentes importantes en la purificación del agua, en el tratamiento de las aguas residuales, en la producción de alimentos, en la fabricación de productos, en platinados mediante electrólisis y en muchos procesos más.

Cloro libre residual. Es la cantidad de cloro en el agua en forma de ácido hipocloroso o hipoclorito. El cloro residual libre puede oscilar entre 0,5 mg/l y 2 mg/l, su proporción varía en función del pH. (Asociación Nacional de Electroquímica, ES, 2017)

Es fundamental mantener en las redes de distribución pequeñas concentraciones de cloro libre residual, desde las potabilizadoras hasta las acometidas de los consumidores, para asegurar que el agua ha sido convenientemente desinfectada. No obstante, es importante señalar que la ausencia de cloro libre residual no implica la presencia de contaminación microbiológica.

Arsénico. La presencia de arsénico en el agua potable puede ser el resultado de la disolución del mineral presente en el suelo por donde fluye el agua antes de su captación para uso humano, por contaminación industrial o por pesticidas. La ingestión de pequeñas cantidades de arsénico pueden causar efectos crónicos por su acumulación en el organismo. Envenenamientos graves pueden ocurrir cuando la cantidad tomada es de 100 mg.

Cadmio. El cadmio puede estar presente en el agua potable a causa de la contaminación industrial o por el deterioro de las tuberías galvanizadas. El cadmio es un metal altamente tóxico y se le ha atribuido varios casos de envenenamiento alimenticio.

Cromo. El cromo hexavalente (raramente se presenta en el agua potable el cromo en su forma trivalente) es cancerígeno, y en el agua potable debe determinarse para estar seguros de que no está contaminada con este metal. La presencia del cromo en las redes de agua potable puede producirse por desechos de industrias que utilizan sales de cromo, en efecto para el control de la corrosión de los equipos, se agregan *cromatos* a las aguas de refrigeración. Es importante tener en cuenta la industria de curtiembres ya que allí utilizan grandes cantidades de cromo que luego son vertidas a los ríos donde kilómetros más adelante son interceptados por bocatomas de acueductos.

Fluoruros. En concentraciones altas los fluoruros son tóxicos. La razón es, por una parte, la precipitación del calcio en forma del fluoruro de calcio y, por otra parte, puede formar complejos con los centros metálicos de algunas enzimas.

Nitratos y nitritos. Se sabe desde hace tiempo que la ingestión de nitratos y nitritos puede causar metahemoglobinemia, es decir, un incremento de metahemoglobina en la sangre, que es una hemoglobina modificada (oxidada) incapaz de fijar el oxígeno y que provoca limitaciones de su transporte a los tejidos.

En condiciones normales, hay un mecanismo enzimático capaz de restablecer la alteración y reducir la metahemoglobina otra vez a hemoglobina. Los nitritos presentes en la sangre, ingeridos directamente o provenientes de la reducción de los nitratos, pueden transformar la hemoglobina en metahemoglobina y pueden causar metahemoglobinemia.

Zinc. La presencia del zinc en el agua potable puede deberse al deterioro de las tuberías de hierro galvanizado y a la pérdida del zinc del latón. En tales casos puede sospecharse también la presencia de plomo y cadmio por ser impurezas del zinc, usadas en la galvanización. También puede deberse a la contaminación con agua de desechos industriales.

Resumen de porque (conclusión) son más importantes los factores elegidos (tiempo de almacenamiento, temperatura, cloro residual, y ph en la proliferación de micro-organismos.

6.2.3.3. Factores microbiológicos

La calidad y cantidad de microorganismos va acompañando las características físicas y químicas del agua, ya que cuando el agua tiene temperaturas templadas y materia orgánica disponible, se favorece el crecimiento, diversificación y proliferación de estas formas biológicas. Del reino vegetal, los microorganismos más importantes desde el punto de vista de la ingeniería ambiental son las algas y bacterias aunque la presencia de hongos, mohos y levaduras es un índice de la existencia de materia orgánica en descomposición.

Microorganismos. Los protozoos se pueden acumular en ciertas partes del cuerpo, después de haber penetrado en el cuerpo humano. Las acumulaciones se llaman *cistos* debido a su naturaleza parasitaria, los protozoos pueden provocar diferentes enfermedades. A continuación (Tabla Nº 1) se pueden ver los diversos protozoos que se pueden encontrar en aguas superficiales, y las enfermedades que causan cuando son ingeridos en grandes cantidades, junto con los síntomas:

Tabla 1. Microorganismos peligrosos y enfermedades que producen

MICROORGANISMO	ENFERMEDAD	SÍNTOMAS
Amoeba	Disenteria ameboide	Fuerte diarrea, dolor de cabeza, dolor abdominal, escalofríos, fiebre; si no se trata puede causar abscesos en el hígado, perforación intestinal y muerte
Cryptosporidium parvum	Criptosporidiosis	Sensación de mareo, diarrea acuosa, vómitos, falta de apetito
Giardia	Giardiasis	Diarrea, calambres abdominales, flatulencia, eruptos, fatiga
Toxoplasm gondii	Toxoplasmosis	Gripe, inflamación de las glándulas linfáticas En mujeres embarazadas aborto e infecciones cerebrales

Bacterias. Las bacterias no solo pueden provocar enfermedades cuando entran en el cuerpo humano a través de los alimentos, las aguas superficiales también pueden ser una fuente importante de infecciones bacterianas. En la siguiente tabla (Nº 2) se puede ver varias bacterias que se pueden encontrar en aguas superficiales, y las enfermedades que causan cuando son ingeridas en grandes cantidades, junto con los síntomas.

Tabla 2. Bacterias peligrosas y enfermedades que producen

BACTERIA	ENFERMEDAD/INFECCIÓN	SÍNTOMAS
Aeromonas	Enteritis	Diarrea muy líquida, con sangre y moco
Campylobacter jejuni	Campilobacteriosis	Gripe, diarres, dolor de cabeza y estómago, fiebre, calambres y náuseas
Escherichia coli	Infecciones del tracto urinario, meningitis neonatal, enfermedades intestinales	Diarrea acuosa, dolores de cabeza, fiebre, uremia homilética, daños hepáticos
Plesiomonas shigelloides	Plesiomonas-infección	Náuseas, dolores de estómago y diarrea acuosa, a veces fiebre, dolores de cabeza y vómitos
Salmonella typhi	Fiebre tifoidea	Fiebre
Salmonella sp.	Salmonelosis	Mareos, calambres intestinales, vómitos, diarrea y a veces fiebre leve
Streptococcus	Enfermedad (gastro) intestinal	Dolores de estómago, diarrea y fiebre, a veces vómitos
Vibrio El Tor (agua dulce)	Cólera (forma leve)	Fuerte diarrea

Escherichia Coli, también conocida por la abreviación *E. coli*, es un bacilo gramnegativo de la familia de las enterobacterias que se encuentra en el tracto gastrointestinal de humanos y animales de sangre caliente. E. coli es la bacteria anaerobia facultativa comensal más abundante de la microbiota; asimismo, es uno de los organismos patógenos más relevantes en el hombre, tanto en la producción de infecciones gastrointestinales como de otros sistemas (urinario, sanguíneo, nervioso). Fue descrita por primera vez en 1885 por Theodore von

Escherich, bacteriólogo alemán, quien la denominó Bacterium coli commune. Posteriormente la taxonomía le adjudicó el nombre de Escherichia coli, en honor a su descubridor (Nerino, et al, 2013:6235-6254).

6.2.4. Red de abastecimiento de agua potable

La red de abastecimiento de agua potable es un sistema de obras de ingeniería, concatenadas que permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural con población relativamente densa, el agua potable.

Componentes del sistema de abastecimiento. El sistema de abastecimiento de agua potable más complejo, que es el que utiliza aguas superficiales, consta de cinco partes principales:

- Captación
- Almacenamiento de agua bruta
- Tratamiento
- Almacenamiento de agua tratada
- Red de distribución abierta

Captación. La captación de un manantial debe hacerse con todo cuidado, protegiendo el lugar de afloramiento de posibles contaminaciones, delimitando un área de protección cerrada. La captación de las agua superficiales se hace mediante bocatomas, en algunos casos se utilizan galerías filtrantes, paralelas o perpendiculares al curso de agua para captar las aguas que resultan así con un filtrado preliminar. La captación de las aguas subterráneas se hace mediante pozos o galerías filtrantes.

Almacenamiento de agua bruta. El almacenamiento de agua bruta se hace necesario cuando la fuente de agua no tiene un caudal suficiente durante todo el año para suplir la cantidad de agua necesaria. Para almacenar el agua

de los ríos o arroyos que no garantizan en todo momento el caudal necesario se construyen embalses.

En los sistemas que utilizan agua subterránea, el acuífero funciona como un verdadero tanque de almacenamiento, la mayoría de las veces con recarga natural, sin embargo hay casos en que la recarga de los acuíferos se hace por medio de obras hidráulicas especiales.

Tratamiento. El tratamiento del agua para hacerla potable es la parte más delicada del sistema. El tipo de tratamiento es muy variado en función de la calidad del agua bruta. Una planta de tratamiento de agua potable completa generalmente consta de los siguientes componentes:

- Reja para la retención de material grueso, tanto flotante como de arrastre de fondo;
- Desarenador, para retener el material en suspensión de tamaño fino;
- Floculadores, donde se adicionan químicos que facilitan la decantación de sustancias en suspensión coloidal y materiales muy finos en general;
- Decantadores, o sedimentadores que separan una parte importante del material fino;
- Filtros, que terminan de retirar el material en suspensión;
- Dispositivo de desinfección.

En casos especiales, en función de la calidad del agua se deben considerar, para rendir estas aguas potables, tratamientos especiales, como por ejemplo la osmosis inversa, tratamiento a través de intercambio iónico, y filtros con carbón activado. Obviamente estos tratamientos encarecen el agua potable y solo son aplicados cuando no hay otra solución.

Almacenamiento de agua tratada. El almacenamiento del agua tratada tiene la función de compensar las variaciones horarias del consumo, y almacenar un volumen estratégico para situaciones de emergencia, como por ejemplo incendios. Existen dos tipos de tanques para agua tratada, tanques apoyados en

el suelo y tanques elevados, cada uno dotado de dosificador o hipoclorador para darle el tratamiento y volverla apta para el consumo humano.

Desde el punto de vista de su localización con relación a la red de distribución se distinguen en tanques de cabecera y tanques de cola: los tanques de cabecera, se sitúan aguas arriba de la red que alimentan. Toda el agua que se distribuye en la red tiene necesariamente que pasar por el tanque de cabecera; mientras que los tanques de cola, como su nombre lo dice, se sitúan en el extremo opuesto de la red, en relación al punto en que la línea de aducción llega a la red. No toda el agua distribuida por la red pasa por el tanque de cola.

Red de distribución. Las redes de distribución de agua potable en los pueblos y ciudades son generalmente redes que forman anillos cerrados. Por el contrario las redes de distribución de agua en las comunidades rurales dispersas son ramificadas. La línea de distribución se inicia, generalmente, en el tanque de agua tratada. Consta de:

- Estaciones de bombeo
- Tuberías principales, secundarias y terciarias
- Tanques de almacenamiento intermediarios
- Válvulas que permitan operar la red, y sectorizar el suministro en casos excepcionales, como son: en casos de rupturas y en casos de emergencias por escasez de agua
- Dispositivos para macro y micro medición. Se utiliza para ello uno de los diversos tipos de medidores de volumen
- Derivaciones domiciliares

6.3. RESEÑA INSTITUCIONAL DE LA EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA

El origen de lo que es hoy la empresa de agua potable y alcantarillado de manta, se remonta 68 años atrás, en el año de 1949, cuando Manta, ante las

crecientes necesidades de contar con una adecuada provisión de líquido vital, emprendió la lucha que culminó con la creación de una Junta de agua potable, contando con el apoyo de la representación política que en aquella época tenía Manabí ante el Congreso Nacional.

Fue así como el diputado Alfredo Escobar presento un proyecto de ley para conseguir la provisión de agua potable, exclusivamente para Manta.

Dicho proyecto contemplaba la creación de una Junta de Administración de Agua Potable. El congreso aprobó el mismo y entrego la realización de la obra al consejo Provincial, elaborándose el reglamento respectivo donde se señalaba rentas para las obras de agua potable de Manta y Montecristi, a pesar de la amenaza de postergarse la atención de Manta por su posición geográfica frente a los demás cantones de la zona sur.

6.3.1. Junta de Agua Potable.

Lamentablemente, luego de aprobado el proyecto del congreso, las rentas creadas para financiar la junta, fueron arrebatadas con la creación del Centro de Rehabilitación de Manabí; posteriormente, ante la protesta mantense por la falta de financiamiento de dicha junta, mediante derecho emergente de ley, el 31 de enero de 1970, se repusieron dichos los fondos, pero se adscribío la junta a la Corporación Reguladora de Manejo Hídrico de Rehabilitación de Manabí (CRM), la misma que desapareciera más tarde, entregándole la administración de agua, al concejo Cantonal de Manta.

6.3.2. Empresa Municipal de Agua Potable

Al asumir las funciones de la junta de Agua Potable, la Municipalidad de Manta, expide la Ordenanza Constitutiva de la Empresa Municipal de Agua Potable de Manta, con fecha 2 de Septiembre de 1970. Más tarde, con el afán

de ampliar su cobertura y buscar una mejor aplicación del servicio de alcantarillado sanitario y pluvial, el 19 de agosto de 1977, el consejo cantonal emitió la Ordenanza Sustitutiva de la creación de la empresa Municipal de Agua, dándole potestad también para el manejo de alcantarillado, por lo cual se crea la empresa municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Manta, EMAPAM, contando para su financiamiento, con asignaciones del estado y recursos propios de la institución.

En la década de los 90, mientras las exigencias ciudadanas crecían, los servicios de dotación de agua potable y recolección de aguas servidas administrados por la EMAPAM, se volvían cada vez más deficientes, descuidándose la atención técnica de los sistemas. Esta deficiencia y mal manejo de la entidad, llevo a las fuerzas representativas de Manta, a gestionar la separación de esta Empresa. Del seno del municipio, en un afán de evitar que servicios tan vitales como el agua potable y alcantarillado, fueran administrados de acuerdo con los arreglos políticos que se daban al interior del cabildo.

6.3.3. Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Manta

Fue así que las Cámaras de la producción de Manta, toman parte en la gestión de este objetivo, presentando un proyecto de ley para la creación de una empresa autónoma, si la injerencia municipal directa e involucrando la participación de los sectores productivos locales, en la conformación de su nuevo esquema directriz. Este proyecto fue aprobado por el Congreso Nacional, el 24 de noviembre de 1994, naciendo de esta manera la “EMPRESA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE MANTA” (EAPAM).

6.3.4. Empresa Pública Aguas de Manta

Con la emisión de la Ley Orgánica de empresas públicas (2009), que regula la constitución, organización, funcionamiento, fusión, escisión y liquidación de las empresas públicas que no pertenecen al sector financiero y que actúan en el ámbito internacional, nacional, regional, provincial o local; y,

establece los mecanismos de control económico, administrativo, financiero y de gestión que se ejercerán sobre ellas, se emite la ordenanza de creación de la Empresa Pública cantonal de agua potable, alcantarillado, manejo pluvial y depuración de residuos líquidos “EP-Aguas de Manta” (2010).

6.4. MARCO LEGAL

6.4.1. Constitución de la República (2008)

> ***Art. 313.*** *El listado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, entre los que se encuentra el agua, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.*
>
> *El **Art. 314** de la Carta Política manda que el Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento; y garantiza que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. Al efecto, el Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación*
>
> *El **Art. 315** dispone que el Estado constituirá empresas públicas para la prestación de servicios públicos, el aprovechamiento sustentable de recursos naturales o de bienes públicos y el desarrollo de otras actividades económicas. En este contexto, las empresas públicas estarán bajo la regulación y el control específico de los organismos pertinentes, de acuerdo con la ley; funcionarán como sociedades de derecho público, con personalidad jurídica, autonomía financiera, económica, administrativa y de gestión, con altos parámetros de calidad y criterios empresariales, económicos, sociales y ambientales;*

6.4.2. Ley de Aguas (2004)

Título II

De la conservación y contaminación de las aguas
Capítulo I
De la conservación

Art. 20.- *A fin de lograr las mejores disponibilidades de las aguas, el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, prevendrá, en lo posible, la disminución de ellas, protegiendo y desarrollando las cuencas hidrográficas y efectuando los estudios de investigación correspondientes.*

Las concesiones y planes de manejo de las fuentes y cuencas hídricas deben contemplar los aspectos culturales relacionados a ellas, de las poblaciones indígenas y locales.

Art. 21.- *El usuario de un derecho de aprovechamiento, utilizará las aguas con la mayor eficiencia y economía, debiendo contribuir a la conservación y mantenimiento de las obras e instalaciones de que dispone para su ejercicio.*

Capitulo II
De la contaminación

Art. 22.- *Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna.*

El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en colaboración con el Ministerio de Salud Pública y las demás entidades estatales, aplicará la política que permita el cumplimiento de esta disposición.

Se concede acción popular para denunciar los hechos que se relacionan con contaminación de agua. La denuncia se presentará en la Defensoría del Pueblo.

6.4.3. Resolución de creación de la EP-Aguas de Manta (I. Concejo Municipal de Manta:2010)

Artículo 1.- *Créase la Empresa Pública Cantonal de Agua Potable, Alcantarillado, Manejo Pluvial y Depuración de Residuos Líquidos "EP-Aguas de Manta", la que se constituye como persona jurídica de derecho público, patrimonio propio, duración indefinida, autonomía*

financiera, económica, administrativa y de gestión, con altos parámetros de calidad y criterios empresariales, económicos, sociales y ambientales. (…)

Artículo 2.- *EP-Aguas de Manta ejercerá las funciones atribuidas por esta Ordenanza bajo principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. Son funciones de EP-Aguas de Manta:*

1. *Prestar servicios públicos de agua potable, alcantarillado, manejo pluvial y depuración de residuos líquidos, incluyendo todas las fases del ciclo integral del agua;*
2. *Mantener, reponer, mejorar y ampliar las redes y la infraestructura hidráulica, los depósitos, las obras de captación y los embalses, el suministro y la comercialización del agua;*
3. *Realizar todas aquellas actividades accesorias, complementarias y derivadas de los servicios que presta, incluidas las tarcas de saneamiento ambiental.*
4. *Promover la utilización racional de los recursos hídricos, considerando en sus costos y procesos productivos, variables socio-ambientales y de actualización tecnológica;*
5. *Proteger el patrimonio de la empresa y los derechos de las generaciones futuras sobre los recursos hídricos, para coadyuvar con ello al buen vivir; y,*
6. *Maximizar sus ingresos y utilidades, con sujeción a estándares y principios de gobierno y responsabilidad corporativa internacionalmente aceptados, tales como los emitidos por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico "OCDE", en cuanto no se contrapongan con las de la presente Ordenanza.*

6.4.4 Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN:2014)

La Norma Técnica Ecuatoriana 1108, establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para el consumo humano, para lo que indica lo siguiente:

> *Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberían acogerse al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.*
>
> *El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación, en las tablas:*

Tabla 3. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas

PARAMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	___	No objetable
Sabor	___	No objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0.02
Arsénico, As	mg/l	0.01
Bario, Ba	mg/l	0.7
Boro, B	mg/l	2.4
Cadmio, Cd	mg/l	0.003
Cianuro, CN	mg/l	0.07
Cloro libre residual	mg/l	0.3 a 1.5
Cobre, Cu	mg/l	2.0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0.05
Fluoruros	mg/l	1.5
Mercurio, Hg	mg/l	0.006
Níquel, Ni	mg/l	0.07
Nitratos, NO_3	mg/l	50
Nitritos, NO_2	mg/l	3.0
Plomo, Pb	mg/l	0.01
Radiación total α	Bg/l	0.5
Radiación total β	Bg/l	1.0
Selenio, Se	mg/l	0.04

Fuente: NTE INEN 1108:2014

Tabla 4. Requisitos Microbiológicos

PARÁMETRO / MÉTODO	RESULTADO MÁXIMO
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ò Filtración por membrana ufc/ 100ml	 <1,1* <1**
Cryptosporidium, número de ooquistes/ litro	Ausencia
Giardia, número de quistes/ litro	Ausencia

* <1,1 significa que el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20cm^3 o 10 tubos de 10cm^3 ninguno es positivo

** < 1 significa que no se observan colonias

Fuente: NTE INEN 1108:2014

VII. METODOLOGÍA

7.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación tendrá carácter cuantitativo por cuanto se busca medir los factores físicos, químicos y microbiológicos (temperatura, tiempo de almacenamiento, PH, cloro libre residual y presencia de *E. Coli*) en las estaciones de almacenamiento y bombeo de agua potable de la EP-Aguas de Manta.

Implica una investigación de campo debido a que se busca estudiar los hechos en el lugar donde se produce la problemática, es decir, en las estaciones de almacenamiento y bombeo, concretamente en el agua contenida en los tanques reservorios. Adicionalmente se recolectarán muestras para su posterior análisis físico y químico *in situ* y microbiológico en laboratorio.

La metodología aplicada toma sustento de la autora guayasense Serrano (2014), quien en su estudio para el mejoramiento de la calidad del agua que produce la planta potabilizadora AGUAPEN E.P. de la provincia de Santa Elena, desarrolló un análisis de los factores que inciden en la inoculación y calidad del agua potable de dicha estación, comparando los datos levantados mediante el análisis de laboratorio y los valores mínimos aceptados por diferentes organismos rectores de calidad del agua, dentro de los que destaca principalmente la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2014.

7.2. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se utilizará la sucesión de las siguientes técnicas de investigación:

- Entrevistas
- Guías de observación

- Toma de muestra
- Análisis respectivos (in situ y de laboratorio) para el tratamiento de los factores.
- Análisis, síntesis y correlación de la información.

7.3. FORMULACIÓN DEL DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

Con la finalidad de diagnosticar la situación actual de las estaciones de almacenamiento y distribución de agua potable en la ciudad de Manta, y determinar sus factores de riesgo respecto a la contaminación microbiológica, se procederá a aplicar la metodología de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico, por sus siglas en inglés, HACCP.

El Sistema HACCP consta de siete principios que engloban la implantación y el mantenimiento de un plan HACCP aplicado a un proceso determinado. A continuación, describimos brevemente estos 7 principios:

Principio 1. Realizar un análisis de peligros. En este punto se establece cómo comenzar a implantar el Sistema HACCP. Se prepara una lista de etapas del proceso, se elabora un Diagrama de Flujo del proceso donde se detallan todas las etapas del mismo, desde las materias primas hasta el producto final.

Principio 2. Identificar los Puntos de Control Críticos (PCC) del proceso. Una vez descritos todos los peligros y medidas de control, el equipo HACCP decide en qué puntos es crítico el control para la seguridad del producto.

Principio 3. Establecer los Límites Críticos para las medidas preventivas asociadas a cada PCC. El rango confinado entre los Límites Críticos para un PCC establece la seguridad del producto en esa etapa. Los límites críticos deben basarse en parámetros cuantificables -puede existir un solo valor o establecerse un límite inferior y otro superior- y así asegurarnos su eficacia en la decisión de seguridad o peligrosidad en un PCC.

Principio 4. Establecer los criterios para la vigilancia de los PCC. Se debe especificar los criterios de vigilancia para mantener los PCC dentro de los Límites Críticos. Para ello se deben establecer acciones específicas de vigilancia que incluyan la frecuencia y los responsables de llevarlas a cabo. A partir de los resultados de la vigilancia se establece el procedimiento para ajustar el proceso y mantener su control.

Principio 5. Establecer las acciones correctoras. Si la vigilancia detecta una desviación fuera de un Límite Crítico deben existir acciones correctoras que restablezcan la seguridad en ese PCC. Las medidas o acciones correctoras deben incluir todos los pasos necesarios para poner el proceso bajo control y las acciones a realizar con los productos fabricados mientras el proceso estaba fuera de control. Siempre se ha de verificar qué personal está encargado de los procesos.

Principio 6. Implantar un sistema de registro de datos que documente el HACCP. Deben guardarse los registros para demostrar que el Sistema está funcionando bajo control y que se han realizado las acciones correctoras adecuadas cuando existe una desviación de los límites críticos. Esta documentación demostrará la fabricación de productos seguros.

Principio 7. Establecer un sistema de verificación. El sistema de verificación debe desarrollarse para mantener el HACCP y asegurar su eficacia.

Principales focos de verificación y diagnóstico:

- Las condiciones de los establecimientos productores (locales, medios, instalaciones)
- Un plan de mantenimiento de equipos y el calibrado interno y externo de los equipos de control (termómetros, termógrafo, balanzas, conductivímetros, pH-metro).
- El plan de higiene personal y buenas prácticas de manipulación.
- Un plan de formación-capacitación.

- El plan de limpieza, desinfección y desratización, que incluye los procedimientos documentados para la limpieza y desinfección de equipos.
- Un control químico, de forma que los productos químicos de uso no alimentario (productos de limpieza, fertilizantes, plaguicidas, cebos...) deben disponerse en un lugar adecuado para asegurar su diferenciación.
- Un programa de desinsectación y desratización.
- Control de parámetros físico-químicos y microbiológicos en el agua potable.
- Mantenimiento de unas condiciones higiénicas saludables en la recepción, almacenamiento y transporte del agua potable.

7.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

7.4.1. Factores de estudio

- **Estaciones de almacenamiento y bombeo**

  Estaciones (volumen de almacenamiento)

  - AZUA (3500m^3)
  - COLORADO (2000m^3)
  - STA MARTHA (3500m^3)

- **Características del agua**

  - **FÍSICAS** (Temperatura y tiempo de almacenamiento)
  - **QUÍMICAS** (pH y cloro libre residual)
  - **BIOLÓGICAS** (*E. Coli*)

7.4.2. Tratamientos experimentales

Tabla 5. Detalle del tratamiento experimental

TIPO DE TRATAMIENTO	ESTACION DE ALMACENAMIENTO	NÚMERO DE PRUEBAS
Físico	Colorado	3 repeticiones

(Temperatura y tiempo de almacenamiento)	Azua	3 repeticiones
	Santa Martha	3 repeticiones
Químico (pH y cloro libre residual)	Colorado	3 repeticiones
	Azua	3 repeticiones
	Santa Martha	3 repeticiones
Microbiológico (E. Coli)	Colorado	3 repeticiones
	Azua	3 repeticiones
	Santa Martha	3 repeticiones

7.4.3. Hitos de control

AGUA DESTILADA

Temperatura: > 5ºC máximo de diferencia con la temperatura del ambiente.

Tiempo de almacenamiento: 72 horas retenida

pH: 6,5 – 8,5

Cloro libre residual: 0.33 mg/l

E.Coli: 0.11 (<1.1 máximo) (INEN, 2014)

7.5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE ESTUDIO

7.5.1. Temperatura (Secretaria de Economía, MX, 2013)

Utilizando termómetro

- Para esta medición no se requiere preparación ni conservación de las muestras.

- Las determinaciones de temperatura deben efectuarse de inmediato en el lugar de muestreo.
- Siempre que sea posible se debe realizar la medición directamente en el cuerpo de agua.
- Sumergir inmediatamente el termómetro, en posición centrada en el recipiente, hasta la marca de inmersión parcial o hasta una graduación apropiada si el termómetro es de inmersión total.
- Aplicar ligeros movimientos circulares por lo menos durante 1 min hasta que la lectura del termómetro se estabilice.
- Si la temperatura de la muestra difiere en más de 5°C de la del ambiente, repetir el muestreo utilizando el vaso de doble pared.
- Realizar por triplicado las operaciones.
- Registrar los resultados.

7.5.2. PH (Colegio de Farmacéuticos de Sevilla, 2003)

Tiras medidoras de PH

- Preparación de la muestra que queremos medir en un envase perfectamente limpio (previamente triple lavado).
- Separamos una tira reactiva que será la que utilizaremos para la prueba.
- Introducir la tira reactiva en el envase que contiene la muestra. (El tiempo dependerá de la marca de libro reactivo utilizado, ya que éste puede variar desde 1 hasta 20 segundos según el fabricante).
- Retiramos la tira del líquido una vez transcurrido el tiempo.
- Comparamos el color que resulta en la tira con la gráfica que proporciona el fabricante para averiguar el valor.
- Lo normal, es que los valores ácidos se representen con tonos cálidos (rojos, anaranjados, etc) y los valores alcalinos, se representen con colores más fríos (azules, verdes,..)
- Registrar los resultados.

7.5.3. CLORO (Departamento del Meta, 2015)

Condiciones previas

- Las muestras deben ser analizadas inmediatamente y no deben conservarse para un futuro análisis.
- Si la muestra sale de los límites o la muestra vira a un color amarillo después de adición del reactivo, se diluyó la muestra con un volumen conocido de agua sin demanda de cloro y de buena calidad y repita la prueba.
- Recoja las muestras en botellas limpias de vidrio. No use recipientes plásticos porque estos pueden tener una demanda larga de cloro.
- Para mejores resultados se recomienda encerar el equipo para cada nuevo lote de reactivos.

Preparación de la muestra

- Llene una muestra de medición con 10 ml de líquido a analizar.
- Adicione el contenido de un sobre de reactivo de Cloro Libre DPD en polvo, para celda cubeta de 10 ml marca HACH. en la celda de medición.
- Mezcle (de manera circular) la celda de medición por 20 segundos
- Un color rosa se desarrollará si el cloro está presente.

Método con espectrofotómetro DR 2800, facilitado por la EPAM

- Encienda el espectrofotómetro DR 2800
- Presione el método almacenado Número 80
- Llene la celda de medición de referencia con 10 ml la muestra.
- Limpie la celda de medición con un paño que no produzca pelusa
- Inserte la muestra en el compartimiento de la celda del equipo.
- Presione *Zero* (El display muestra 0,00 mg/L)
- Prepare la segunda muestra adicionando el reactivo.
- Dentro de 60 segundos posteriores a la adición del reactivo, inserte la celda de medición en el compartimiento de la celda del equipo.
- Pulse *READ* (Los resultados se muestran en mg/L Cl2).

- El cálculo del contenido de Cloro Residual Libre se hace mediante lectura directa en el equipo, expresada en mgCl/L.
- Registrar los resultados.

Método de comparación visual (HACH Company, 2000)

- Preparar la muestra de medición con 6ml de líquido adicionando el reactivo.
- En un comparador colorimétrico, colocar la muestra en la apertura del lado derecho del equipo.
- Comparar el color de la muestra con los colores de la escala presentes en el equipo.
- Hacer la lectura de la concentración de cloro antes de un minuto.
- Registrar los resultados.

7.5.4. E. Coli (HACH Company, 2000)

Realizado en laboratorio acreditado (CESECCA)

7.5.4.1. Acopio y conservación de las muestras

- El muestreo debe realizarse adecuadamente para asegurar que se detecten las variaciones estacionales y que los resultados sean representativos de la fuente de la muestra.
- Acopie un volumen de muestra suficiente para analizar (generalmente 100 ml de muestra como mínimo).
- Los lineamientos de la Organización internacional de la salud prescriben 200 ml por muestra mientras que los lineamientos de Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales prescriben 100 ml por muestra.
- Evite la contaminación de la muestra durante el acopio.
- Utilice envases de vidrio, y realice un triple lavado al mismo previo al acopio de la muestra.

- Al realizar un muestreo de un río, lago o represa, no recolecte la muestra cerca de la orilla.
- Retire la tapa, sostenga el recipiente cerca del suelo y sumérjalo, con la boca hacia abajo, dentro del agua para evitar la espuma de la superficie.
- Llene el recipiente colocando la boca contra la corriente o, en aguas quietas, inclinando levemente la botella para permitir que se llene lentamente.
- Asegúrese de que se sumerja todo el recipiente.
- No enjuague.
- Identifique los recipientes de muestra inmediatamente por medio de etiquetas y analice las muestras lo antes posible después del acopio.
- El tamaño de la muestra recomendable para agua potable es de 100ml.

8.1.5. Sistema de verificación

Se establece un sistema de verificación, a manera de check-list, sobre aspectos que podrían incidir directa e indirectamente en la correcta ejecución de las obras y procesos de captación, almacenamiento, control, bombeo y distribución. Ver anexo 11.

7.6. PROCEDIMIENTO PARA EL REGISTRO DE LA MEDICIÓN DE LOS FACTORES DE ESTUDIO

- Como procedimiento previo a la realización del análisis de incidencia de los factores de estudio en la inoculación del agua se establece en primera instancia los formatos que permitirán el registro de las mediciones de dichos factores analizados de acuerdo a la metodología indicada en el epígrafe anterior (ver anexo 12).

- El llenado del registro de medición se realizó en formatos individuales donde se registraron los resultados obtenidos de las unidades de estudio en cada una de las pruebas o repeticiones subsecuentes; es decir que se realizarán cuatro formatos, uno por cada prueba y/o repetición, donde cada uno contendrá la información de todas las estaciones analizadas.
- Además de los resultados respectivos a cada factor analizado, en este formato se registrará a manera de bitácora la fecha y hora del estudio, así temperatura ambiental al momento de realizar la toma de muestra o medición.
- Estos registros de medición servirán de sustento para el llenado de un formato para la caracterización de los factores físicos, químicos y microbiológicos analizados (ver anexo 13), en el cual se contrastarán los valores hallados en las pruebas realizadas con los límites máximos permitidos por las diferentes normas que regulan la idoneidad del agua potable.
- Cada uno de estos formatos caracterizará la situación de los factores del agua en las estaciones durante cada prueba, es decir que se realizarán 12 formatos en total: cuatro por cada estación, los que representarán cada uno de los momentos de análisis (pruebas y repeticiones).
- En el análisis de esta información obtenida se realizarán gráficos que permitan la exposición de los resultados obtenidos en las mediciones de los factores del agua permitiendo a su vez una comparación a nivel de resultados de las estaciones de almacenamiento y bombeo, estableciendo además un rango de idoneidad que permita identificar las mediciones dentro y fuera de éste.

VIII. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

Durante las visitas de observación y toma de muestras en las estaciones de almacenamiento y bombeo se realizó de forma simultánea la indagación a operarios y laboratoristas respecto a las características particulares de cada estación, de lo cual se obtuvo la información que se presenta a continuación:

8.1.1. Descripción de las estaciones de almacenamiento y bombeo

8.1.1.1. Estación Azua:

Se construyó en 1973 en una cota promedio de 60msnm, y se podría definir como el corazón central de las estaciones ya que ésta recibe aguas del acueducto de 800mm HD denominado El Ceibal, que trae la mayor producción de agua potable para la ciudad. Se estima, por mediciones, que este acueducto acarrea en promedio 49200 m³/día (569.4 L/s). Cuenta con dos tanques de hormigón armado de 1000m³ y 2500 m³.

El tanque de 1000³ se destina como almacenamiento para la zona denominada Tarqui Bajo con tubería de 300mm HD; mientras el tanque de 2500m³ como reservorio que re bombea (3 bombas de 300hp) al tanque de 2500m³ en la Estación El Colorado. No existen interconexiones entre los dos tanques; salvo un bypass de emergencia que se mantiene cerrado y que se utiliza si se necesita llenar dichos tanques por tubería de 500mm proveniente de Colorado y que alimenta a la parroquia Eloy Alfaro.

Es importante indicar, que la tubería de 800mm de Ceibal presenta dos derivaciones antes de su entrada a Azúa, denominadas Tarqui Alto de 350mm HD, que abastece zonas altas de Tarqui y Esteros, y Santa Martha 450mm HD que lleva agua a dicha estación.

8.1.1.2. Estación Colorado:

Esta estación posee planta de Tratamiento, en cota promedio de 95msnm, en el cantón Montecristi. Fue construida en el año 2013 y se encarga de potabilizar 300 L/s, 25.000 m³/día; aunque actualmente solo procesa alrededor de 10.000 m³/día. La captación se realiza desde Caza Lagarto, en la estación de bombeo que impulsa el agua hasta el cerro Mochocal y por gravedad es trasladada hasta la planta de Colorado en un recorrido de 54 km.

En esta Planta se puede encontrar también dos tanques que tienen una capacidad de 1000 m³ cada uno en cota 91msnm, y otro de 2500m³ en una cota superior (96 msnm), que no se encuentran interconectados.

Uno de los tanques de 1000 m³ es destinado exclusivamente a abastecimiento de parroquia Eloy Alfaro por medio de tubería de 500mm, el otro tanque de 1000m³ envía agua a Montecristi y a Los Bajos por medio de re bombeo. El Tanque de 2500m³ recibe agua bombeada de Azúa y distribuye agua por medio tubería PRFV 600mm que llega a Santa Martha y tubería de 400mm llamada Refinería que abastece a zonas rurales.

8.1.1.3. Estación Santa Marta:

Esta estación se encuentra ubicada en la calle 12 y Av. 42, en el barrio Santa Martha de la ciudad de Manta; se construyó hace 40 años aproximadamente en una cota promedio de 61msnm. Santa Marta se abastece por una línea de 600mm PRFV proveniente de El Colorado, y por tubería de 450mm HD de Azúa (aunque la válvula de llegada se encuentra actualmente cerrada). Cuenta que con dos tanques de hormigón armado 1000m³ y 2500m³, sin interconexiones entre ellos.

El tanque de 2500m³ se destina como almacenamiento para la zona denominada Manta Bajo y Umiña con tubería de 500mm HD y 250mm respectivamente.

El tanque de 1000m³ como reservorio que re bombea a Santa Marta Alto con tubería de 250mm, a vía Universitaria con tubería de 160mm y San Mateo con tubería de 250mm. El bombeo de San Mateo - Vía Universitaria presenta cuatro bombas de 25, 50, y 2 de 100hp.

8.1.2. Descripción del proceso de almacenamiento y bombeo

Desde la planta de tratamiento, el agua es distribuida a las diversas estaciones de almacenamiento, donde es captada, controlada en cuanto a su idoneidad y almacenada en espera de ser bombeada y distribuida para el consumo domiciliario o a otras estaciones para repotenciar el control y redistribuir el líquido. A continuación se esquematiza el proceso:

Figura 2. Proceso del agua potable

8.1.3. Puntos de control, límites críticos y criterios de vigilancia

Cuando el líquido llega a los tanques de almacenamiento, el personal de laboratorio y demás operarios de cada una de las estaciones, deberá monitorear los niveles que condiciones su estado de idoneidad para el consumo humano.

Entre otros, el principal factor que se analiza es el nivel de cloro, el mismo que incide en la fulminación de cualquier micro-organismo que pudiera estar inoculando el agua potable almacenada. Éste elemento químico es añadido al líquido de forma gaseosa, cuyo nivel de inyección debe ser monitoreado constantemente de forma paralela al control de los niveles de cloro que presente en el agua.

La inobservancia en este procedimiento de control podría desencadenar en la distribución de agua con insuficiente cantidad de cloro (por tanto, con mayores riesgos de portar organismos patógenos) que podría potencialmente afectar la salud de la ciudadanía que la consuma.

El control y monitoreo se lo debe realizar cada hora para garantizar la idoneidad del agua bombeada.

8.1.3. Acciones correctoras

En el caso de que los niveles de control se encontraren fuera de los máximos establecidos para garantizar una distribución de agua potable segura para la salud de la ciudadanía, se deberán tomar medidas de inmediato, como por ejemplo la regulación de la inyección de cloro, y un monitoreo con mayor frecuencia hasta normalizar la situación; o en caso de una desviación demasiado severa, se procederá a la suspensión total del bombeo hasta solucionar la desviación en los niveles óptimos.

8.2. RESULTADOS DE LOS FACTORES FÍSICOS, QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS ANALIZADOS.

8.2.1. Análisis de factores físicos

8.2.1.1. Temperatura

Tabla 6. Resultados del análisis de temperatura del agua

CODIF. MUESTRA	TEMP. MUESTRA	TEMP. AMBIENTE	HORA DE TOMA	DIFERENCIA TEMP. MUESTRA / AMBIENTE	L.M.P	OBSERV.
Estación Azua						
P.I.- AZ – 01	23º	26º	11.00	3º	< 5º	ACEPTABLE
R1 – AZ – 01	22º	25º	9.50	3º	< 5º	ACEPTABLE
R2 – AZ – 01	25º	27º	10.10	2º	< 5º	ACEPTABLE
R3 – AZ – 01	24º	26º	10.00	2º	< 5º	ACEPTABLE
P.I. – AZ – 02	22º	26º	11.30	4º	< 5º	ACEPTABLE
R1 – AZ – 02	22º	25º	10.10	3º	< 5º	ACEPTABLE
R2 – AZ – 02	25º	27º	10.30	2º	< 5º	ACEPTABLE
R3 – AZ – 02	24º	26º	10.10	2º	< 5º	ACEPTABLE
Estación Colorado						
P.I.- CO – 03	22º	25º	12.00	3º	< 5º	ACEPTABLE
R1 – CO – 03	23º	24º	10.50	1º	< 5º	ACEPTABLE
R2 – CO – 03	25º	27º	11.00	2º	< 5º	ACEPTABLE
R3 – CO – 03	23º	26º	10.40	3º	< 5º	ACEPTABLE
P.I. – CO – 04	22º	25º	12.30	3º	< 5º	ACEPTABLE
R1 – CO – 04	22º	24º	11.20	2º	< 5º	ACEPTABLE
R2 – CO – 04	24º	27º	11.10	3º	< 5º	ACEPTABLE
R3 – CO – 04	25º	26º	10.50	1º	< 5º	ACEPTABLE
Estación Santa Martha						
P.I.- SM – 05	25º	27º	10.30	2º	< 5º	ACEPTABLE
R1 – SM – 05	21º	24º	9.20	3º	< 5º	ACEPTABLE
R2 – SM – 05	25º	25º	9.15	0º	< 5º	ACEPTABLE
R3 – SM – 05	24º	25º	9.10	1º	< 5º	ACEPTABLE
P.I. – SM – 06	26º	27º	10.00	1º	< 5º	ACEPTABLE
R1 – SM – 06	21º	24º	9.00	3º	< 5º	ACEPTABLE
R2 – SM – 06	25º	25º	9.30	0º	< 5º	ACEPTABLE
R3 – SM – 06	23º	25º	9.20	2º	< 5º	ACEPTABLE

Todos los valores registrados respecto a la temperatura del agua potable examinada se encontraron dentro de los límites normales (menos de 5º C diferencia con la temperatura del ambiente) al momento de realizar la toma de muestra y medición del parámetro.

8.2.1.2. Tiempo de almacenamiento

De acuerdo con las entrevistas concretadas a los laboratoristas y operarios se determinó que por la constante demanda, el líquido no permanece almacenado por más de 12 horas en los tanques reservorios, teniendo una rapidez de vaciado total de 3 horas, mientras que el tiempo de llenado es de 4 horas.

8.2.2. Análisis de factores químicos

Tabla 7. Resultados del análisis de pH y cloro libre residual del agua

CODIF. MUESTRA	pH	L.M.P. pH	OBSERV. pH	CLORO LIBRE RESIDUAL	L.M.P. Cloro Libre Residual	OBSERV. Cloro L.R.
Estación Azua						
P.I.- AZ – 01	6.9	6.5 – 8.5	NORMAL	0.75	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R1 – AZ – 01	7.0	6.5 – 8.5	NORMAL	1.00	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R2 – AZ – 01	7.1	6.5 – 8.5	NORMAL	0.50	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R3 – AZ – 01	7.1	6.5 – 8.5	NORMAL	1.00	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
P.I. – AZ – 02	7.1	6.5 – 8.5	NORMAL	0.50	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R1 – AZ – 02	7.0	6.5 – 8.5	NORMAL	0.75	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R2 – AZ – 02	7.2	6.5 – 8.5	NORMAL	0.50	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R3 – AZ – 02	7.0	6.5 – 8.5	NORMAL	0.50	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
Estación Colorado						
P.I.- CO – 03	7.4	6.5 – 8.5	NORMAL	0.84	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R1 – CO – 03	7.6	6.5 – 8.5	NORMAL	0.72	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R2 – CO – 03	7.4	6.5 – 8.5	NORMAL	0.82	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R3 – CO – 03	7.4	6.5 – 8.5	NORMAL	0.75	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
P.I. – CO – 04	7.3	6.5 – 8.5	NORMAL	0.75	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R1 – CO – 04	7.4	6.5 – 8.5	NORMAL	0.61	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R2 – CO – 04	7.5	6.5 – 8.5	NORMAL	0.78	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R3 – CO – 04	7.5	6.5 – 8.5	NORMAL	0.56	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
Estación Santa Martha						
P.I.- SM – 05	7.0	6.5 – 8.5	NORMAL	0.50	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R1 – SM – 05	7.1	6.5 – 8.5	NORMAL	0.75	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R2 – SM – 05	7.2	6.5 – 8.5	NORMAL	0.50	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R3 – SM – 05	7.2	6.5 – 8.5	NORMAL	0.75	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
P.I. – SM – 06	7.2	6.5 – 8.5	NORMAL	1.25	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R1 – SM – 06	7.0	6.5 – 8.5	NORMAL	1.40	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R2 – SM – 06	7.1	6.5 – 8.5	NORMAL	1.30	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL
R3 – SM – 06	7.1	6.5 – 8.5	NORMAL	1.50	0.3 – 1.5mg/l	NORMAL

Los registros de pH y cloro libre residual presentes en el agua potable de los tanques de almacenamiento de las estaciones, en general presentan condiciones normales, no obstante son destacables dos picos que desviación, que si bien se encuentran dentro del rango de idoneidad, representan un nivel por encima del promedio en cada una de sus mediciones, las observaciones notables son las siguientes:

- En la estación Colorado, los niveles de pH se encuentran en un promedio de 7.44, oscilando sus registros entre 7.3 y hasta 7.6. La estación Azua tiene un promedio de registro de pH de 7.05 y Santa Martha 7.11.

- En cuanto a niveles de cloro, la mayoría de los tanques de almacenamiento presentaron medidas entre 0.50 y 1.00 mg/l, excepto por el tanque codificado SM-06 de la estación Santa Martha, cuya capacidad es de 1000m3, el cual presentó niveles de cloro por encima de 1.25 mg/l, hasta un máximo de 1.50 mg/l. Se reconoció que esto es debido a que el agua potable que se distribuye desde este tanque tiene un destino lejano (San Mateo), por lo que se estima la disolución sustancial del cloro durante el trayecto.

8.2.3. Análisis de factores microbiológicos

Para el análisis microbiológico se consideró analizar la presencia de E. Coli en las muestras de agua. En los análisis anteriores, por la simplicidad en el procedimiento de análisis, se realizó in situ por el autor del presente proyecto con asistencia de los operarios de cada una de las estaciones que brindaron su apoyo en todo momento facilitando los equipos necesarios para realizar dichas mediciones; no obstante, para el parámetro de E. Coli en particular, se realizó únicamente toma de muestras, las cuales fueron entregadas al Centro de Servicios para el Control de la Calidad (CESECCA) de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Mediante dichos análisis se obtuvieron los datos que se presentan a continuación en la tabla 8.

Tabla 8. Resultados del análisis de presencia de E. Coli en el agua

CODIF. MUESTRA	UNIDADES	RESULTADO E. COLI	MÉTODO	L.M.P.	OBSERVACIÓN
			Estación Azua		
P.I.- AZ – 01	NMP/100ml	< 1.0	PEE/CESECCA/MI /01 Método de Referencia BAM CAP 04 FDA	<1,1	AUSENCIA
R1 – AZ – 01	NMP/100ml	< 1.0		<1,1	AUSENCIA
R2 – AZ – 01	NMP/100ml	< 1.1		<1,1	ADVERTENCIA
R3 – AZ – 01	NMP/100ml	< 1.0		<1,1	AUSENCIA
P.I. – AZ – 02	NMP/100ml	< 0.8		<1,1	AUSENCIA
R1 – AZ – 02	NMP/100ml	< 0.8		<1,1	AUSENCIA
R2 – AZ – 02	NMP/100ml	< 1.0		<1,1	AUSENCIA
R3 – AZ – 02	NMP/100ml	< 1.0		<1,1	AUSENCIA
			Estación Colorado		
P.I.- CO – 03	NMP/100ml	< 0.8	PEE/CESECCA/MI /01 Método de Referencia BAM CAP 04 FDA	<1,1	AUSENCIA
R1 – CO – 03	NMP/100ml	< 1.1		<1,1	ADVERTENCIA
R2 – CO – 03	NMP/100ml	< 0.9		<1,1	AUSENCIA
R3 – CO – 03	NMP/100ml	< 0.7		<1,1	AUSENCIA
P.I. – CO – 04	NMP/100ml	< 0.7		<1,1	AUSENCIA
R1 – CO – 04	NMP/100ml	< 1.0		<1,1	AUSENCIA
R2 – CO – 04	NMP/100ml	< 0.8		<1,1	AUSENCIA
R3 – CO – 04	NMP/100ml	< 1.1		<1,1	ADVERTENCIA
			Estación Santa Martha		
P.I.- SM – 05	NMP/100ml	< 1.0	PEE/CESECCA/MI /01 Método de Referencia BAM CAP 04 FDA	<1,1	AUSENCIA
R1 – SM – 05	NMP/100ml	< 1.0		<1,1	AUSENCIA
R2 – SM – 05	NMP/100ml	< 1.1		<1,1	ADVERTENCIA
R3 – SM – 05	NMP/100ml	< 1.0		<1,1	AUSENCIA
P.I. – SM – 06	NMP/100ml	< 1.1		<1,1	ADVERTENCIA
R1 – SM – 06	NMP/100ml	< 0.9		<1,1	AUSENCIA
R2 – SM – 06	NMP/100ml	< 1.0		<1,1	AUSENCIA
R3 – SM – 06	NMP/100ml	< 0.9		<1,1	AUSENCIA

Como resultado se obtuvo que todas las muestras se encuentran dentro de los parámetros normales, lo que representa ausencia de la bacteria en el agua potable analizada. Sin embargo, se observan varios resultados donde la presencia del micro organismo se encuentra en el límite permisible máximo de < 1,1 (INEN, 2014), lo cual representa un llamado de atención.

8.3. RELACION ENTRE LOS FACTORES FÍSICOS Y QUIMICOS ANALIZADOS CON LA PRESENCIA DE ESCHERICHIA COLI.

8.3.1. Temperatura

De acuerdo con los datos recabados en el estudio de campo, y tomando como fuente la información generada en las tablas 6 y 8 del presente proyecto, se establece una correlación entre las mediciones de temperatura y los resultados de presencia de E. Coli en cada uno de los tanques de las diferentes estaciones, cuyos gráficos se presentan a continuación:

Figura 3. Relación entre temperatura y presencia de E. Coli en E. Azua

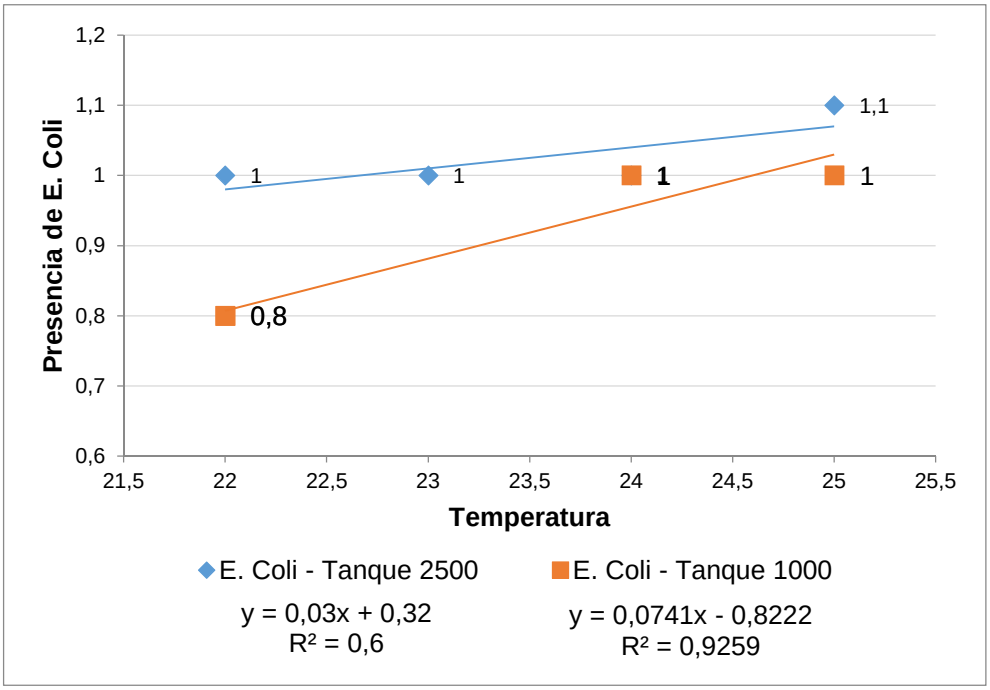


Figura 4. Relación entre temperatura y presencia de E. Coli en E. Colorado

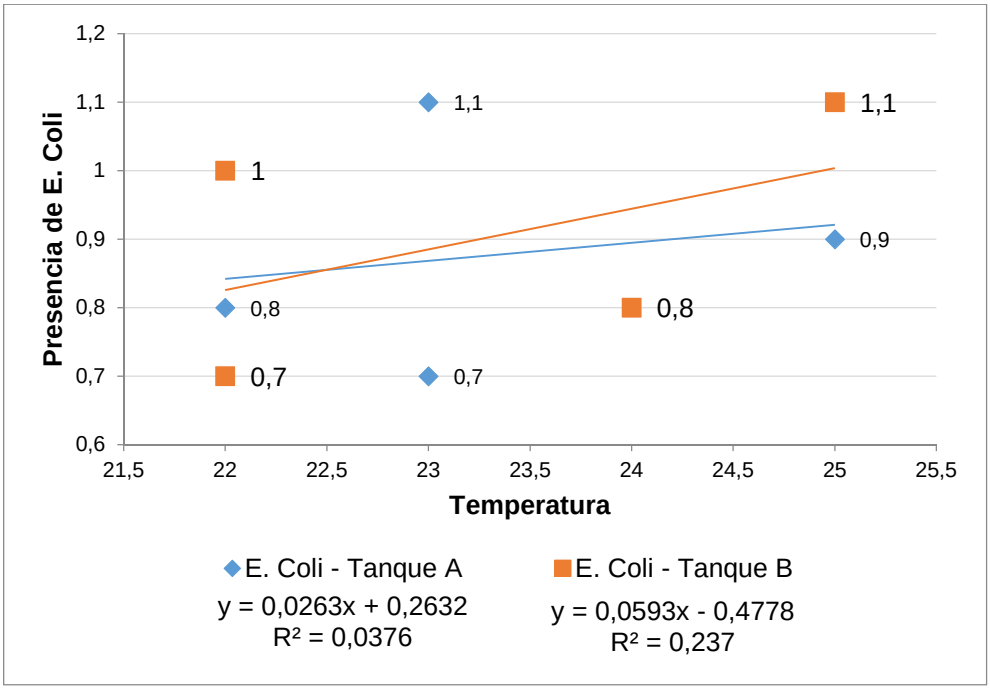
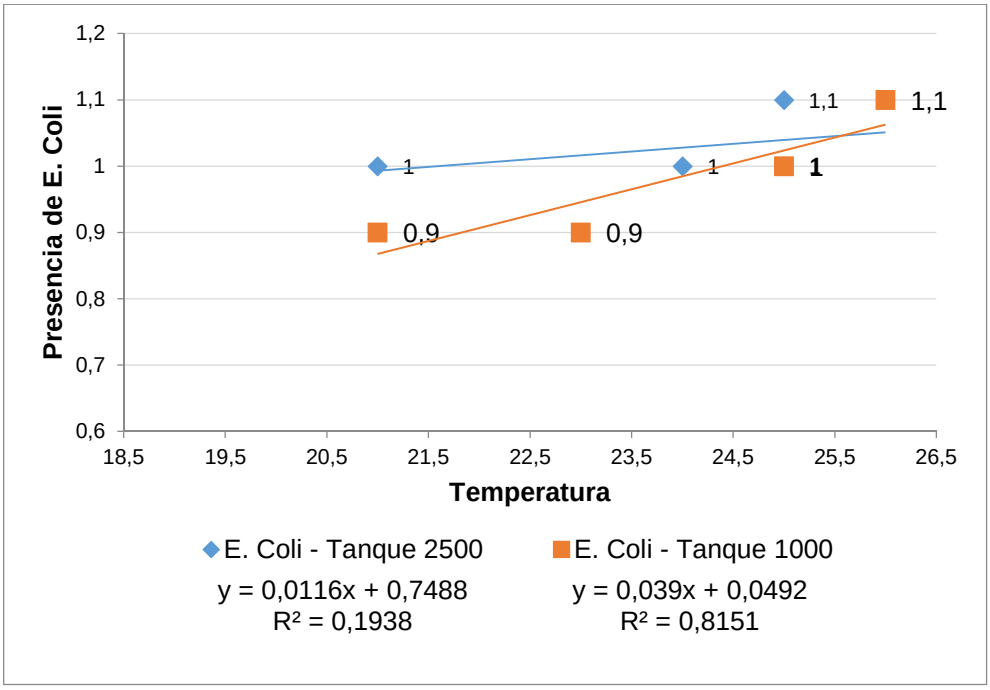


Figura 5. Relación entre temperatura y presencia de E. Coli en E. Santa Martha



Se evidencia una relación proporcional, a mayor temperatura, mayor presencia de E. Coli en el agua potable examinada.

8.3.2. pH

Figura 6. Relación entre pH y presencia de E. Coli en E. Azua

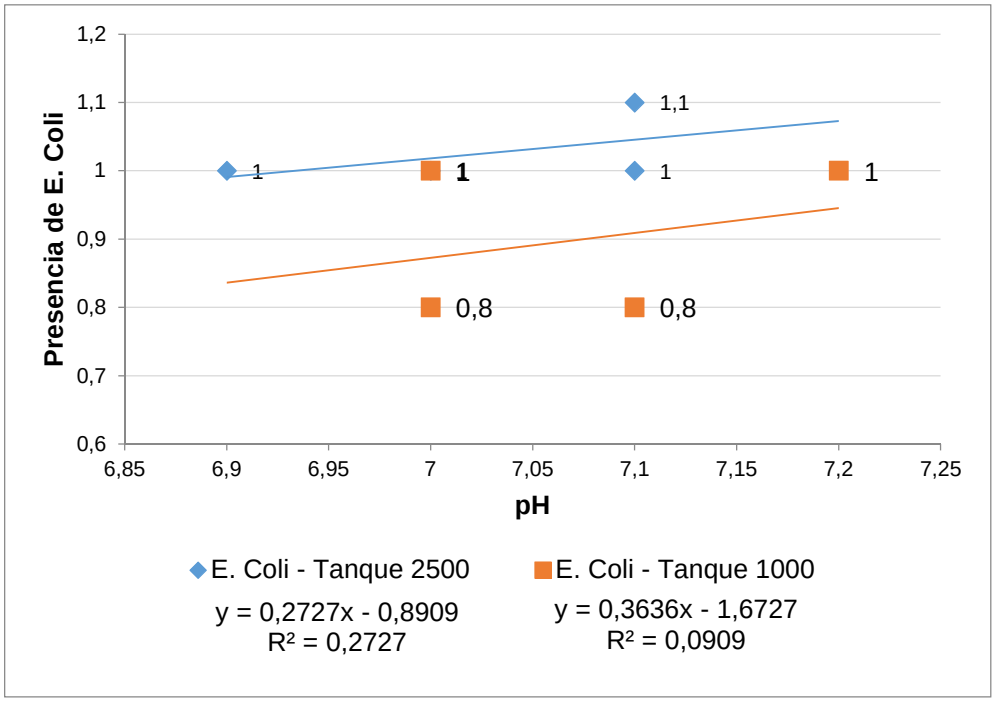


Figura 7. Relación entre pH y presencia de E. Coli en E. Colorado

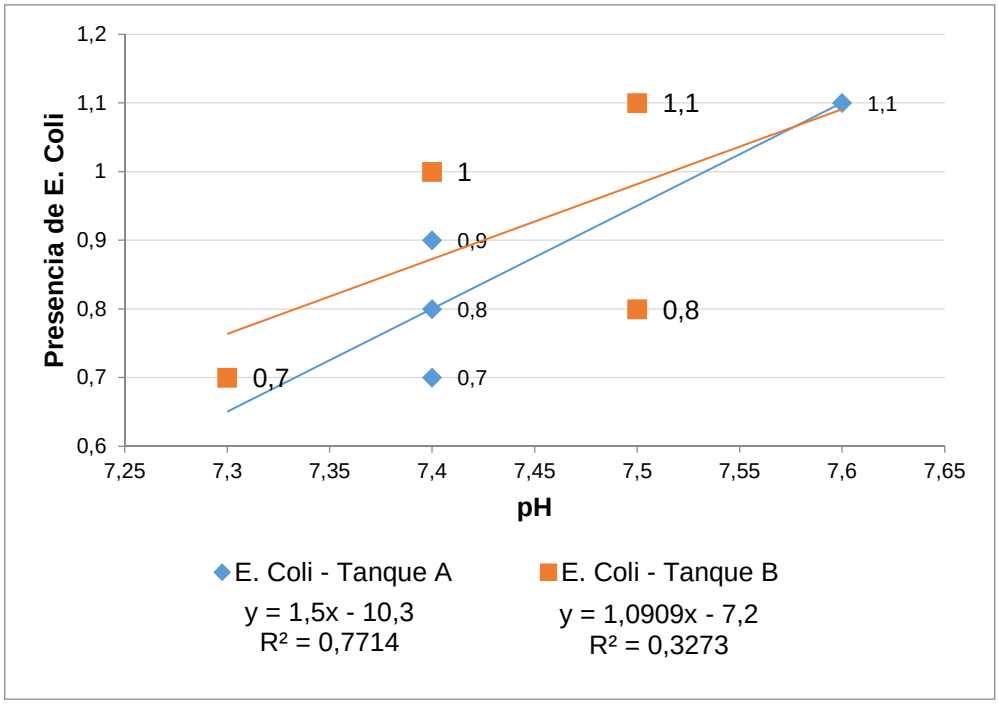
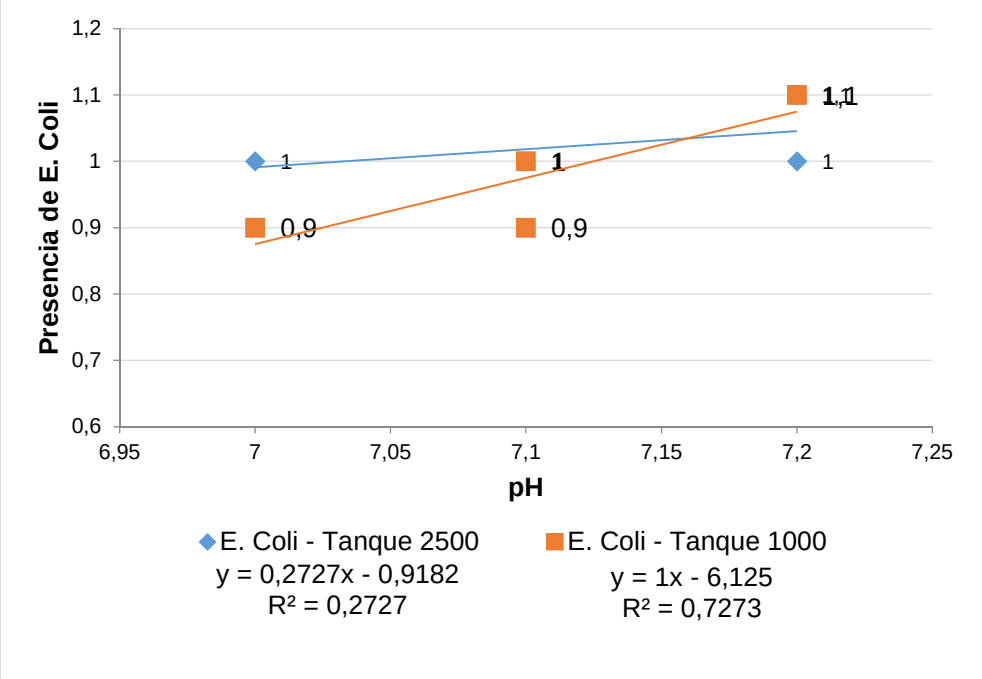


Figura 8. Relación entre pH y presencia de E. Coli en E. Santa Martha



De igual forma, se evidencia en los seis tanques de las tres estaciones analizadas que los niveles de pH también son un elemento que incide en la proliferación de la bacteria Escherichia Coli y en su inoculación en el agua potable que se almacena en dichos reservorios, la relación se da entre mayor nivel de pH, mayor se considera la presencia del micro organismo.

8.3.3. Cloro residual

Figura 9. Relación entre nivel de cloro libre residual y presencia de E. Coli en E. Azua

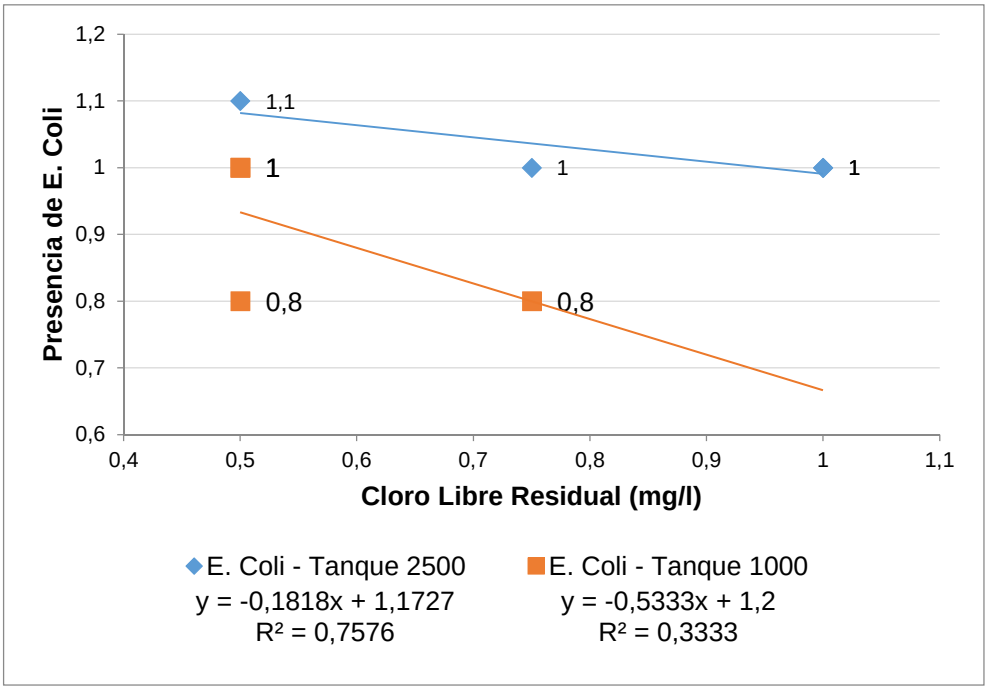


Figura 10. Relación entre nivel de cloro libre residual y presencia de E. Coli en E. Colorado

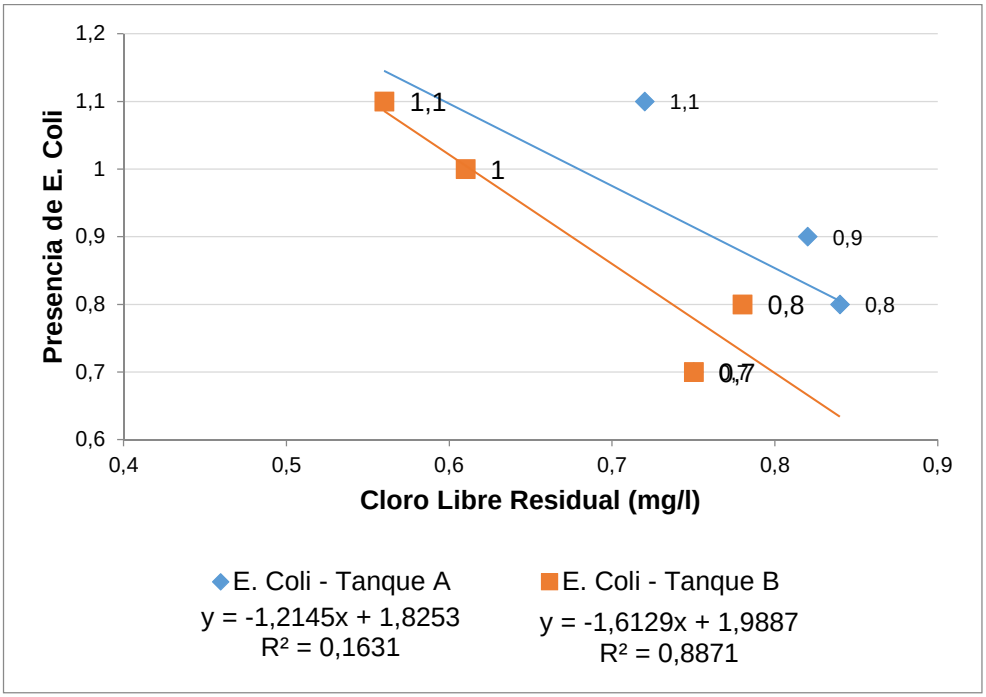
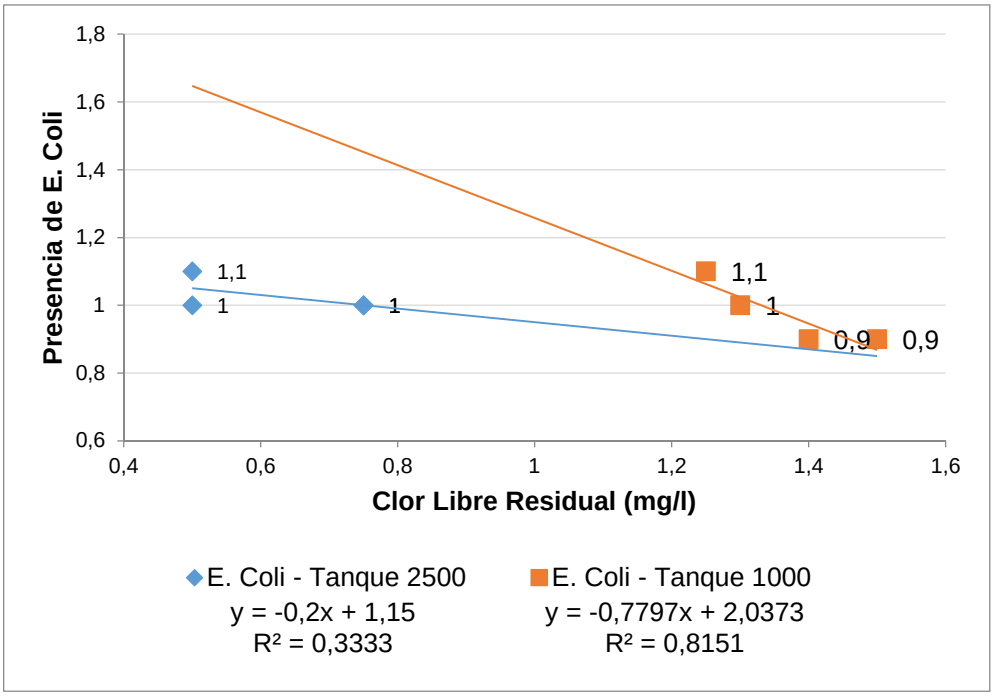


Figura 11. Relación entre nivel de cloro libre residual y presencia de E. Coli en E. Santa Martha



El cloro libre residual es un elemento que se mide para determinar los niveles de presencia del químico en el líquido. Su función principal es purificar y mitigar cualquier micro organismo patógeno que intente inocular el agua potable, con un efecto de desinfección.

Dicha función se corrobora en el presente proyecto investigativo por cuanto se observa relación inversa entre los niveles de cloro libre residual en el agua y la presencia de E. Coli en la misma, es decir, que a mayores niveles de cloro, menor es la presencia de la bacteria.

IX. CONCLUSIONES

- Mediante las visitas realizadas a las estaciones de almacenamiento y bombeo de Azua, Colorado y Santa Martha se evidenció que si bien se realizan monitoreos respecto a la calidad del agua, existen principalmente factores de desorganización que podrían incidir indirectamente en la inoculación del líquido, tales como llaves y mangueras de desagüe improvisadas, instrumentos empíricos para la sustracción de líquido (envases de galones de plástico atados con una cuerda), así como para la medición del nivel de llenado de los tanques (boyas atadas con un indicador de madera y niveles pintados a mano).

- La metodología de recolección de datos aplicada posibilita el registro de los datos relevantes para la investigación, contextualizando todas las características de los factores y condiciones en las que se realizó la toma de muestras, permitiendo a su vez, contrastar los valores recopilados con los índices de idoneidad que establece la normativa ecuatoriana respecto a la calidad del agua potable.

- En el análisis de los factores físicos y químicos respecto a la presencia de E. Coli en los tres reservorios de almacenamiento y bombeo en la ciudad de Manta, se estableció incidencia entre los niveles de temperatura y pH, los cuales, en mayor nivel presentaron mayor presencia de *E. Coli*, lo que hace presumible que estos factores elevan las condiciones favorables para su proliferación; por su parte el análisis del cloro libre residual evidenció una incidencia negativa, es decir que a mayores niveles de cloro presentes en el líquido menor fue la presencia del micro organismo inoculador.

- Se concluye así, comprobando que en efecto, las condiciones de temperatura, tiempo de almacenamiento, PH y cantidades de cloro libre residual en el agua afectan en la presencia de Escherichia Coli dentro de las tres estaciones de almacenamiento y bombeo de agua potable de la ciudad de Manta.

X. RECOMENDACIONES

- A los señores de la EP-Aguas de Manta, mejorar los procesos de organización e implementos indirectos que se utilizan para el manejo de los recursos dentro de las estaciones, con la finalidad de mejorar el nivel de tecnicismo e imagen institucional en cuanto a la ejecución de procedimientos de control de calidad.

- A los señores operarios de la EP-Aguas de Manta, controlar en mayor nivel y frecuencia los elementos que inciden en la inoculación del agua potable que se almacena y distribuye con la finalidad de garantizar su idoneidad para el consumo de la ciudadanía.

- A los señores de la EP-Aguas de Manta, vigilar el cumplimiento de buenas prácticas de manejo del agua potable, con la finalidad de observar constantemente la calidad del líquido y poder contar con procedimientos estándar aplicables en caso de presentarse desviaciones en los requisitos de idoneidad del agua potable según lo que se manifiesta en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (2014).

XI. BIBLIOGRAFÍA

1. Agbar Agua. (2017). *Cloro Residual.* Obtenido de sitio web de Hidrogea de la Region de Murcia: http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf

2. Asociación Nacional de Electroquímica, ES. (16 de Febrero de 2017). *Todo lo que necesita saber del Cloro*. Obtenido de sitio web de EuroChlor - ANE: http://www.cloro.info/preguntas-frecuentes/preguntas-sobre-cloro-y-agua

3. Cajamarca, B., & Contreras, L. (2011). *Control microbiológico del agua potable de uno de los sistemas de abastecimiento del cantón Cuenca, a través de microorganismos indicadores. .* Tesis de Grado: Universidad de Cuenca.

4. Colegio de Farmacéuticos de Sevilla. (2003). *Procedimiento para medir el pH.* Obtenido de sitio web de formación magistral del Colegio de Farmacéuticos de Sevilla: http://profesionales.farmaceuticosdesevilla.es/opencms/export/sites/default/Proyecto/proyecto/RICOFS/FormulacionMagistral/PN-L-OF-03.pdf

5. Constitucion de la Republica. (2008). Constitucion de la Republica.

6. Departamento del Meta. (20 de Octubre de 2015). *Método Colorimetrico para Determinación de Cloro Residual Libre en Aguas*. Obtenido de sitio web del Departamento del Meta: http://www.meta.gov.co/web/sites/default/files/adjuntos/P-SA-89%20METODO%20COLORIMETRICO%20PARA%20DETERMINACION%20DE%20CLORO%20RESIDUAL%20V1.pdf

7. HACH Company. (2000). *Manual de análisis de agua.* Obtenido de sitio web de la compañia HACH, Loveland, Colorado, EE.UU.: https://www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639984469

8. I. Concejo Municipal de la ciudad de Manta. (2010). *Ordenza de creación de la Empresa Pública Cantonal de Agua Potable, Alcantarillado, Manejo Pluvial y Depuración de Residuos Líquidos "EP-Aguas de Manta"*. Obtenido de sitio web de la EP-Aguas de Manta: https://www.epam.gob.ec/wp-content/uploads/2015/04/ORDENANZA-DE-CREACION-DE-LA-EP-AGUAS-DE-MANTA.pdf

9. INEN. (Enero de 2014). *Norma Técnica Ecuatoriana 1108. Agua Potable Requisitos.* Registro Oficial No. 168. Obtenido de Sitio Web de normaspdf.inen.gob.ec: http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf

10. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (Enero de 2014). *NTE INEN 1108. Agua potable. Requisitos. [5ta. rev].* Obtenido de sitio wew del Servicio Ecuatoriano de Normalización: http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf

11. Jong-Wook, L. (2004). *Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud*. Obtenido de sitio web de la Organización Mundial de la Salud: http://www.who.int/water_sanitation_health/facts2004/es/

12. Ley de Aguas, EC. (20 de Mayo de 2004). *Ley de Aguas. Codificación 16. Registro Oficial 339*. Obtenido de sitio web del Consorcio para el Derecho Socio-Ambiental: http://www.derecho-ambiental.org/Derecho/Legislacion/Ley-de-Aguas-Ecuador.html

13. Ley Orgánica de Empresas Públicas. (2009). *Suplemento de Registro Oficial No. 48.* Quito: 16 de Octubre de 2009.

14. Merchand, E. (2002). *Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana.* Trabajo de titulacion previo

la obtencion del título de Biologo con mencion en Microbiologia y Parasitología: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

15. Moposita, A. (2015). *Determinación de coliformes fecales en el agua de consumo humano y su relación con enfermedades diarreicas agudas en los hogares de la parroquia de Pasa del cantón Ambato en el periodo diciembre 2014 – mayo 2015.* Tesis de Grado: Universidad Técnica de Ambato.

16. Ordenanza de creación de la Empresa Pública cantonal de Agua Potable, Alcantarillado, Manejo Pluvial y depuracion de Residuos Líquidos EP-Aguas de Manta. (2010). *Registro Oficial Nº 41.* Quito: 19 de Mayo del 2010.

17. Organización Panamericana de la Salud. (2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurimac y Cusco.* Obtenido de sitio web de la OPS: http://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf

18. Reñé Panedés, A. (2015). *Análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable, estudio de la situación actual en la ciudad de Rosario, en la República de la Argentina.* Memoria del trabajo de grado: Universidad Autónoma de Barcelona.

19. Sánchez, S., Herrera, L., Llorente, M., & Herrera, S. (Febrero de 2014). *Infecciones por Escherichia Coli diarreagénicos en España: ¿hay un antes y un después del brote de Alemania?* Obtenido de revista digital ELSEVIER Vol. 32 Núm. 2: http://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-infecciones-por-escherichia-coli-diarreagenicos-S0213005X13001754

20. Sánchez, S., Martínez, R., Alonso, J., & Rey, J. (Junio de 2010). *Aspectos clínicos y patogénicos de las infecciones por Escherichia Coli O157:H7 y*

otros E. coli verotoxigénicos. Obtenido de revista digital ELSEVIER Vol. 28 Núm. 6: http://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-aspectos-clinicos-patogenicos-las-infecciones-S0213005X09003668

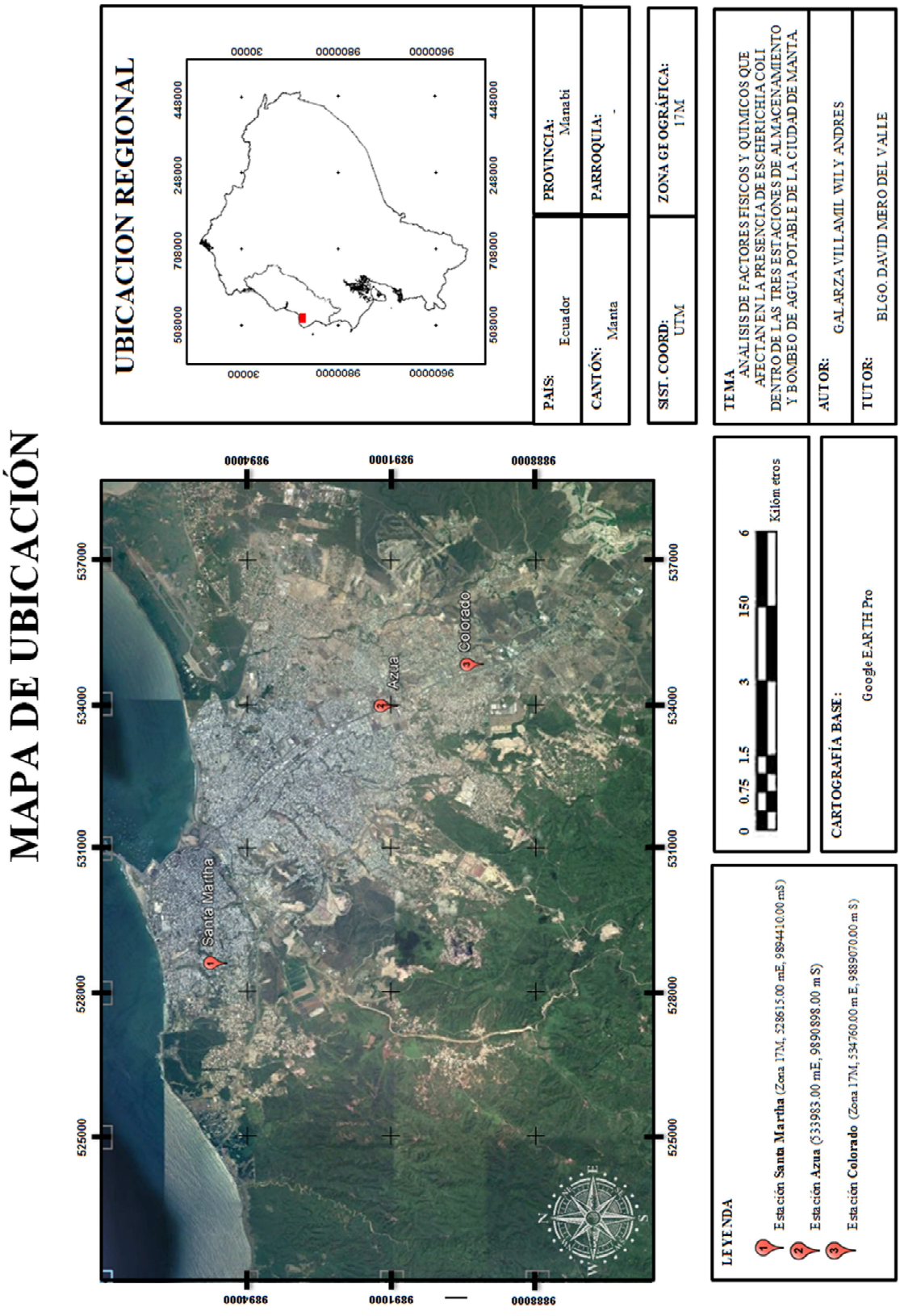
21. Secretaria de Economía, MX. (2013). *Norma Mexicana para el análisis de agua - Medicion de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de Prueba.* Obtenido de sitio web de la Secretaria de Economía: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166766/nmx-aa-007-scfi-2013.pdf

22. Serrano, G. (2014). *Estudio para el mejoramiento de la calidad del agua que produce la planta potabilizadora AGUAPEN E.P. de la provincia de Santa Elena.* Tesis de Grado: Universidad de Guayaquil.

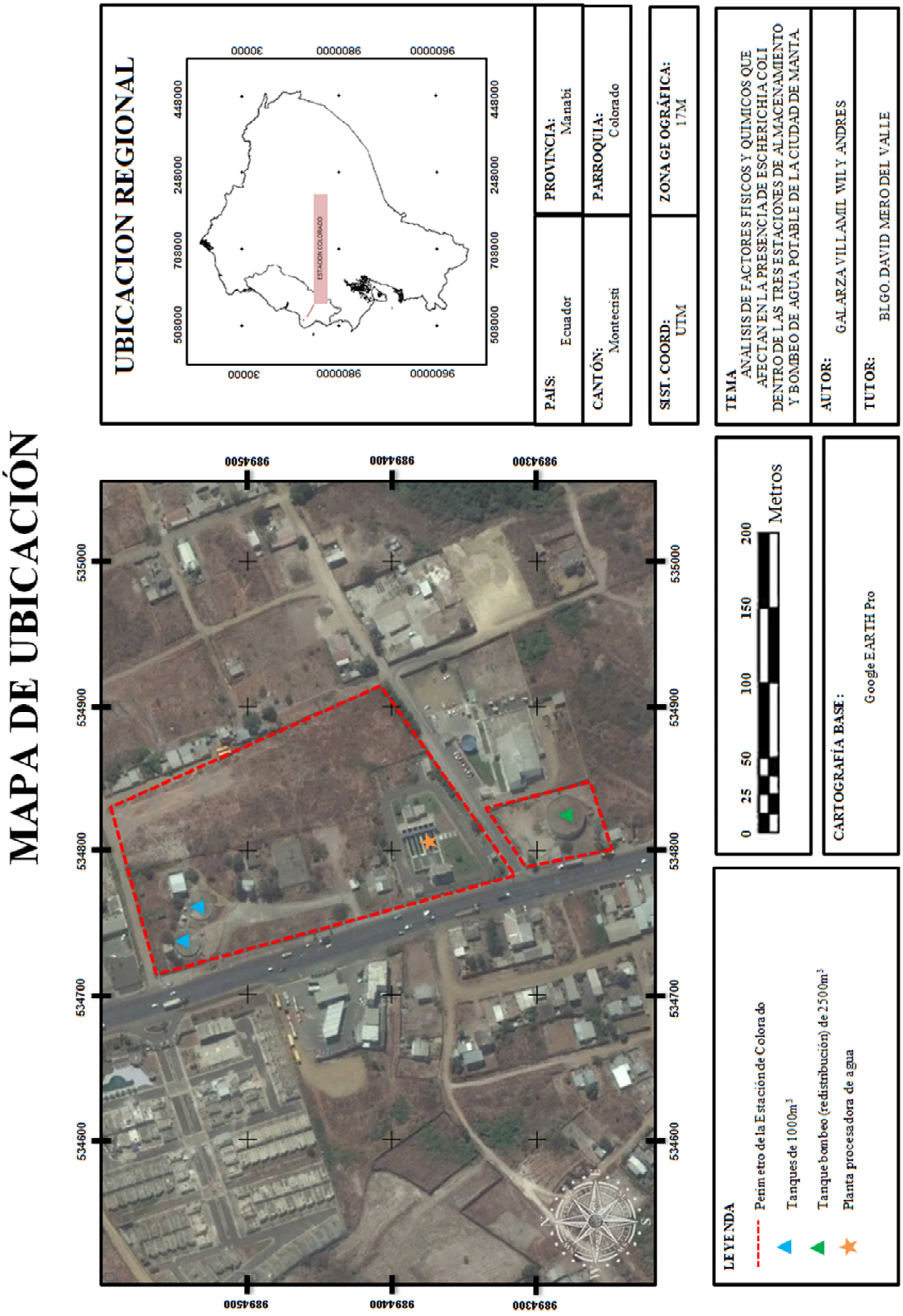
23. Vila, J., & Zboromyrska, Y. (Febrero de 2012). *Brotes epidémicos causados por Escherichia Coli diarreagénicas.* Obtenido de revista digital ELSEVIER Vol. 35 Núm. 2: http://www.elsevier.es/es-revista-gastroenterologia-hepatologia-14-articulo-brotes-epidemicos-causados-por-escherichia-S0210570511003748

XII. ANEXOS

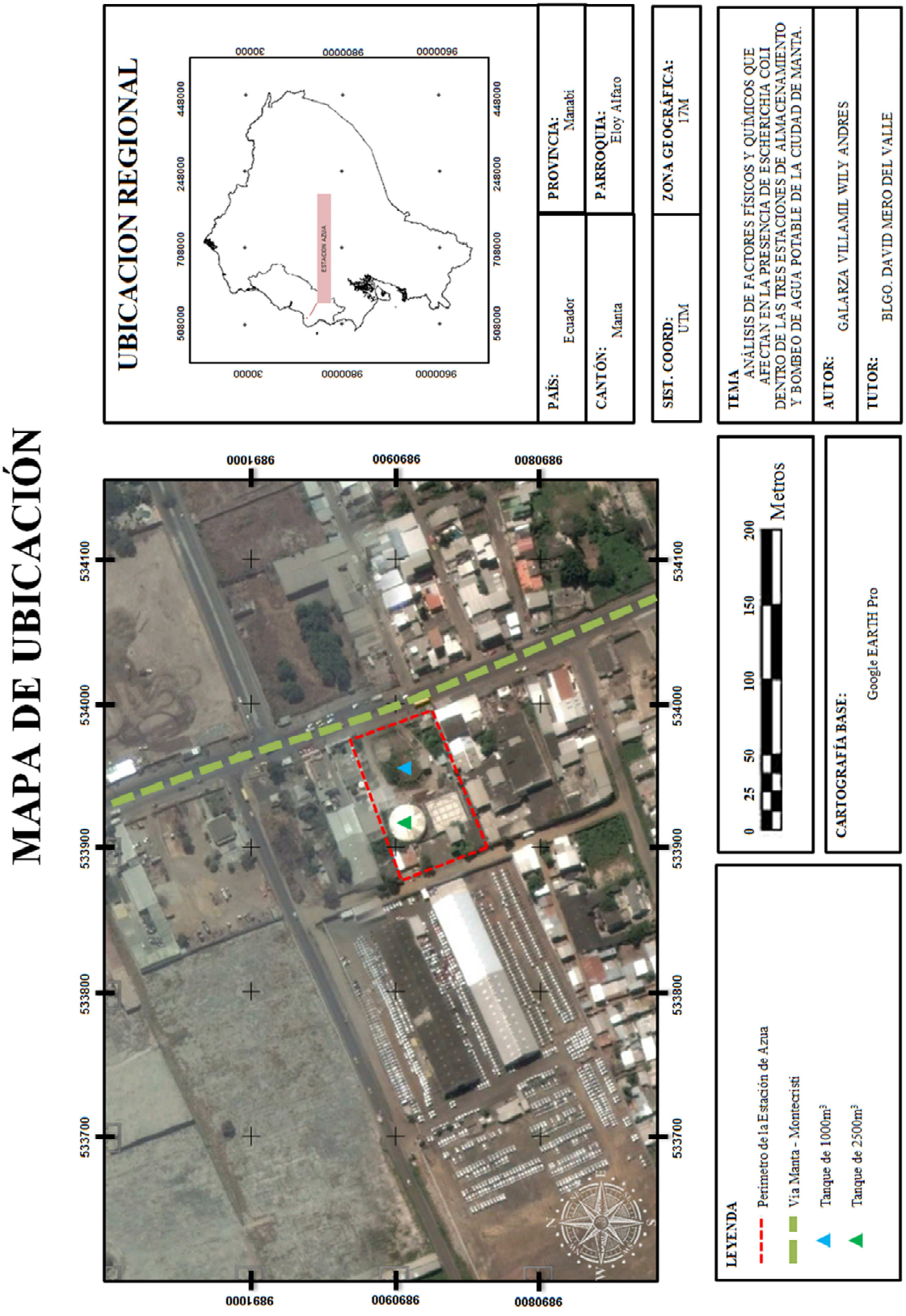
Anexo 1 **Mapa de ubicación geográfica de las estaciones de almacenamiento y bombeo objeto de estudio.**



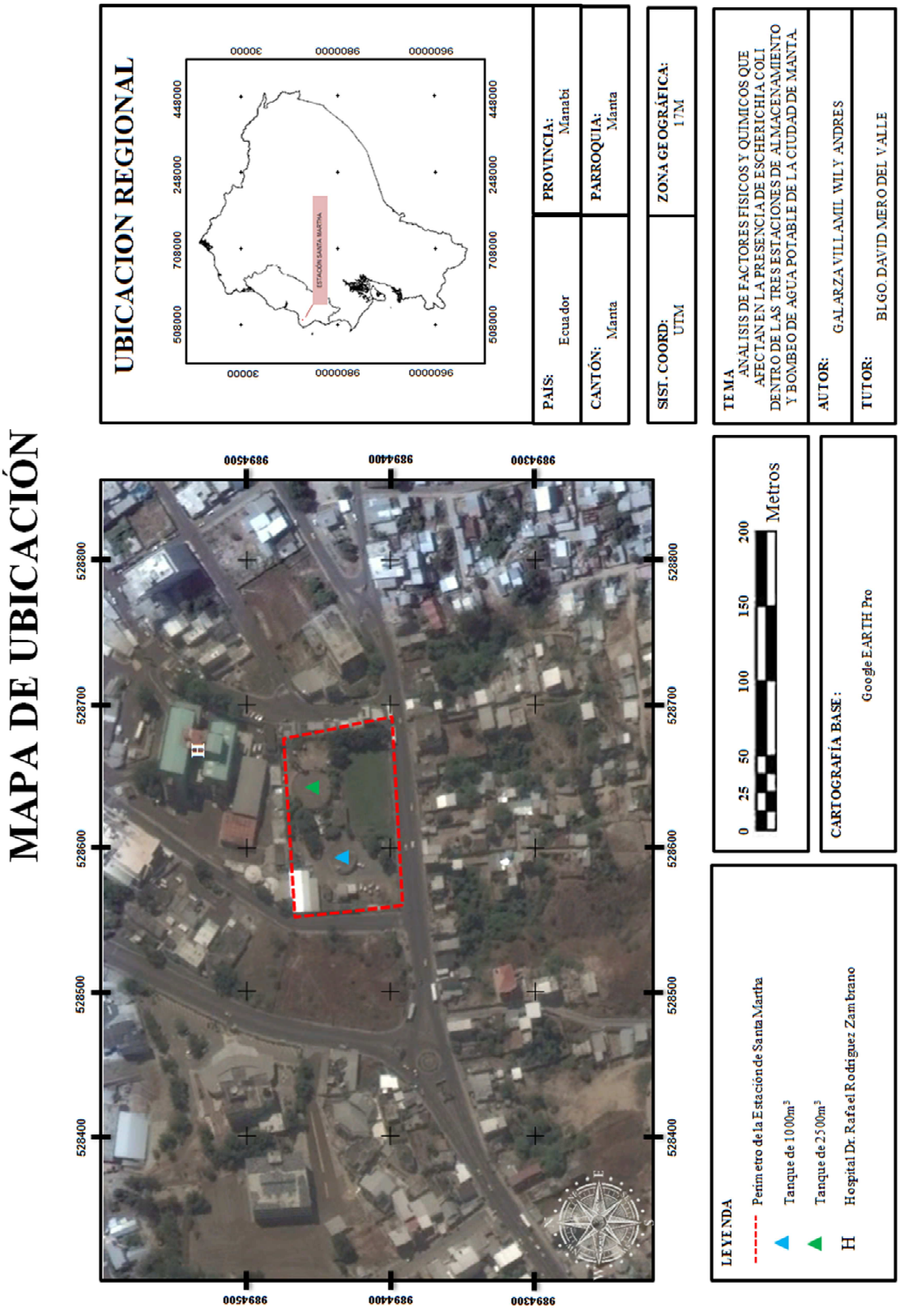
Anexo 2 **Mapa de ubicación geográfica de la estación de almacenamiento y bombeo "Colorado".**



Anexo 3 **Mapa de ubicación geográfica de la estación de almacenamiento y bombeo "Azua".**



Anexo 4 **Mapa de ubicación geográfica de la estación de almacenamiento y bombeo "Santa Martha".**



Anexo 5 Cronograma de actividades de la investigación.

ACTIVIDADES	DURACIÓN														
	Septiembre				Octubre				Noviembre						
Revisión de antecedentes y conceptos															
Revisión de fuentes															
Redacción del marco teórico-conceptual (Capítulo 1)															
Diseño de las herramientas de recolección de datos aplicables a las unidades de información (entrevistas)															
Diseño de las herramientas de recolección de datos aplicables a las unidades de análisis (guías de observación)															
Recolección de datos mediante visita preliminar															
Recolección de las muestras en las unidades de análisis															
Análisis microbiológico de las muestras en busca de *E.Coli*															
Organización y descripción de la situación actual en la unidad de estudio (Capítulo 2)															
Organización e interpretación de los resultados.															
Elaboración de conclusiones y recomendaciones.															
Elaboración del informe final.															

Actividades prácticas

Actividades de redacción

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 6 Cronograma proyectado para las visitas a las unidades de análisis.

UNIDADES DE ANÁLISIS				FECHAS DE VISITAS	
Ubicación	**No. Tanques**	**Nombre del encargado**	**Codif.**	**Visita de observación**	**Visita para la toma de muestras**
Estación Azua Sector Carmelita Vía Manta - Montecristi	2	Ing. Luis Mera *Jefe de Agua Potable*	AZ-01 AZ-02	9/Nov/2017	10 - 17 Nov/2017
Estación Colorado Vía Manta - Montecristi	2	Ing. Luis Mera *Jefe de Agua Potable*	CO-03 CO-04	9/Nov/2017	10 - 17 Nov/2017
Estación Santa Martha Calle 12 y 18, Av. 42 - Manta	2	Ing. Luis Mera *Jefe de Agua Potable*	SM-05 SM-06	9/Nov/2017	10 - 17 Nov/2017

Anexo 7 Cronograma proyectado para la toma de muestras.

UNIDADES DE ANÁLISIS	FECHAS DE VISITAS			
Codif.	**Toma de muestras inicial**	**1er Repetición**	**2da Repetición**	**3er Repetición**
AZ-01 AZ-02	10/Nov/2017	13/Nov/2017	15/Nov/2017	17/Nov/2017
CO-03 CO-04	10/Nov/2017	13/Nov/2017	15/Nov/2017	17/Nov/2017
SM-05 SM-06	10/Nov/2017	13/Nov/2017	15/Nov/2017	17/Nov/2017

Anexo 8 Cuestionario de entrevista al Director de Calidad de la EP-Aguas de Manta

	UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera de Ingeniería Recursos Naturales y Ambiente *Proyecto de investigación previo a la obtención del título INGENIERO AMBIENTAL*	MANTA Noviembre 2017

ANÁLISIS DE FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS QUE AFECTAN EN LA PRESENCIA DE ESCHERICHIA COLI DENTRO DE LAS TRES ESTACIONES DE ALMACENAMIENTO Y BOMBEO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MANTA

Cuestionario de entrevista al Director de Calidad de la EPAM

- ¿Con cuántas estaciones de almacenamiento y bombeo cuenta la ciudad?
- ¿Cuántas estaciones de almacenamiento y bombeo son consideradas como las principales en la ciudad?
- ¿De dónde proviene el agua que se capta?
- ¿En qué consiste el proceso que cumple el agua luego de su captación?
- ¿En las estaciones, se establecen puntos de control, limites críticos y criterios de vigilancia?
- ¿Cuentan con manuales que normen lo anterior?
- ¿Qué ocurre si los niveles presentes en el agua potable almacenada se encuentran fuera de los niveles óptimos, o de los requisitos establecidos por la norma NTE INEN 1108?
- ¿Cuentan con un sistema de registro para documentar la evolución de la calidad del agua que se almacena y distribuye?
- ¿Cuentan con un sistema de verificación independiente al control que se realiza en cada estación?
- Otras preguntas derivadas de las preguntas anteriores:

Elaborado por:	**Fecha de elaboración:**	**Revisado por:**
Galarza Villamil Wily Andrés		

Anexo 9 Autorización para toma de muestras por parte de la EPAM.

EMPRESA PÚBLICA
"AGUAS DE MANTA"
GESTION CALIDAD, MEDIO AMBIENTE y SSO

epam
Empresa Pública Aguas de Manta

Memorándum N°: EPAM-DGCMASSO-2017-154

PARA: Lcdo. Ronald Villacreses
JEFE DE LABORATORIO COLORADO
Lcdo. Raul Villacis
JEFE ESTACION STA MARTHA
Laboratoristas Estación Azua

FECHA: 8/11/2017

ASUNTO: FACILIDADES EN TOMA DE MUESTRA A ESTUDIANTES DE LA ULEAM.

Por el presente solicito a ustedes y por su intermedio a quien corresponda dar las facilidades al señor Galarza Villamil Wily Andrés CI. 131566387-0, quien ingresara a las respectivas estaciones a tomar muestras para estudios, actividad que fue autorizada por el señor gerente general, la cual ustedes deberán supervisar y dar las facilidades que el caso amerita, las mismas que se llevaran a cabo desde el día 9 al 17 de Noviembre del presente año.

Particular que solicito para los fines pertinentes.

Atentamente,

Dr. John Farfán Ubillus
DIRECTOR GESTION CALIDAD, MEDIO AMBIENTE y SSO (e)

Elaborado: Ing. Narcisa Zambrano.

Anexo 10 Cuestionario de entrevista a los encargados de las tres estaciones de almacenamiento y bombeo de la EPAM objeto de estudio.

	UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera de Ingeniería Recursos Naturales y Ambiente *Proyecto de investigación previo a la obtención del título INGENIERO AMBIENTAL*	MANTA Noviembre 2017

ANÁLISIS DE FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS QUE AFECTAN EN LA PRESENCIA DE ESCHERICHIA COLI DENTRO DE LAS TRES ESTACIONES DE ALMACENAMIENTO Y BOMBEO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MANTA

Cuestionario de entrevista a encargados de las estaciones

- ¿En qué fecha se construyó la estación?
- ¿Con cuántos tanques cuenta?
- ¿Qué capacidades tienen?
- ¿De dónde se realiza la captación del líquido?
- ¿Cuál es su nivel de acarreamiento?
- ¿Dónde se distribuye el agua de cada tanque? ¿Qué sectores abastece?
- ¿Con cuanta rapidez se llena / vacía cada tanque?
- ¿Qué tipo de procesamiento se le brinda al líquido en la estación?
- ¿Cuáles son los parámetros que se controlan?
- ¿Existe un sistema establecido para el registro de la información?
- ¿Cuáles son las acciones a tomar en caso de presentarse desviaciones considerables en los niveles considerados como idóneos para la distribución del agua potable?
- Otras preguntas derivadas de las preguntas anteriores:

Elaborado por:	**Fecha de elaboración:**	**Revisado por:**
Galarza Villamil Wily Andrés		

Anexo 11. Formato guía de verificación

	UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera de Ingeniería Recursos Naturales y Ambiente *Proyecto de investigación previo a la obtención del título INGENIERO AMBIENTAL*	MANTA Noviembre 2017
ANÁLISIS DE FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS QUE AFECTAN EN LA PRESENCIA DE ESCHERICHIA COLI DENTRO DE LAS TRES ESTACIONES DE ALMACENAMIENTO Y BOMBEO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MANTA		

Principales focos de verificación y diagnóstico:

Nº	Detalle	Nivel de Cumplimiento	Observación
1	Las condiciones de los establecimientos productores (locales, medios, instalaciones)		
2	Un plan de mantenimiento de equipos y el calibrado interno y externo de los equipos de control (termómetros, termógrafo, balanzas, conductivímetros, pH-metro).		
3	El plan de higiene personal y buenas prácticas de manipulación.		
4	Un plan de formación-capacitación.		
5	El plan de limpieza, desinfección y desratización, que incluye los procedimientos documentados para la limpieza y desinfección de equipos.		
6	Un control químico, de forma que los productos químicos de uso no alimentario (productos de limpieza, fertilizantes, plaguicidas, cebos...) deben disponerse en un lugar adecuado para asegurar su diferenciación.		
7	Un programa de desinsectación y desratización.		
8	Control de parámetros físico-químicos y microbiológicos en el agua potable.		
9	Mantenimiento de unas condiciones higiénicas saludables en la recepción, almacenamiento y transporte del agua potable.		

Elaborado por: Galarza Villamil Wily Andrés	**Fecha de elaboración:**	**Revisado por:**

Anexo 12. Formato para el registro de los factores analizados en laboratorio

	UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera de Ingeniería Recursos Naturales y Ambiente *Proyecto de investigación previo a la obtención del título INGENIERO AMBIENTAL*	MANTA Noviembre 2017

ANÁLISIS DE FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS QUE AFECTAN EN LA PRESENCIA DE ESCHERICHIA COLI DENTRO DE LAS TRES ESTACIONES DE ALMACENAMIENTO Y BOMBEO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MANTA

REGISTROS DE LA MEDICIÓN DE FACTORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Nº de la prueba							
Prueba inicial	**X**	1er. repetición		2da. repetición		3er. repetición	

MUESTRA	**FECHA/ HORA**	**TEMPERATURA AMBIENTE / CLIMA**	**TEMPERATURA**	**pH**	**CLORO LIBRE RESIDUAL**	***E. COLI***
Estación Azua						
P.I.-AZ-01						
P.I.-AZ-02						
Estación Colorado						
P.I.-CO-03						
P.I.-CO-04						
Estación Santa Martha						
P.I.-SM-05						
P.I.-SM-06						

Elaborado por: Galarza Villamil Wily Andrés	**Fecha de elaboración:**	**Página Nº** **1/4**

Anexo 13. Formato para la caracterización de los factores analizados

	UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera de Ingeniería Recursos Naturales y Ambiente *Proyecto de investigación previo a la obtención del título INGENIERO AMBIENTAL*	MANTA Noviembre 2017

ANÁLISIS DE FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS QUE AFECTAN EN LA PRESENCIA DE ESCHERICHIA COLI DENTRO DE LAS TRES ESTACIONES DE ALMACENAMIENTO Y BOMBEO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MANTA

REGISTROS DE LA CARACTERIZACIÓN DE FACTORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Nº de la prueba							
Prueba inicial	X	1er. repetición		2da. repetición		3er. repetición	

MUESTRA	**TEMPERATURA**	**LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE**	**OBSERVACIÓN**
P.I.-AZ-01		<5ºC de temperatura ambiente	
P.I.-AZ-02			

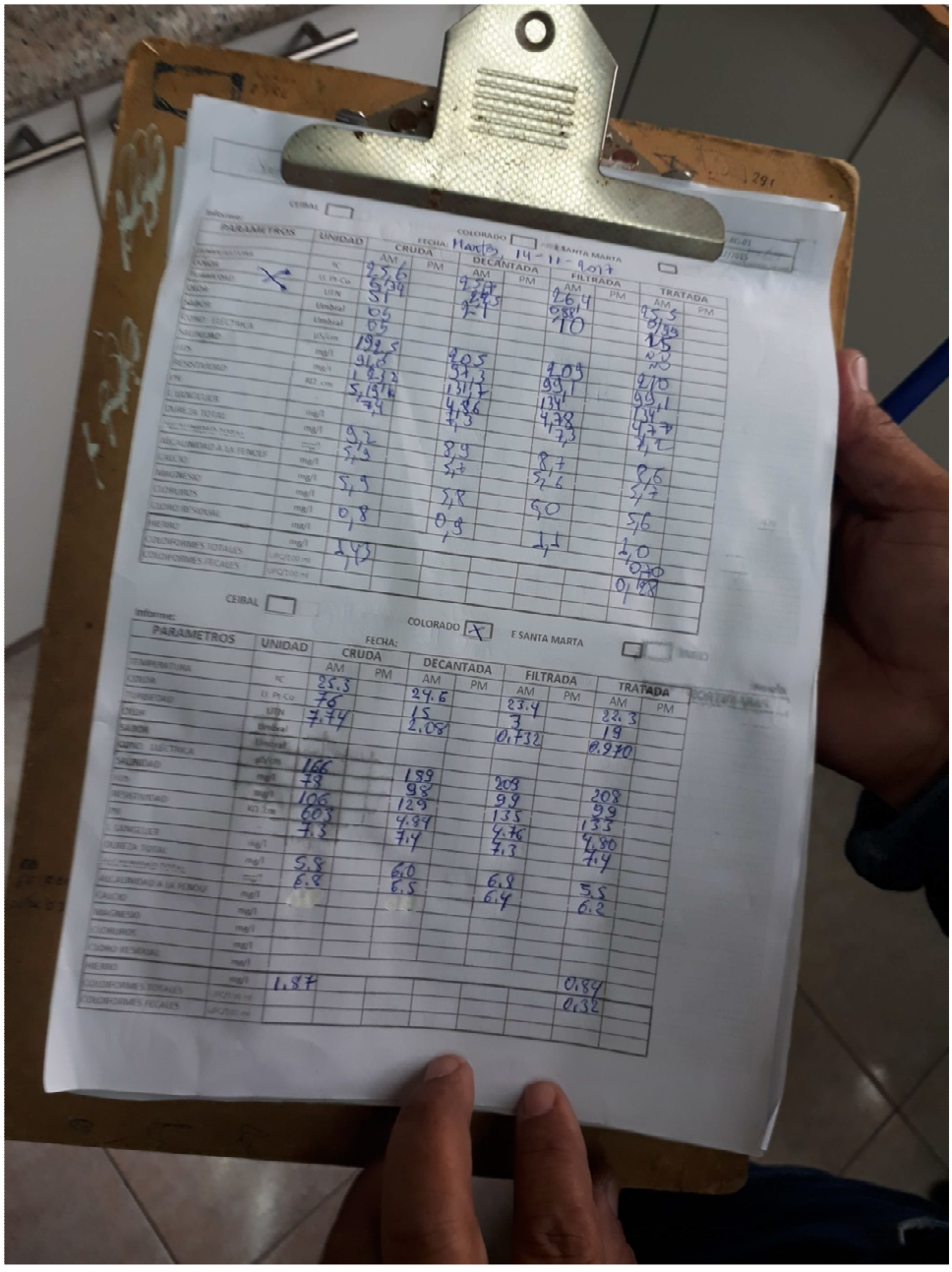
MUESTRA	**pH**	**LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NORMA INEN 1108:2014)**	**OBSERVACIÓN**
P.I.-AZ-01		6.5 – 8.5	
P.I.-AZ-02		6.5 – 8.5	

MUESTRA	**CLORO LIBRE RESIDUAL**	**LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NORMA INEN 1108:2014)**	**OBSERVACIÓN**
P.I.-AZ-01		0.3 a 1.5 mg/l	
P.I.-AZ-02		0.3 a 1.5 mg/l	

MUESTRA	***E. COLI***	**LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NORMA INEN 1108:2014)**	**OBSERVACIÓN**
P.I.-AZ-01		<1,1	
P.I.-AZ-02		<1,1	

Elaborado por: Galarza Villamil Wily Andrés	**Fecha de elaboración:**	**Página Nº** **1/12**

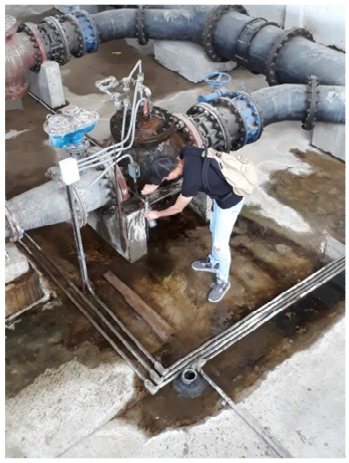
Anexo 14. **Evidencia fotográfica. Formato para el registro del control que se realiza al agua en las estaciones.**



Anexo 15. Evidencia fotográfica. Toma de muestras

Toma de muestras en Estación Santa Martha

Toma de muestras en Estación Azua



Toma de muestras en Estación Colorado

Anexo 16. Evidencia fotográfica. Medición de pH y temperatura

Medición de pH y temperatura mediante equipo multiparámetros

Medición de pH mediante método de tirillas

Anexo 17. Evidencia fotográfica. Medición de niveles de cloro con equipo HACH

Toma de muestras en Estación Santa Martha

Ejemplos de resultados de niveles de cloro en las diferentes estaciones

Anexo 18. Evidencia fotográfica. Medición de niveles de cloro de forma manual con reactivo y comprobador colorimétrico

Procedimiento para la medición del nivel de cloro en el agua mediante comprobador colorimétrico

Preparación de la muestra

Adición del reactivo

Mezclar vigorosamente

Comparar el color en el comprobador

Ejemplos de resultados de niveles de cloro en el agua mediante comprobador colorimétrico

Resultado 0.50 mg/l

Resultado 2.00 mg/l

Anexo 19. Evidencia fotográfica. Entrevista realizada al personal

Anexo 20. **Evidencia fotográfica. Otros equipos utilizados en el laboratorio de la planta procesadora de agua potable en Colorado**

Anexo 21. Resultados de laboratorio CESECCA.- Determinación de E. Coli en muestras