



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**DETERMINACIÓN DE BACTERIAS ENTÉRICAS EN AGUAS DE
CONSUMO DOMÉSTICO EN LA CIUDAD DE MACHALA DESDE MAYO
DEL 2024 HASTA FEBRERO DEL 2025.**

**ROMERO QUEVEDO YULEXY DEL CISNE
BIOQUÍMICA FARMACEUTICA**

**ROMERO VELIZ JENNIFER VANNESA
BIOQUÍMICA FARMACEUTICA**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**DETERMINACIÓN DE BACTERIAS ENTÉRICAS EN AGUAS DE
CONSUMO DOMÉSTICO EN LA CIUDAD DE MACHALA
DESDE MAYO DEL 2024 HASTA FEBRERO DEL 2025.**

**ROMERO QUEVEDO YULEXY DEL CISNE
BIOQUÍMICA FARMACEUTICA**

**ROMERO VELIZ JENNIFER VANNESA
BIOQUÍMICA FARMACEUTICA**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

**DETERMINACIÓN DE BACTERIAS ENTÉRICAS EN AGUAS
DE CONSUMO DOMÉSTICO EN LA CIUDAD DE MACHALA
DESDE MAYO DEL 2024 HASTA FEBRERO DEL 2025.**

**ROMERO QUEVEDO YULEXY DEL CISNE
BIOQUIMICA FARMACEUTICA**

**ROMERO VELIZ JENNIFER VANNESA
BIOQUIMICA FARMACEUTICA**

SILVERIO CALDERON CARMEN ELIZABETH

**MACHALA
2024**

DETERMINACIÓN DE BACTERIAS ENTÉRICAS EN AGUAS DE CONSUMO DOMÉSTICO EN LA CIUDAD DE MACHALA DESDE MAYO DEL 2024 HASTA FEBRERO DEL 2025.



Nombre del documento: 1. TESIS- continuación(6).docx
ID del documento: 96469fa73f7de3ba6a25f36c4081513c8d85bb33
Tamaño del documento original: 13,83 MB
Autores: Yulexy Romero, Jennifer Romero

Depositante: CARMEN ELIZABETH SILVERIO CALDERON
Fecha de depósito: 5/2/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 5/2/2025

Número de palabras: 11.564
Número de caracteres: 78.548

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	dx.doi.org Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano: La realidad en el ... http://dx.doi.org/10.56712/latam.v4i2.690 3 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (160 palabras)
2	dspace.ups.edu.ec Propuesta de Diseño y estudio de un Filtro de Grava para potab... http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22783/1/UPS-GT003804.pdf 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (125 palabras)
3	1library.co NTE INEN 1108 Sexta revisión https://1library.co/document/yr39gev-nte-inen-sexta-revisión.html 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (115 palabras)
4	www.ins.gov.co https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin SIVICAP/2011 Manual toma de muestras agua.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (86 palabras)
5	seimc.org https://seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/bacteriologia/Rshigella.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (59 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	mydokument.com Existen tres tipos de muestra: puntual, compuesta e integrada ... https://mydokument.com/existen-tres-tipos-de-muestra-puntual-compuesta-e-integrada.html	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
2	Documento de otro usuario #a8ee45 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
3	dx.doi.org Calidad del agua potable de la ciudad de Bagua, Amazonas, 2018 http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v3i3.637	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
4	www2.ulpgc.es https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/archivos/file00021199	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
5	doi.org https://doi.org/10.52973/rcfvc-e32112	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119989>
- <https://doi.org/ECUACQS-2021-BF-DE00072>
- <https://doi.org/10.4067/s0718-07642020000400027>
- <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115578>
- <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.687>

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Las que suscriben, ROMERO QUEVEDO YULEXY DEL CISNE y ROMERO VELIZ JENNIFER VANNESA, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado DETERMINACIÓN DE BACTERIAS ENTÉRICAS EN AGUAS DE CONSUMO DOMÉSTICO EN LA CIUDAD DE MACHALA DESDE MAYO DEL 2024 HASTA FEBRERO DEL 2025., otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Las autoras como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



ROMERO QUEVEDO YULEXY DEL CISNE

0750511230



ROMERO VELIZ JENNIFER VANNESA

0107321747

DEDICATORIA

A Dios por estar a nuestro lado, por ser la luz que guía nuestros pasos y por darnos la fortaleza en cada desafío. Su amor incondicional nos ha inspirado a seguir adelante.

A nuestros padres, hermanas y hermanos, por su amor eterno y apoyo inquebrantable. Cada sacrificio que han hecho ha sido un peldaño en nuestro camino, y esta victoria es tanto suya como nuestra.

A nuestros amigos, por ser el refugio de risas y complicidad en los momentos difíciles. Su amistad ha sido un regalo invaluable en esta travesía.

Y a mi novio Adrián Freire, por ser mi compañero de vida y por confiar en mí y apoyarme en esta etapa de mi vida. Tu amor y comprensión han hecho que cada paso valga la pena.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Dra. Carmen Silverio, por su invaluable guía y apoyo a lo largo de este proceso. Su dedicación, paciencia y profunda sabiduría han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Gracias por inspirarnos a superar nuestros límites y por creer en nosotras en cada etapa de esta travesía.

A la Dra. Mireya Vélez, por darnos un espacio en su laboratorio para realizar nuestro trabajo y brindarnos su ayuda y apoyo, le estaremos eternamente agradecidas.

Asimismo, extendemos nuestra gratitud a la Universidad Técnica de Machala, un lugar que ha sido el pilar de nuestra formación académica y personal. Agradecemos las oportunidades de aprendizaje y crecimiento que nos han brindado.

Este logro es el resultado de un esfuerzo conjunto y estamos eternamente agradecidas por contar con un apoyo tan sólido nuestro mi camino.

RESUMEN

La *Escherichia coli* está estrechamente relacionada con la transmisión de enfermedades infecciosas y es un indicador de contaminación fecal reciente. Su presencia resalta la necesidad de implementar medidas adicionales para identificar y mitigar las posibles fuentes de contaminación. **Objetivo:** El presente trabajo tuvo como objetivo: evaluar la calidad de agua de consumo doméstico almacenada en 3 tipos de reservorio mediante técnicas microbiológicas para la disminución del riesgo de enfermedades en la parroquia El Cambio de la ciudad de Machala. **Métodos:** Se realizaron pruebas presuntivas (NMP) y pruebas confirmatorias (siembra para la determinación de este microorganismo). **Conclusión:** Se logró evaluar la calidad de agua de consumo doméstico almacenada en 3 tipos de reservorio y los resultados se compararon con los límites establecidos en la Norma Técnica Ecuatoria 1108. **Resultados:** Los resultados obtenidos de las pruebas microbiológicas realizadas a los diversos tipos de reservorios confirmaron la presencia de *Escherichia coli*, lo que es indicativo de contaminación con heces fecales. Esto es preocupante debido a que afecta a la salud de la población causándoles problemas gastrointestinales.

Palabras claves: Bacterias Entéricas, *Escherichia Coli*, agua, Normativas y estándares de calidad de agua

ABSTRACT

Escherichia coli is closely related to the transmission of infectious diseases and is an indicator of recent fecal contamination. Its presence highlights the need to implement additional measures to identify and mitigate possible sources of contamination. **Objective:** The objective of this study was to evaluate the quality of domestic water stored in three types of reservoirs using microbiological techniques to reduce the risk of disease in the parish of El Cambio in the city of Machala. **Methods:** Presumptive tests (NMP) and confirmatory tests (sowing for the determination of this microorganism) were performed. **Conclusion:** We were able to evaluate the quality of water for domestic consumption stored in 3 types of reservoirs and the results were compared with the limits established in the Equatorial Technical Standard 1108. **Results:** The results obtained from the microbiological tests performed on the various types of reservoirs confirmed the presence of *Escherichia coli*, which is indicative of contamination with feces. This is of concern because it affects the health of the population causing gastrointestinal problems.

Key words: Enteric Bacteria, *Escherichia Coli*, water, water quality norms and standards.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO.....	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
CAPÍTULO I.....	10
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivo General.....	12
1.2.2 Objetivos Específicos.....	12
CAPÍTULO II.....	13
2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.2 Antecedentes.....	13
2.3 Calidad del Agua de Consumo Humano.....	13
2.3.1 Agua Potable.....	14
2.3.2 Agua de Bidón.....	15
2.4 Parámetros fisicoquímicos del agua.....	15
2.4.1 pH.....	15
2.4.2 Temperatura.....	15
2.4.3 Turbiedad.....	16
2.4.4 Cloro Residual Libre.....	16
2.5 <i>Parámetros Microbiológicos del agua</i>	16
2.5.1 Coliformes Fecales.....	16
2.6 Tipos de almacenamiento de agua.....	17
2.6.1 Tanques elevados.....	17
2.6.2 Bidones de agua.....	17
2.6.3 Cisterna.....	17
2.7 Contaminación Hídrica Bacteriana.....	18
2.7.1 Bacterias Entéricas.....	18
2.7.2 Escherichia coli.....	18
2.7.3 Shigella.....	19
2.7.4 Salmonella.....	20

2.7.5	Campylobacter jejuni	20
2.7.6	Legionella pneumophila	21
2.7.7	Pseudomonas aeruginosa	22
2.7.8	Klebsiella spp.....	22
2.7.9	Vibrio cháleme	23
2.8	Generalidades de <i>Escherichia coli</i>	23
2.8.1	Morfología.....	23
2.8.2	Taxonomía.....	24
2.8.3	Hábitat.....	24
2.9	Caracterización	25
2.9.1	Bioquímica.....	25
2.9.2	Enzimática	25
2.9.3	Genética	25
2.10	Patogenia de <i>Escherichia coli</i>	26
2.11	Fisiopatogenia de <i>Escherichia coli</i>	26
2.12	Métodos de detección de bacterias entéricas	27
2.12.1	Cualitativos	27
2.12.2	Cuantitativos.....	27
CAPÍTULO III		28
3.	DISEÑO METODOLÓGICO PRELIMINAR	28
3.2	Tipo de investigación	28
3.3	Enfoque de la investigación	28
3.4	Ubicación de estudio	28
3.5	Muestra de estudio.....	29
3.6	Muestra y muestreo	29
3.5.1	Muestra	29
3.5.2	Procedimiento de recolección de muestra	29
3.5.3	Transporte de la muestra.....	30
3.5.4	Almacenamiento de las muestras para Análisis Microbiológicos.....	30
3.5.5	Métodos de determinación de <i>Escherichia coli</i>	31
3.5.5.1	Preparación de medio de cultivo.....	31
3.5.5.2	Pruebas presuntivas	32
3.5.5.3	Prueba confirmatoria.....	32

3.6	Normativas y estándares de calidad de agua	33
3.7	Materiales y Equipos.....	34
CAPÍTULO IV.....		37
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
CAPÍTULO V.....		45
5.	CONCLUSIONES.....	45
6.	RECOMENDACIONES.....	45
CRONOGRAMA.....		46
BIBLIOGRAFÍA.....		48
ANEXOS		56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de Escherichia coli.....	24
Tabla 2. Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano.....	33
Tabla 3. Requisitos Microbiológicos del agua para consumo humano.	33
Tabla 4. Rango de pH del agua para consumo humano.	34
Tabla 5. Análisis Fisicoquímico del agua de llave.....	38
Tabla 6. Análisis Fisicoquímico del agua de llave de la red pública.	38
Tabla 7. Análisis Fisicoquímico del agua de llave de cisterna.	39
Tabla 8. Análisis Fisicoquímico del agua de bidón	40
Tabla 9. Análisis Fisicoquímico del agua de cisterna.	41
Tabla 10. Análisis Microbiológicos del agua recolectada en 3 tipos de reservorios.	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista satelital de lugar de muestreo.....	56
Figura 2. Vista satelital de pozo de captación de El Cambio.....	56
Figura 3. Entrevista a la población de estudio.....	57
Figura 4. Recolección de muestras de bidón de agua.....	57
Figura 5. Recolección de muestra de agua de llave.....	58
Figura 6. Recolección de muestra de agua de cisterna.....	58
Figura 7. Preparación de caldo lactosado. a) dilución b) esterilizado.....	59
Figura 8. Dispensación de diluciones de 1/10, 1/100, 1/1000.....	59
Figura 9. Resultado de disoluciones después de 24 horas. a) Positivo: Se observa gas en la campana de Durham, coloración opaca y sedimentos. b) Negativo: Ausencia de gas, coloración clara y sin sedimentos.....	60
Figura 10. Preparación de Agar EC.....	60
Figura 11. Siembra en placas Petri con Agar EC por estría cruzada.....	61
Figura 12. Resultados de siembra de Escherichia coli en placa Petri. a) Negativo: ausencia de crecimiento bacteriano b) Positivo: Se observa crecimiento de colonias bacterianas.....	61
Figura 13. Recuento de colonias de Escherichia Coli en placa.....	62
Figura 14. Pruebas bioquímicas. a) Prueba catalasa: positivo b) Prueba oxidasa: negativa c) Citrato: negativo d) LIA: decarboxilación de lisina: positiva, SH2: negativo e) Movilidad: positivo f) TSI: Pico ácido(A/A+-).....	62
Figura 15. Morfología colonial de Escherichia coli.....	63
Figura 16. Morfología de la Escherichia coli mediante tinción de Gram. (Bacilar).....	63

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un líquido fundamental en la vida de las personas, por lo tanto, la calidad de este influye de manera considerable en la salud de la población. El acceso del agua segura es una preocupación continua para los habitantes de las distintas regiones del Ecuador y la ciudad de Machala es una de ellas lo que hace que monitorear y mejorar los sistemas de tratamiento de distribución del agua sea una necesidad (Aroca & Toapanta, 2023).

La contaminación hídrica por bacterias entéricas es más común en la actualidad, en septiembre del año 2023, de acuerdo con los datos recolectados en la Encuesta Nacional Sobre Desnutrición Infantil (ENDI) se detalla que el 57,9% de los hogares consumen agua que proviene de la red pública. De estos, el 16,8% reciben agua contaminada con *Escherichia coli* (ENDI, 2023). En marzo del año 2024 la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (Arcsa) confirmó siete casos de agua embotellada contaminada con *Escherichia coli*. (Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria, 2024).

En Machala, aproximadamente el 83.85% de la población cuenta con acceso a agua potable a través de la red de distribución, mientras que el 16.15% restante se abastece de fuentes alternativas. En la provincia de El Oro, se han realizado evaluaciones de la calidad del agua destinada para uso doméstico en varias ciudades, incluyendo Machala, Santo Rosa, El Guabo, Pasaje, Arenillas y Huaquillas. Los resultados de estas pruebas han mostrado niveles superiores a los permitidos en cuanto a los parámetros de cloro y coliformes fecales, incumpliendo así con la normativa establecida (NTE INEN 1108:2014-01).

Las bacterias del Género *Escherichia coli* son las más representativas causantes de provocar infección de vías urinarias y problemas gastrointestinales con frecuencia se

pueden encontrar en alimentos como carnes, agua, leche y en vegetales que han sido contaminados con heces de animales infectados.

La presente investigación se centra en la determinación de *Escherichia coli* en el agua de consumo doméstico, nuestro objetivo principal es evaluar la calidad de agua almacenada en 3 tipos de reservorio mediante técnicas microbiológicas para la disminución del riesgo de enfermedades de los habitantes de la parroquia El Cambio de la ciudad de Machala contribuyendo a que la población tome medidas preventivas al momento de consumir el agua.

Para alcanzar dicho objetivo se realizó un muestreo de manera aleatoria en puntos estratégicos en la Parroquia el Cambio específicamente en el Barrio Simón Bolívar, donde las muestras recolectadas fueron analizadas mediante pruebas microbiológicas por triplicado de cada tipo de reservorio de esta manera con los resultados obtenidos se compara con la Norma Técnica Ecuatoriana 1108 y determinar si se están cumpliendo con los parámetros establecidos.

Las muestras recolectadas se sometieron a un proceso de neutralización de cloro con ayuda del Tiosulfato de Sodio, para llevar a cabo las pruebas fisicoquímicas tomando como parámetros a evaluar el pH, Cloro residual y turbidez una vez terminadas estas pruebas se realizó la fase presuntiva utilizando la técnica estandarizada del NMP (Número Más Probable) para de manera preliminar detectar la *Escherichia coli*. La prueba confirmatoria se llevó a cabo con los tubos positivos, resultado de la fase presuntiva, donde los tubos positivos se sembraron en las cajas Petri que contenían Agar EC de esta manera se observó la presencia o ausencia de colonias de *Escherichia coli* (OMS, 2019).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la calidad de agua de consumo doméstico almacenada en 3 tipos de reservorio mediante técnicas microbiológicas para la disminución del riesgo de enfermedades en la parroquia El Cambio de la ciudad de Machala

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar *Escherichia coli* en muestras de agua almacenada para uso doméstico.
- Comparar los resultados obtenidos de la detección y cuantificación de *Escherichia coli* presentes en el agua de consumo humano con las Normas Nacionales e Internacionales de la calidad de agua.
- Evaluar los parámetros físicos y químicos del agua de pozo en 3 tipos de reservorios y su relación con el desarrollo bacteriano mediante técnicas microbiológicas estandarizadas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.2 Antecedentes

La importancia de la calidad del agua potable en el ámbito de la salud pública es destacada debido a su influencia directa en el bienestar de las personas. Las bacterias entéricas, son uno de los contaminantes más inquietantes y pueden plantear un riesgo significativo para la salud humana (Ministerio de Salud Pública, 2021).

Según el estudio de (Gonzaga et al., 2017) la calidad del agua de abastecimiento en Machala es un tema preocupante, ya que existe una carencia de una estructura regulatoria que asegure un consumo sano y legalmente respaldado. Esto puede tener un impacto negativo en la salud de los habitantes.

En estudios previos realizados en diversas regiones, se ha demostrado que la presencia de bacterias entéricas está asociada con un mayor riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, como gastroenteritis, hepatitis A y fiebre tifoidea, entre otras. Estas enfermedades pueden tener consecuencias graves, especialmente en poblaciones vulnerables como niños, ancianos y personas inmunocomprometidas (Ministerio de Salud Pública, 2021).

En septiembre del 2022 la Subsecretaría Nacional de Vigilancia de la Salud Pública de Ecuador, detalló la situación epidemiológica de enfermedades transmitidas por agua y alimentos contaminados por bacterias entéricas en el país. Se reportaron 140 casos de fiebre tifoidea y paratifoidea causadas por *Salmonella*, así como 115 casos de *Hepatitis A*. Ambas enfermedades reflejan patrones de transmisión fecal-oral y de mayor prevalencia en adultos jóvenes, resaltan la necesidad de medidas preventivas y de salud pública para controlar su propagación en la población ecuatoriana (Ministerio de Salud Pública, 2022).

2.3 Calidad del Agua de Consumo Humano

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha definido el agua para consumo humano como aquella “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual,

incluida la higiene personal”, esta definición implica que el agua debe ser segura no solo para beber, sino también para usos domésticos habituales e higiene personal, asegurando que su utilización no represente riesgos de enfermedades para los consumidores (SEGOB, 2020).

En los países en desarrollo con carencias en el suministro de agua y saneamiento, las enfermedades comunes las provocan bacterias, virus, protozoos y helmintos, lo que provoca que varían desde gastroenteritis leves hasta enfermedades graves y potencialmente mortales epidémicos (Ministerio de Salud pública, 2019).

Sin embargo, la calidad del agua por sí sola no es suficiente para garantizar beneficios para la salud humana. Además de las responsabilidades de los proveedores de agua, los consumidores deben tener conocimientos sobre el uso adecuado del agua, la nutrición, la higiene alimentaria y la correcta gestión de desechos (Ministerio de Salud pública, 2019).

Una vez que el agua de calidad adecuada para el consumo humano ingresa al sistema de distribución, existe el riesgo de que se deteriore antes de llegar a los consumidores. Durante el proceso de distribución, la contaminación del agua puede ocurrir debido a conexiones cruzadas, retroceso de agua, tuberías dañadas, grifos contra incendios, conexiones domiciliarias defectuosas, así como cisternas y reservorios en mal estado. Asimismo, la contaminación puede surgir durante la instalación de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las debidas medidas de seguridad. Otro factor crucial de recontaminación, especialmente en áreas con escasez de agua, es la interrupción del suministro debido a la rotación del servicio entre distintas áreas de abastecimiento para satisfacer la demanda de agua (García, 2019).

2.3.1 *Agua Potable.*

El agua potable se caracteriza por ser aquella que es adecuada para el consumo humano y no representa un riesgo para la salud. Esto implica que puede ser consumida sin causar efectos adversos en el organismo. Para que el agua sea considerada potable, debe cumplir

con ciertos estándares de calidad que abarcan aspectos estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos y microbiológicos, los cuales están establecidos por regulaciones específicas en cada país (Moretti-Villegas & Valiente-Saldaña, 2023).

2.3.2 Agua de Bidón.

Las aguas de bidón son un tipo de agua envasada que se almacena en grandes recipientes, compuestos de policarbonato, con capacidades que suelen oscilar entre 12 y 20 litros. Estos bidones se utilizan principalmente en entornos como oficinas y hogares, donde se requiere un suministro constante de agua potable. Las aguas de bidón se caracterizan por su origen, que generalmente provienen de fuentes subterráneas o manantiales, lo que les otorga propiedades minerales naturales. Antes de ser envasadas, estas aguas pasan por rigurosos procesos de purificación y desinfección para eliminar impurezas y microorganismos, asegurando su seguridad para el consumo (Geerts et al., 2020).

2.4 Parámetros fisicoquímicos del agua

2.4.1 pH.

El pH es un indicador que evalúa la cantidad de iones hidronio presentes en el agua, este parámetro se evalúa mediante un pHmetro, dicho equipo está compuesto por un electrodo de vidrio que produce una corriente eléctrica proporcional a la concentración de protones en la solución (Asociación de Químicos de Andalucía, 2023).

El pH se mide en una escala de 0 a 14 adimensional, siendo 7 el punto neutro. Un pH inferior a 7 se considera ácido, mientras que un pH superior a 7 se considera alcalino o básico. El pH óptimo del agua para el consumo humano puede variar entre el 6.5 y el 9.5 (Asociación de Químicos de Andalucía, 2023).

2.4.2 Temperatura.

La temperatura es una medida de la cantidad de energía térmica que posee un objeto o sustancia. En el caso del agua, la temperatura es un parámetro importante que afecta

diversos procesos físicos, químicos y biológicos. Su extenso rango de temperatura, que va de 0 a 100 grados Celsius en su estado líquido (Espinoza et al., 2022).

2.4.3 Turbiedad.

La turbiedad es una medida de la claridad del agua, indica la transparencia o claridad producida en el agua por la materia particulada en suspensión. El aumento en la turbidez suele ser ocasionado principalmente por actividades como la construcción de obras de ingeniería, la agricultura intensiva y la deforestación cercana a las zonas de abastecimiento (Baeza, 2024).

Según la OMS, la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU (Unidad de Turbidez Nefelometría por su sigla en inglés), y estará idealmente por debajo de 1 NTU (Baeza, 2024).

2.4.4 Cloro Residual Libre.

El cloro residual libre es la cantidad de cloro disponible en el agua después de un proceso de desinfección. El monitoreo del cloro residual brinda un rápido indicador de los problemas que afectarán la medición de los parámetros microbiológicos. Una desaparición repentina del cloro residual por lo demás estable puede indicar el ingreso de contaminación (World Health Organization, 2017).

Por el contrario, las dificultades para mantener las concentraciones residuales en puntos de un sistema de distribución o su desaparición gradual indican que haya una elevada demanda de oxidantes en el agua o las tuberías por la proliferación de bacterias (World Health Organization, 2017).

2.5 Parámetros Microbiológicos del agua.

Los parámetros microbiológicos del agua son los indicadores que se emplean para evaluar la existencia y cantidad de microorganismos, como bacterias y parásitos, presentes en el agua (United States Environmental Protection Agency, 2023).

2.5.1 Coliformes Fecales.

Los coliformes fecales son un grupo de bacterias que se utilizan como indicadores de contaminación fecal en el agua. Los microorganismos patógenos presentes en las heces, causantes de enfermedades, pueden generar síntomas como diarrea, cólicos, náuseas, dolores de cabeza y otros malestares (United States Environmental Protection Agency, 2023).

Estos agentes patógenos representan un riesgo significativo para la salud, especialmente para bebés, niños y personas con sistemas inmunológicos debilitados. La presencia de coliformes fecales en un cuerpo de agua es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas servidas u otro tipo de desecho en descomposición (United States Environmental Protection Agency, 2023).

2.6 Tipos de almacenamiento de agua

2.6.1 Tanques elevados.

Los tanques elevados son estructuras hidráulicas diseñadas para almacenar y distribuir agua mediante la gravedad, lo que reduce la necesidad de bombeo y el consumo de energía eléctrica, estos se colocan a una altura considerable para aprovechar la gravedad en la distribución del agua. Son comunes en sistemas de abastecimiento de agua en comunidades y permiten un suministro constante de agua a presión (Venegas-Vásconez et al., 2024).

2.6.2 Bidones de agua.

Este tipo de aguas se encuentran dentro de un envase grande de plástico lo que representa un enorme problema para el medio ambiente a nivel mundial debido a que muchas de las personas consideran al agua del grifo no es apta para consumo. Son muy utilizados en hogares y oficinas, especialmente en dispensadores de agua (Geerts et al., 2020).

2.6.3 Cisterna.

Se refiere al agua almacenada en depósitos que se llena con agua procedente de una fuente externa, ya sea de lluvia o de pozo, etc. En muchos países es común almacenar

agua potable o no potable, los pueblos de escasos recursos o por problemas de sequía lo realizan (Rao et al., 2022).

2.7 Contaminación Hídrica Bacteriana

2.7.1 Bacterias Entéricas.

Las bacterias entéricas o enterobacterias son microorganismos que habitan, generalmente, en el intestino de los animales y las personas y pueden causar enfermedades en algunos casos. Las enterobacterias más importantes que suelen provocar enfermedades pertenecen al género *Salmonella*, *Escherichia* y a las bacterias del género *Shigella* y *Yersinia* (Lipari et al., 2020).

Expresado de manera microbiológica las bacterias entéricas no presentan esporas, con respecto a su prevalencia en ciertas aguas se debe principalmente al mal mantenimiento de la planta de agua potable, a su vez influyen las tuberías que se encuentran en mal estado siendo así una fuente principal de contaminación para la población ya que las mismas no toman las medidas de precaución correspondientes para evitar daños futuros en su salud (Aroca & Toapanta, 2023).

Las enterobacterias se transmiten principalmente por contacto directo con la piel y las mucosas de la persona afectada, sus fluidos corporales (como heces y orina), o a través de heridas contaminadas. También pueden transmitirse de manera indirecta, mediante objetos, materiales y superficies ambientales contaminadas que hayan estado en contacto reciente con la persona infectada (Pintos et al., 2020).

2.7.2 Escherichia coli.

Escherichia coli es un grupo de bacterias gramnegativas que se desarrolla en ausencia de oxígeno y pertenece a la familia Enterobacteriaceae. Se encuentra regularmente en la flora bacteriana intestinal de los seres humanos y animales (Fernández, 2021).

Estos bacilos cortos gramnegativos pueden ser anaerobios o aerobios facultativos, presentan una forma de bastoncillo y tienen su hábitat natural en el intestino humano y de

animales. Algunas cepas de *Escherichia coli* pueden provocar enteritis o gastroenteritis a través de cuatro mecanismos diferentes, los cuales resultan en la manifestación de cuatro síndromes clínicos distintos (Lopardo et al., 2019).

- Las cepas enterotoxigénicas
- Las cepas entero-patogénicas
- Las cepas entero-invasivas
- La colitis hemorrágica (Lopardo et al., 2019)

La sensibilidad de *Escherichia coli* a temperaturas superiores a 70 °C resalta la importancia de la pasteurización en alimentos como la leche y los jugos, ya que garantiza la eliminación de esta bacteria. Además de la temperatura, el pH y la actividad del agua son factores que pueden influir en la proliferación de *Escherichia coli*. Las condiciones óptimas para su desarrollo son un pH de 7,2 y una actividad de agua de 0,99. El crecimiento de *Escherichia coli* se detiene en pH extremos (inferiores a 3,8 o superiores a 9,5) y en valores de actividad de agua inferiores a 0,94. Por lo tanto, el nivel de acidez de un alimento puede actuar como un factor de protección que garantiza su seguridad (Chacon, 2023).

2.7.3 *Shigella*.

El género *Shigella*, perteneciente a la familia Enterobacteriaceae, está compuesto por cuatro especies: *Shigella sonnei*, *Shigella flexneri*, *Shigella boydii* y *Shigella dysenteriae*. Todas estas especies tienen capacidad patógena y causan enteritis invasiva, caracterizada por dolor abdominal cólico, diarrea y fiebre. La afectación en el colon conduce a una intensa reacción inflamatoria con moco y pus, lo que puede resultar en la formación de úlceras sangrantes. Esto da lugar a deposiciones de pequeño volumen que pueden contener moco y sangre, creando el cuadro clínico conocido como disentería bacilar. Se destaca que *Shigella dysenteriae* es la especie que tiende a producir cuadros clínicos más graves (Padilla & Vázquez, 2023).

Las *Shigellas* tienen como único reservorio al ser humano y su dosis infectante mínima es pequeña, lo que facilita su transmisión no solo a través de los alimentos, sino también por agua contaminada y contacto directo, especialmente en entornos como guarderías. No obstante, al igual que otros microorganismos de transmisión fecal-oral con reservorio único humano, como la *Shigella* y *Salmonella bioser Typhi*, pueden ser erradicados con medidas de higiene personal y ambiental (Padilla & Vázquez, 2023).

2.7.4 *Salmonella*.

El género *Salmonella*, que pertenece a la familia Enterobacteriaceae, está compuesto por bacilos gramnegativos móviles que generalmente no fermentan la lactosa, aunque la mayoría de las especies producen sulfuro de hidrógeno o gas a través de la fermentación de carbohidratos. Inicialmente, se clasificaban en más de 2000 especies (serotipos) según sus antígenos somáticos (O) y flagelares (H) siguiendo el esquema de Kauffman-White (Jaimes-Bernal et al., 2022).

En la actualidad, se considera que existen dos especies principales: *Salmonella entérica* y *Salmonella bongori*. Otras especies que anteriormente se consideraban como especies separadas, como *Salmonella typhi* y *Salmonella paratyphi*, ahora se clasifican como serotipos dentro de la especie *Salmonella entérica* (Loredana & Loan, 2021).

El género *Salmonella* tiene un impacto significativo en la salud humana, produciendo diversas manifestaciones clínicas. Las salmonelosis suelen presentarse de cuatro formas: gastroenteritis (que varía desde diarrea leve hasta diarrea grave, acompañada de náuseas y vómitos), bacteriemia o septicemia (caracterizadas por fiebre alta y hemocultivos positivos), fiebre tifoidea o paratifoidea (con fiebre y diarrea o sin ella) y la condición de portadores en individuos previamente infectados (Loredana & Loan, 2021).

2.7.5 *Campylobacter jejuni*.

Los microorganismos del género *Campylobacter* son bacilos espirales y curvados gramnegativos, microaerófilos (requieren menos oxígeno) y capnófilos (requieren más

dióxido de carbono), y con un flagelo polar único sin vaina. Son una de las causas más importantes de gastroenteritis aguda en todo el mundo (Organización Mundial de la Salud, 2020).

Campylobacter jejuni es una de las principales causas mundiales de enfermedad diarreica y se considera la causa bacteriana más común de gastroenteritis en todo el mundo. Aunque las infecciones por *Campylobacter* generalmente son leves, pueden resultar mortales en niños muy pequeños, personas de edad avanzada e individuos inmunodeprimidos (Organización Mundial de la Salud, 2020).

La mortalidad por campilobacteriosis es poco común y generalmente se observa en pacientes muy jóvenes, de edad avanzada, o en aquellos con enfermedades graves preexistentes como el VIH/SIDA (Organización Mundial de la Salud, 2020).

Se cree que la vía principal de transmisión son los alimentos, a través de la carne y los productos cárnicos poco cocidos, así como la leche sin hervir o contaminada. El agua o el hielo contaminados son también una fuente de infección. Algunos casos ocurren tras el contacto con agua contaminada durante actividades recreativas (Organización Mundial de la Salud, 2020).

2.7.6 *Legionella pneumophila*.

Es una bacteria la cual puede provocar neumonía severa y se la encuentra en el medio ambiente acuático natural como el artificial, como unas de las características que posee la bacteria. *Legionella pneumophila* es que son de tamaño pequeño, Gram negativo, bacilos aeróbicos que no contienen capsulas, ni esporas pero que si poseen enzimas oxidasa y catalasa (Talapko et al., 2022).

La presencia de los protozoos influye en el crecimiento y también en su propagación, donde se ha observado mayor presencia de dicha bacteria ha sido en aguas cuyas temperaturas oscilan de 30 a 40 °C. Considera a su vez la responsable de provocar neumonía adquirida, referente a su tasa de mortalidad se encuentra entre 7% y 25% (Talapko et al., 2022).

La transmisión no solo se da por agua contaminada, sino también a través de la inhalación de aerosoles por esa razón es necesario conocer las medidas preventivas que se deben tomar para así evitar daños en la salud. (Donohue et al., 2023)

2.7.7 *Pseudomonas aeruginosa*.

Es una bacteria patógena oportunista, Gram negativa que normalmente causa infecciones nosocomiales, un claro ejemplo es la neumonía, las bacterias pueden llegar a ser desde agudas a graves, dicha bacteria tiene diferentes mecanismos de virulencia que hace que aumente la capacidad de ocasionar infecciones graves al ser humano (Reynolds & Kollef, 2021).

La *Pseudomonas aeruginosa* tiene una alta tasa tanto de morbilidad como de mortalidad lo que indica que la bacteria es una de las más peligrosa y difíciles de tratar ya que su resistencia intrínseca es elevada a varios antibióticos (Wood et al., 2023).

2.7.8 *Klebsiella spp.*

El género *Klebsiella* abarca varias especies, como *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Klebsiella planticola* y *Klebsiella terrigena*. Una característica distintiva de *Klebsiella spp* es la presencia de una cápsula de polisacáridos en su capa externa, lo que la diferencia de otros miembros de la familia. Entre el 60 y el 80% de los microorganismos del género *Klebsiella* aislados en muestras clínicas y de heces son *K. pneumoniae*, los cuales suelen dar positivo en la prueba de coliformes termotolerantes. *Klebsiella oxytoca* también se ha identificado como un microorganismo patógeno (Yang et al., 2022).

Las personas con sistemas inmunitarios debilitados, como ancianos, niños muy pequeños, pacientes con quemaduras extensas, aquellos bajo tratamientos inmunodepresores o infectados con el VIH/SIDA, corren un mayor riesgo de infección (Yang et al., 2022).

Estos microorganismos están presentes de manera natural en ambientes acuáticos, especialmente en aguas ricas en nutrientes, como las de fábricas de papel, plantas textiles y el procesamiento de caña de azúcar. Pueden proliferar en sistemas de distribución de

agua y colonizar grifos. Además, se encuentran en las heces de personas y animales sanos y son fácilmente detectables en aguas contaminadas por desechos (Yang et al., 2022).

2.7.9 *Vibrio cháleme*.

Bacteria Gram negativa, aerobia facultativa que tiene como característica presentar flagelos, en forma de coma, responsable de la enfermedad del colera, provocando así síntomas como diarrea que si no son tratadas rápidamente pueden ocasionar la muerte. La pared celular de la bacteria *Vibrio cháleme* es delgada con una composición de pepidoglicano entre dos membranas fosfolipídicas (Motta et al., 2020).

Su habitat son entornos acuáticos contaminados especialmente los estanques, agua no tratada o lagos en temperaturas $>15^{\circ}\text{C}$, la transmisión de persona no es casi frecuente. No todas las personas pueden llegar a presentar sintomatologías y dentro del tratamiento para disminuir esa sintomatología es la rehidratación (Motta et al., 2020).

2.8 Generalidades de *Escherichia coli*.

2.8.1 *Morfología*.

La *Escherichia coli*, comúnmente conocida como *E coli*, es una bacteria bacilo gramnegativo y no esporulado. Se trata de un organismo anaerobio facultativo, lo que significa que puede sobrevivir tanto en ambientes con oxígeno como sin él. Este bacilo es caracterizado por su forma corta y delgada, con dimensiones que oscilan entre 2-6 μm de longitud y 0,4-0,7 μm de diámetro. Su capacidad de movilidad se debe a la presencia de flagelos peritricos que rodean su cuerpo, permitiéndole desplazarse con relativa facilidad (Fernández, 2020).

A pesar de su movilidad, la *Escherichia coli* no forma esporas, lo que la distingue de otras bacterias. *Escherichia coli*, como otras bacterias Gram negativas, está compuesta por tres capas estructurales distintas:

- *Membrana citoplasmática*
- *Membrana externa*

- *Espacio periplásmico formado por peptidoglucano* (Fernández, 2020)

Escherichia coli se puede aislar e identificar a partir de muestras cultivándola en medios selectivos como agar MacConkey y agar eosina azul de metileno (EMB). En un frotis teñido con Gram, *Escherichia coli* se observa como bacilos gramnegativos, y presenta características bioquímicas como fermentación de glucosa y lactosa y reducción de nitratos a nitritos (Fernández, 2020).

2.8.2 Taxonomía.

Escherichia coli es la especie más conocida del género *Escherichia*, el cual pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*. Es un miembro de la microbiota intestinal normal de los seres humanos y animales de sangre caliente

Tabla 1. Taxonomía de *Escherichia coli*.

Jerarquía	Taxonomía
Dominio	Bacteria
Filo	Proteobacteria
Clase	Gammaproteobacteria
Orden	Enterobacterales
Familia	Enterobacteriaceae
Género	<i>Escherichia</i>
Especie	<i>Escherichia coli</i>

Fuente: Huerta 2020

2.8.3 Hábitat.

La *Escherichia coli* es una bacteria ubiqa, es decir, se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza. Su principal reservorio es el tracto intestinal de los seres humanos y de los animales de sangre caliente, donde forma parte del microbiota intestinal normal (Petersen & Hubbart, 2020).

También puede encontrarse en el suelo, el agua y otros ambientes, debido a la contaminación fecal. Su capacidad de sobrevivir y replicarse en estos entornos la convierte en un indicador de contaminación fecal en análisis microbiológicos de calidad ambiental. (Petersen & Hubbart, 2020).

2.9 Caracterización

2.9.1 Bioquímica.

Escherichia coli son bacterias Gram negativas ya que poseen una membrana externa que les confiere dicha característica, no crea esporas resistentes (Cabrera-González et al., 2022).

- Fermentación (glucosa, adonitol, lactosa, arabinosa, sorbitol, dulcitol)
- Producción (gas, ácido sulfhídrico (H₂S), indol, producción de acetoina/Voges-Proskauer)
- Descarboxilación (lisina, ornitina)
- Desaminación(fenilalanina)
- Citrato para identificar bacterias entéricas, además otro tipo de bacterias negativas (Cabrera-González et al., 2022).

2.9.2 Enzimática.

Las siguientes pruebas se encargan de determinar la actividad enzimática de las bacterias:

- Actividad de β -galactosidasa: Al dar positivo permite la fermentación de lactosa.
- Producción de indol (triptofanasa): Resultado positivo e indicativo que hubo degradación del triptófano a indol.
- Actividad de ureasa: Resultado negativo indica que no hidroliza urea.
- Actividad de lisina descarboxilasa: Resultado positivo, metaboliza lisina.
- Actividad de ornitina descarboxilasa: Normalmente en la mayoría de las cepas da un resultado positivo (Cabrera-González et al., 2022).

2.9.3 Genética.

Posee un genoma circular, elementos genéticos móviles un ejemplo son los plásmidos, profagos y transposones y profagos. Considerada como una célula diploide esto quiere decir que posee dos copias de cada cromosoma, su replicación es bidireccional (origen único y avanza ambas direcciones). Tiene un elevado grado de variabilidad genética esto

se debe a la recombinación homóloga y su transferencia horizontal con los genes (Jiao et al., 2024).

2.10 Patogenia de *Escherichia coli*.

Las manifestaciones infecciosas causadas por *Escherichia coli* varían según el lugar de la infección y no pueden distinguirse únicamente por los síntomas o signos de los procesos ocasionados por otras bacterias (Kaper et al., 2004).

- a. *Escherichia coli* es la causa más común de infección de vías urinarias, constituye cerca del 90% en mujeres jóvenes.
- b. *Escherichia coli* enterotoxígena es causante de la diarrea del viajero que puede ocurrir por diversos mecanismos.
- c. *Escherichia coli* puede llegar a la sangre y producir sepsis cuando son insuficientes las defensas del huésped.
- d. *Escherichia coli* es una de las 34 causas principales de meningitis en los lactantes produce cerca del 40 % de los casos de meningitis en neonatales (Kaper et al., 2004).

2.11 Fisiopatogenia de *Escherichia coli*.

Escherichia coli es una bacteria que normalmente forma parte del microbiota intestinal de los seres humanos y animales sanos. Sin embargo, algunas cepas patógenas de *Escherichia coli* han adquirido factores de virulencia que les permiten causar enfermedades graves. Las cepas patógenas de *Escherichia coli* tienen estructuras en su superficie que les permiten adherirse a las células del tracto gastrointestinal. Esto es crucial para establecer la infección (Romeu et al., 2021).

Estas cepas patógenas pueden producir toxinas, como la toxina Shiga, que dañan el revestimiento del intestino delgado. Esto provoca síntomas como diarrea, a veces con sangre, calambres abdominales, náuseas y vómitos (Romeu et al., 2021).

Invasión: Algunas cepas de *Escherichia coli* patógenas también pueden adherirse a las células intestinales y alterar su función, lo que contribuye a la diarrea. Además, pueden invadir el epitelio intestinal y diseminarse a través del torrente sanguíneo, causando complicaciones como el síndrome urémico hemolítico, una enfermedad potencialmente mortal que afecta a los riñones (Romeu et al., 2021).

Los factores de riesgo incluyen la edad (niños pequeños y ancianos), un sistema inmunitario debilitado y la exposición a alimentos o agua contaminados, como carne molida poco cocida, leche cruda o vegetales crudos. La prevención se basa en medidas de higiene y cocción adecuada de los alimentos (Romeu et al., 2021).

2.12 Métodos de detección de bacterias entéricas

2.12.1 Cualitativos.

Es una técnica que se la utiliza para observar la morfología, propiedades bioquímicas, metabolismo y así detectar la presencia de varias bacterias y distinguirlas según lo antes mencionado (Hoyos et al., 2018).

2.12.2 Cuantitativos.

Hace referencia al procedimiento que se utiliza para realizar el respectivo conteo de las colonias que son sembradas previamente en una caja Petri donde se encuentran un sin número de bacterias dependiendo el medio que se haya utilizado para sembrar. Este tipo de métodos permiten realizar un conteo preciso lo que lo hace importante ya que por medio de este se puede comprobar que la calidad del agua se encuentre en buenas condiciones (Fontalvo et al., 2020).

CAPÍTULO III

3. DISEÑO METODOLÓGICO PRELIMINAR

3.2 Tipo de investigación

El presente trabajo es una investigación de tipo descriptivo, se realizó una recopilación de información con diseño de estudio transversal ya que se determinó una sola vez la presencia o ausencia de *Escherichia coli* en aguas que consume la población de la parroquia el Cambio, por lo tanto, se trabajó con tamaños de muestras representativos de la población con el fin de concientizar y disminuir el riesgo de enfermedades que provoca dicha bacteria.

3.3 Enfoque de la investigación

El enfoque del trabajo fue mixto ya que nuestra investigación en la parte práctica se enfocó en determinar *Escherichia coli* tanto por el método cualitativo como cuantitativo, debido a que la parte cuantitativa permitió tener datos precisos y así poder identificar patrones de incidencia y mediante el método cualitativo se observaron las diversas características que poseen las bacterias de esta manera se obtuvo una mejor visión de su comportamiento y presencia.

3.4 Ubicación de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en La parroquia El Cambio de la ciudad de Machala, específicamente en el barrio Simón Bolívar que cuenta con un número de 22 viviendas. Se escogió el barrio Simón Bolívar debido a que algunas tuberías del lugar visualmente no se encuentran en buen estado. Otro motivo, es que en ciertas partes de los alrededores se visualizó por medio de una visita de campo que existen viviendas que utilizan cisternas que si no se les da una correcta cloración pueden convertirse en un hábitat ideal para que proliferen bacterias patógenas.

3.5 Muestra de estudio

La muestra de estudio fue el agua almacenada en tres tipos de reservorio que era utilizada para uso doméstico del Barrio Simón Bolívar perteneciente a la Parroquia el Cambio de la ciudad de Machala

3.6 Muestra y muestreo

3.5.1 Muestra.

Para su desarrollo se establecieron 3 reservorios para recolectar las muestras a analizar, las cuales fueron: agua de bidón, de cisterna y de llave para la determinación de *Escherichia coli*. Para el cálculo del tamaño de la muestra se aplicó la fórmula respectiva dado como resultado que el tamaño de muestra será de 22 de las 44 viviendas que hay en el barrio Simón Bolívar.

3.5.2 Procedimiento de recolección de muestra.

Para la recolección de muestra de agua se lo hizo en envases de recolección que deben estar estériles para garantizar que el resultado a obtener sea confiable, la misma debe ser de manera aleatoria. De acuerdo con el Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua (Instituto Nacional de Salud de Colombia, 2011) señala que el proceso de recolección de muestra es el siguiente:

- Se utilizará equipo de protección personal como guantes de nitrilo, cofia, bata y mascarilla
- Recolectar un volumen adecuado de agua (generalmente 100-150 ml) en recipientes estériles.
- Para la recolección de muestra de cisternas se procede a sumergir el envase a una profundidad de 15-30 cm, evitando tocar las paredes de la cisterna.
- Puede hacerse con la mano directamente o atando un sobrepeso y una soga al envase.

- Tapar correctamente la muestra, mantener a temperatura ambiente y etiquetar las muestras con información como fecha, hora, ubicación, numeración correspondiente, etc.
- Para las muestras de llave, se flameó la llave con ayuda de un mechero y se dejó caer un chorro de agua
- Llenar el envase y rotularlo.
- Para el agua de bidón, homogenizar moviendo el bidón.
- Llenar el envase directamente del bidón.
- Y por último etiquetar el envase con la información relevante.

3.5.3 *Transporte de la muestra al laboratorio*

- Colocar los frascos dentro de cajas de icopor refrigeradas con bolsas de hielo o ice packs es fundamental para prevenir daños o pérdidas durante el traslado. Es esencial garantizar que el envase contenga la cantidad adecuada de hielo para mantener una temperatura óptima de entre 2°C y 5°C.
- Durante el transporte, es recomendable mantener protegidas las muestras de la luz, especialmente si hay sospechas de contaminación con organismos patógenos. Los envases deben ser dispuestos verticalmente, intercalando suficientes bolsas de hielo para alcanzar la temperatura deseada. Se debe supervisar que los envases permanezcan en posición, no se abran ni se dañen las etiquetas. Una vez empaquetadas, se cierra y sella la caja refrigerada.
- Las muestras deberán ser radicadas y colocadas, tan pronto como sea posible, en una cámara frigorífica designada para su análisis posterior.

3.5.4 *Almacenamiento de las muestras para Análisis Microbiológicos.*

Las neveras portátiles deberán mantenerse a la sombra para permitir una mayor conservación de la temperatura. El enfriamiento simple (en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C) y el almacenamiento de la muestra en la oscuridad, en la mayoría de los

casos, suficiente para preservar la muestra durante el transporte al laboratorio y durante un período de tiempo relativamente corto antes del análisis.

De acuerdo con *Standard methods*, el método de conservación empleado se realiza una vez en el laboratorio se procederá a su refrigeración y procesamiento en las dos horas siguientes. En aguas puras, la muestra se mantiene por debajo de 10 °C durante el transporte y hasta la realización del análisis, no excediendo 30 horas.

3.5.5 Métodos de determinación de *Escherichia coli*

Se utilizarán agares y caldos para la determinar la presencia de *Escherichia coli* en las muestras de agua recolectadas previamente.

3.5.5.1 Preparación de medio de cultivo.

La preparación de los medios de cultivo se realizará a partir de medios deshidratados suministrados comercialmente (Varón et al., 2023).

- Rotular los instrumentos a utilizar.
- Pesar la cantidad de medio de cultivo deshidratado necesaria y añadirlo a un matraz.
- Hidratar el medio.
- Llevar el medio a punto de ebullición durante un minuto y retirar.
- Tapar el matraz con algodón envuelto en gasa y papel aluminio para evitar contaminación. Rotular con nombre del medio, fecha, cantidad y responsables.
- Se debe tener en cuenta las instrucciones recomendadas en el envase del medio de cultivo, sin embargo, la mayoría se autoclava a 121°C durante 45 minutos.
- Sacar el matraz de la autoclave y dejar atemperar hasta 50°C
- Verter sobre placas estériles previamente rotuladas en un ambiente estéril (aproximadamente 4 mm por placa) Pasar la boquilla del matraz por el mechero antes de empezar a distribuir.
- Dejar las placas destapadas hasta que el medio se haya solidificado.

- Se debe realizar un control de calidad, incubando las placas de 12 a 24 horas para corroborar su esterilización. Cerrar las placas y guardar entre 2°C y 8°C hasta su uso (Varón et al., 2023).

3.5.5.2 Pruebas presuntivas

La fase presuntiva se realizó inoculando varios tubos con tres diluciones diferentes para obtener una estimación del número más probable de coliformes en el agua.

Para recuento de coliformes totales, técnica del Número Más Probable:

Para el análisis de muestras fluidas como el agua, sembrar por triplicado: 10 ml en caldo doble concentración y 1ml y 0,1 ml en caldo simple concentración.

La reacción es positiva cuando se produce desprendimiento de gas en la campana Durham, por 1 o menos en 1/10 parte de su volumen, como consecuencia de la fermentación de la lactosa con formación de ácido y gas en presencia de sales biliares a una temperatura comprendida entre 30-37°C.

3.5.5.3 Prueba confirmatoria.

Todos los tubos que hayan resultado positivos en la prueba presuntiva se les realizó esta prueba. A partir de ellos y tras homogenizar su contenido, se sembraron mediante asa en estría cruzada, sobre la superficie de placas Petri conteniendo medio de Agar EC

Se incubaron las placas a 46°C durante 24 horas. Las bacterias fermentadoras de lactosa crecen sobre este medio dando colonias y de color blanco opaco. La prueba confirmatoria es un paso clave que permite confirmar la presencia o ausencia del grupo coliforme, y en caso positivo, identificar a *Escherichia coli* mediante el análisis de las colonias.

- Rotular la caja de Petri en la que se va a realizar la siembra por la parte inferior con la fecha y el número o código de la muestra.
- Flamear el asa hasta que esté incandescente, sosteniendo el asa verticalmente, suméjrala en la muestra, luego retirarla con cuidado para obtener el volumen correcto, no la incline hasta que la coloque en su posición sobre la placa

- Inocular el agar EC posicionando el asa inicialmente en un punto del agar extender la muestra por toda la superficie del agar realizando estrías en forma de Zigzag, tratando de llenar toda la placa sin dañar el agar.
- Invierta e incube la placa durante 24 horas a 46° C.
- Retire la placa de la incubadora
- Observe, si se han formado colonias la prueba es positiva a la presencia de *Escherichia coli*.

3.6 Normativas y estándares de calidad de agua

La norma INEN 1108 define al agua de consumo humano como un líquido vital usado para beber y diversas actividades domésticas, mismas que deben cumplir con requisitos físicos, químicos y microbiológicos para garantizar aceptabilidad para su consumo. **La tabla 2** menciona los parámetros fisicoquímicos y los valores permitidos que este líquido debe cumplir para ser de calidad, en la **Tabla 3** se mencionan los parámetros microbiológicos del agua para consumo humano y en la **Tabla 4** se menciona el rango de pH del agua para consumo humano.

Tabla 2. Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano.

Parámetro	Unidad	Límite permitido^b	Método de ensayo^c
Cloro libre residual	mg/L	0,3 a 1,5	Standard Methods 4500 Cl ⁻
Color	Pt-Co	15	Standard Methods 2120
Turbiedad^a	NTU	5	Standard Methods 2130

^a Se conoce también como Turbidez.

^b Los resultados obtenidos deben expresarse con el mismo número de cifras significativas de los límites permitidos, aplicando las reglas para redondear números indicadas en NTE INEN 52.

^c En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

Fuente: NTE INEN 1108

Tabla 3. Requisitos Microbiológicos del agua para consumo humano.

Parámetro	Unidad	Límite permitido	Método de ensayo^a
------------------	---------------	-------------------------	-------------------------------------

Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia	Standard Methods 9221 ^b
---------------------------	---------------	----------	------------------------------------

^a En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

^b La ausencia corresponde a "< 1,1 NMP/100 mL".

Fuente: NTE INEN 1108

Tabla 4. Rango de pH del agua para consumo humano.

PARÁMETRO	UNIDAD	Rango
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,0

Fuente: NTE INEN 1108

3.7 Materiales y Equipos

Equipos

- Estufa
- Autoclave
- Incubadora
- Balanza
- Cuenta colonias
- Phmetro

Materiales de Laboratorio

- Gradilla
- Asas de platino
- Agua destilada
- Kit de cloro residual
- Cajas de icopor
- Termómetro
- Tubos de fermentación
- Tubos Durham
- Pipetas graduadas de 10ml – 1ml

- Mecheros
- Mechas
- Alcohol industrial
- Torundas de algodón
- Papel periódico
- Papel aluminio grueso
- Lápiz graso
- Marcador permanente
- Regla
- Gasas
- Erlenmeyer 500ml
- Erlenmeyer 250ml
- Tijera
- Estilete
- Fósforos
- Envases de recolección de agua
- Guantes de nitrilo
- Mascarilla quirúrgica

Reactivos

- Agar EC
- Caldo EC
- Caldo Lactosa

3.8 Análisis de datos

Se utilizo programas estadísticos tales como: Microsoft Excel y Jamovi, estas herramientas son fundamentales para llevar a cabo un análisis exhaustivo de datos que abarca desde la creación de gráficos hasta la realización de regresiones, tablas dinámicas, cálculos simples

y otras operaciones estadísticas complejas. Microsoft Excel se destaca por su versatilidad en el manejo de datos y la generación de gráficos. Por otro lado, Jamovi, al ser una plataforma de código abierto, ofrece una alternativa accesible y flexible para realizar análisis estadísticos, convirtiéndose en una opción de alto rendimiento en el análisis de datos.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron en 22 muestras los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos sobre la calidad de agua para consumo humano en la toma de la Parroquia El Cambio en la ciudad de Machala. Se estudiaron los siguientes criterios: pH, Cloro Residual, color aparente y turbidez. Para el análisis microbiológico se tomó en cuenta el parámetro de coliformes fecales.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores permitidos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana 1108 **Tabla 5**. Se analizó pH con una media de 7.69 unidades de pH (DE=0.515), cloro residual con una media de 0.291 mg/L (DE=1.213), color con una media de 0.00 Pt-Co (DE=0.00) y la Turbiedad con una media de 2.05 (DE=0.848) Los valores obtenidos de los parámetros reflejan que el agua de la llave no se encuentra dentro de los valores normales establecidos en la norma técnica ecuatoriana. Se observan los niveles de cloro residual bajos, lo cual indica que no se está llevando una adecuada desinfección y protección contra patógenos, esto tomando en cuenta que en algunos hogares utilizan el agua de la llave para beber.

Realizando el análisis respectivo de la tabla en cuanto al pH se puede observar un resultado de 7.69 encontrándose dentro del rango establecido, siendo así químicamente estable, el cloro libre residual se encuentra un poco bajo, la coloración se encuentra en 0 ya que visualmente indica que el agua se encuentra en buena calidad. Por último, en cuanto a la turbiedad en comparación con la tabla 7 de agua de cisterna el agua de llave mostro menor turbidez siendo de esa manera menos propensa a verse afectada por contaminación con partículas.

Tabla 5. Análisis Fisicoquímico del agua de llave.**Criterios de Calidad NTE INEN 1108**

	Límite Permitido	Media	Mediana	DE	Varianza	Mínimo	Máximo
pH	6.5 - 8.5	7.69	7.50	0.515	0.265	6.800	8.20
Cloro libre residual	0.3 – 1.5	0.291	0.50	1.213	1.471	0.5	1.00
Color	15	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0
Turbiedad	5	2.05	2.15	0.848	0.720	0.600	3.60

Fuente: Autores

Los datos obtenidos en la **Tabla 6** son de las casas las cuales se abastecen de agua que viene de la red pública, dichos valores reflejan que el pH del agua se encuentra dentro del rango permitido de 6.5 a 8.5, con una media de 7.572 unidad de lo que indica que el agua es ligeramente alcalina. En cuanto al cloro libre residual se muestra una media de 0,556 mg/L, que se encuentra dentro del límite permitido de 0,3 a 1,5 mg/L. El análisis del color del agua revela que no se detectó color en las muestras, con una media y mediana de 0.00, finalizando con la turbiedad la media es de 1.955 NTU, lo que está por debajo del límite permitido de 5 NTU. A pesar de que el pH y el cloro libre residual presentan cierta variabilidad, todos los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites permitidos, lo que sugiere que el agua es adecuada para su uso.

Tabla 6. Análisis Fisicoquímico del agua de llave de la red pública.**Criterios de Calidad NTE INEN 1108**

	Límite Permitido	Media	Mediana	DE	Varianza	Mínimo	Máximo
pH	6.5 - 8.5	7.572	7.50	0.515	0.265	6.800	8.20
Cloro libre residual	0.3 – 1.5	0.556	0.50	1.162	0.0261	0.500	1.00
Color	15	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0
Turbiedad	5	1.955	2.000	0.806	0.6489	0.600	3.60

En cuanto al agua de llave tratada en la Tabla 7, se detalla que el pH del agua se reporta con una media de 8.200 unidades de pH, lo que indica que se encuentra en el límite superior del rango permitido de 6.5 a 8.5. En cuanto al cloro libre residual, la media es de 0.500 mg/L, que se encuentra dentro del rango permitido de 0.3 a 1.5 mg/L. El análisis del color del agua muestra que no se detectó color en las muestras, con una media y mediana de 0.00, finalizando con la turbiedad la media es de 3.150 NTU, lo que está por debajo del límite permitido de 5 NTU. Los resultados nos indican que aunque el pH se encuentra en el límite superior, el agua cumple con los criterios establecidos por la norma NTE INEN 1108.

Tabla 7. Análisis Fisicoquímico del agua de llave de cisterna.

Criterios de Calidad NTE INEN 1108

	Límite Permitido	Media	Mediana	DE	Varianza	Mínimo	Máximo
pH	6.5 - 8.5	8.200	7.50	0.515	0.000	8.200	8.200
Cloro libre residual	0.3 – 1.5	0.500	0.50	0.000	0.000	0.500	0.500
Color	15	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0
Turbiedad	5	3.150	3.250	0.465	0.217	2.500	3.600

En la **Tabla 8.** Se consideraron los mismos parámetros que en las muestras recolectadas de la llave. Se analizó pH con una media de 7.005 unidades de pH (DE=0.224), cloro libre residual con una media de 0.5 mg/L (DE=0,00), color con una media de 0 Pt-Co (DE=0) y la Turbiedad con una media de 2.05 (DE=0.435). Los valores obtenidos de los parámetros reflejan un que el agua cumple con los estándares de calidad, no obstante, se ve un leve descenso en los valores de cloro presente en el agua.

En la **Tabla 8.** que corresponde a la muestra de agua de bidón se puede observar que el pH presentado se encuentra del rango de va entre 6.5 y 8.5, además la varianza nos indica que existe estabilidad en la muestra sugiriendo que no hay acidificación o alcalinidad que sea significativa, el cloro libre residual se encontró dentro del rango establecido. El color

aparente fue 0 en todas las muestras analizadas siendo algo bueno ya que si hubiese existido alguna coloración esto significaría de manera visual la existencia de contaminación. En cuanto a la turbidez el valor obtenido está por debajo del valor mínimo indicando que ciertas muestras alcanzaron un nivel considerable de turbidez esto tendría relación con la existencia de partículas en suspensión o a su vez que ciertos bidones estuvieran contaminados.

Tabla 8. Análisis Fisicoquímico del agua de bidón

	Límite Permitido	Media	Mediana	DE	Varianza	Mínimo	Máximo
pH	6.5 - 8.5	7.055	7.200	0.224	0.050	6.800	7.50
Cloro libre residual	0.3 – 1.5	0.500	0.500	0.000	0.000	0.500	0.50
Color	15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
Turbiedad	5	0.435	0.200	0.461	0.213	0.200	2.00

Fuente: Autores

En la **Tabla 9.** Se analizó pH con una media de 8.20 unidades de pH (DE=0.00), cloro libre residual con una media de 0.50 mg/L (DE=0.00), color con una media de 0 Pt-Co (DE=0) y la Turbiedad con una media de 3.16 (DE=0.36). Los valores obtenidos de los parámetros reflejan que el agua no es un riesgo para el consumo, sin embargo, hay una ligera cercanía al límite de los valores permitido en el parámetro de pH.

El pH según la tabla no existe variabilidad ya que 8.20 se mantiene constante, aunque estaría indicando que hay una pequeña alcalinidad. El cloro residual se encontró dentro del rango, referente al color es 0 debido a la ausencia de coloración quiere decir que visualmente es de buena calidad, por último, la turbiedad teniendo un resultado de 3.16 indicando que se encuentra dentro del rango establecido.

Tabla 9. Análisis Fisicoquímico del agua de cisterna.

	Límite Permitido	Media	Mediana	DE	Varianza	Mínimo	Máximo
pH	6.5 - 8.5	8.20	8.20	0.00	0.000	8.20	8.20
Cloro libre residual	0.3 – 1.5	0.50	0.50	0.00	0.000	0.50	0.50
Color	15	0.00	0	0.00	0.000	0	0
Turbiedad	5	3.16	3.20	0.36	0.128	2.80	3.60

Fuente: Autores

Los resultados de los parámetros microbiológicos de igual manera fueron comparados con la Norma Técnica Ecuatoriana **Tabla 10**. Se encontró que en coliformes fecales revelan una media de 12.6 UFC/100 mL, lo que indica una contaminación significativa, ya que este valor supera ampliamente el límite permitido de <1.1 UFC/100 mL. El análisis de coliformes fecales en la llave de cisterna y en cisterna, muestra una media y mediana de 0.0 UFC/100 mL. Esto indica que no se detectan coliformes fecales en las muestras analizadas, lo que es un resultado favorable, no obstante, los resultados para los coliformes fecales en el bidón presentan una media de 17.8 UFC/100 mL, lo que indica una contaminación significativa. Los resultados indican que el agua de la llave de la red pública y del bidón presenta niveles de coliformes fecales que superan el límite permitido, lo que representa un riesgo para la salud. En contraste, el agua de las llaves de cisterna y cisternas no muestra contaminación, cumpliendo con los estándares de calidad.

Tabla 10. Análisis Microbiológicos del agua recolectada en 3 tipos de reservorios.

Criterios de Calidad NTE INEN 1108

	Límite Permitido	Media	Mediana	DE	Varianza	Mínimo	Máximo
Coliformes fecales (Llave - Red pública)	<1.1*	12.6	14.5	8.62	74.2	<1.1	24.0
Coliformes fecales (Llave- Cisterna)	<1.1*	0.0	0.0	0.00	0.0	<1.1	0.0

Criterios de Calidad NTE INEN 1108

	Límite Permitido	Media	Mediana	DE	Varianza	Mínimo	Máximo
Coliformes fecales (Cisterna)	<1.1*	0.0	0.0	0.00	0.0	<1.1	0.0
Coliformes fecales (Bidón)	<1.1*	17.8	24.0	9.35	87.3	<1.1	24.0

* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm³ ó 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo

Fuente: Autores

Una vez culminada la fase presuntiva, procedimos a sembrar en placas Petri con Agar EC los tubos positivos. Después de 24 horas se pudo observar el crecimiento de colonias blancas, con bordes lizos de textura cremosa y un olor característico propio de la *Escherichia coli*

En comparación con estudios previos realizados se evidenció según el estudio realizado por (Ruiz et al. 2016) que, en la Laguna de Chapulco, se detectó *Escherichia coli* (3×10^5 UFC/mL) dichos valores fueron más altos que en los resultados de nuestros análisis en la parte microbiología.

Comparando los análisis realizados en el estero Huaylá (Peña, 2022) se puede evidenciar que hay un aumento de coliformes fecales desde el año 2006, se reportó la presencia de *Escherichia coli*, pese a ser agua con fines recreativos existe la preocupación de contaminación.

Según (Vinueza et al. 2021) se encontraron altos niveles de *Escherichia coli* y coliformes totales en ríos sin tratamiento de aguas residuales, superando los límites máximos permitidos. En comparación con nuestros resultados, los valores de coliformes fecales son menores, especialmente en el agua de cisterna y llave-cisterna, donde no se detectaron.

Además, (Zambrano et al. 2022) resaltó la relación entre coliformes fecales y enfermedades transmitidas por el agua en Manabí, Ecuador. Aunque en nuestros resultados existió niveles bajos de coliformes fecales en la mayoría de los reservorios, los valores detectados en el bidón y en la llave (red pública) podrían representar un riesgo sanitario si no se controlan adecuadamente.

Por último, según (Nugra et al. 2023) en el agua de riego en Cuenca, se reportó un promedio de 282.97 NMP/100mL, dentro de los límites permisibles. En nuestros datos, los valores de coliformes fecales son más bajos (máximo de 24 NMP/mL), lo que indica que la calidad microbiológica del agua analizada en los reservorios es mejor en comparación con el agua de riego estudiada por dicho autor.

Mediante la encuesta realizada en el Cambio se pudo evidenciar que el 100% de la población cuenta con el servicio básico, la principal fuente es el bidón con el 81.8% y un pequeño porcentaje cuenta con otro tipo de reservorio ya que el 9.1% cuenta tanto con cisterna como con tanque. La gran parte de la población estuvo de acuerdo que el agua que consumen es de buena calidad con un 95.5%, no obstante, el 31.8% manifestó que el agua no es segura para beber reflejando de esa manera preocupación debido a las posibles contaminaciones presentes en el agua, además que el 22.7% de los encuestados notaron problemas en la calidad del agua.

Un dato importante es que el 77.3% no realiza ningún tipo de tratamiento antes de consumir el agua, con respecto a la limpieza de almacenamiento un 18.2% lo realiza semanalmente, 36.4% mensualmente, quincenalmente 22.7%. Al realizar la limpieza del reservorio después de tanto tiempo puede ser la causa de la proliferación de microorganismos interviniendo en la calidad del agua.

Finalizando con los datos obtenidos de la encuesta pudimos observar que un 86.4% no tenía conocimiento sobre la bacteria *Escherichia coli* siendo este un indicador de

contaminación fecal. Un 45.5% desconoce si el agua que está consumiendo está contaminada con dicha bacteria. A pesar de que la mayoría de las personas respondieron de manera positiva a la encuesta 18.2% a experimentado problemas de salud.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los análisis microbiológicos realizados de las muestras provenientes de 3 tipos de reservorios confirmaron la presencia de *Escherichia coli* en muestras de bidón y llave de cisterna (red pública), lo que es indicativo de contaminación con heces fecales.
- Al comparar los resultados obtenidos de *Escherichia coli* presentes en el agua con las Normas Nacionales e Internacionales de la calidad de agua se observó que ciertas muestras obtenidas exceden los niveles de contaminación.
- Los resultados de los parámetros fisicoquímicos realizados a las muestras de agua indicaron que algunos de estos parámetros no cumplían con los estándares establecidos. Así mismo se pudo observar que el agua de llave de cisterna fue de mejor calidad que la de la llave que proviene de una red pública en una comparación del parámetro de cloro libre residual y turbiedad.

6. RECOMENDACIONES

- A las autoridades sanitarias realizar controles estrictos al agua que se expende a la población, adicional a esto una revisión de la infraestructura de las tuberías para minimizar la exposición a una contaminación cruzada.
- Que se realicen estudios de determinación de las diferentes cepas de *Escherichia coli* que se pueden encontrar en el agua de la población estudiada.
- Evaluación periódica la calidad de agua para así garantizar la seguridad del consumo de agua.

CRONOGRAMA

Actividades	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Recursos	Responsable
Matriz del estado del arte	17/04/2024	22/04/2024	Artículos científicos, revistas, computadora y laptop	Yulexy Romero Jennifer Romero
Título	06/05/2024	06/05/2024	Computadora de mesa	Yulexy Romero
Identificación del problema	07/05/2024	08/05/2024	Artículos científicos, revistas, computadora de mesa y laptop	Jennifer Romero Yulexy Romero
Objetivo general	13/05/2024	14/05/2024	Artículos científicos, revistas, tesis, computadora de mesa y laptop	Yulexy Romero Jennifer Romero
Objetivos específicos	14/05/2024	15/05/2024	Artículos científicos, revistas, tesis, computadora de mesa y laptop	Yulexy Romero Jennifer Romero
Pregunta del objetivo general	20/05/2024	20/05/2024	Artículos científicos, computadora de mesa y laptop	Yulexy Romero Jennifer Romero
Pregunta de los objetivos específicos	20/05/2024	20/05/2024	Artículos científicos, computadora de mesa y laptop	Yulexy Romero Jennifer Romero
Justificación	21/05/2024	27/05/2024	Artículos científicos, tesis, computadora de mesa y laptop	Yulexy Romero Jennifer Romero
Hipótesis	28/05/2024	29/05/2024	Laptop, artículos científicos y revistas	Yulexy Romero Jennifer Romero
Variables	03/06/2024	03/06/2024	Laptop, artículos científicos y tesis	Jennifer Romero
Material y suministros	10/06/2024	17/06/2024	Laptop y computadora de mesa	Yulexy Romero Jennifer Romero
Recursos económicos	24/06/2024	01/07/2024	Laptop y computadora de mesa	Yulexy Romero Jennifer Romero
Capítulo II				

Marco teórico	02/07/2024	22/07/2024	Laptop y computadora de mesa, revistas, tesis, artículos científicos	Yulexy Romero Jennifer Romero
Capítulo III				
Metodología	23/07/2024	24/07/2024	Artículos científicos, revistas, tesis, computadora de mesa y laptop	Yulexy Romero Jennifer Romero
Capítulo IV				
Resultados	24/07/2024	30/01/2025	Laptop, programas estadísticos	Yulexy Romero Jennifer Romero
Discusión	31/01/2025	31/01/2025	Laptop, tesis, artículos científicos	Yulexy Romero Jennifer Romero
Capítulo V				
Conclusiones	31/01/2025	31/01/2025	Laptop, tesis, artículos científicos	Yulexy Romero Jennifer Romero
Recomendaciones	31/01/2025	31/01/2025	Laptop, tesis, artículos científicos	Yulexy Romero Jennifer Romero

BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria. (2024). *Arcsa detecta irregularidades sanitarias en lotes de siete marcas de agua embotellada*. Controlsanitario.gob.ec. <https://www.controlsanitario.gob.ec/arcsa-detecta-irregularidades-sanitarias-en-lotes-de-siete-marcas-de-agua-embotellada/>
2. Al-Rawe, A., Al-Jomaily, O., Yousif, Y., Shaban, S., & Suleiman, A. (2023). Comparative Genomics, Phylogenetic and Functional Analysis of *Yersinia enterocolitica*, a Gastrointestinal Pathogen, with Other Soil-Borne Bacteria Causing Diseases. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 85(5), 31-41. <https://doi.org/10.15407/microbiolj85.05.031>
3. Asociación de Químicos de Andalucía. (2023). *El pH del agua potable: ¿por qué es importante y cuál es el papel de la química? - Ilustre Colegio Oficial de Químicos del Sur*. Ilustre Colegio Oficial de Químicos Del Sur. <https://www.colegiodequimicos.org/2023/11/28/el-ph-del-agua-potable-por-que-es-importante-y-cual-es-el-papel-de-la-quimica/>
4. Astudillo, V. M., Merchan, J. D. G., & Cordero, S. J. P. (2021). Frecuencia de (BLEE) (AmpC) y CARBAPENEMASAS en muestras de urocultivo, en cepas de *Escherichia Coli* de origen comunitario. *Revista Vive*, 4(11), 387-396. <https://doi.org/10.33996/revistavive.v4i11.101>
5. Baeza, E. (2024). Regulaciones sobre turbiedad de agua y medidas que toman las empresas sanitarias para abordar problema: Casos de Chile, España, Israel, Países Bajos y Singapur. *Bcn.cl*. <https://doi.org/www.bcn.clid=83677>
6. Cabrera-González, M., Chávez-Díaz, S. K., Gamarra-Ramírez, R. G., Vásquez, H. V., Quilcate-Pairazamán, C., & Cueva-Rodríguez, M. (2022). Caracterización bioquímica y filogrupos de *Escherichia coli* aislados de heces de terneros con

- diarrea en la Región Cajamarca, Perú. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, XXXII(single), 1-10. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e32112>
7. Chacon, N. (2023). CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE CUAJADA CHEDDARIZADA Y SU EFECTO COMO MÉTODO DE CONSERVACIÓN EN QUESO CHIHUAHUA. *Repositorioinstitucional.mx*. <http://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1006/1226>
 8. Donohue, M. J., Pham, M., Brown, S., Easwaran, K. M., Vesper, S., & Mistry, J. H. (2023). Water quality influences Legionella pneumophila determination. *Water Research*, 238, 119989. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119989>
 9. Espinoza, K. A., Pozo, W., Macas, V., & Sánchez, J. (2013). Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro. *Revista Tecnología En Marcha*, 26(1), 27–27. <https://doi.org/10.18845/tm.v26i1.1119>
 10. Fernández, A., Andres, P., Di Masi, S. A., Aristimuño, B., Villafuerte, C. M., & Madsen, E. (2023). Infección de aneurisma de aorta abdominal por Yersinia enterocolitica. *Actualizaciones En Sida E Infectología*. <https://doi.org/10.52226/revista.v31i113.184>
 11. Fernández, F. (2020). Identificación de escherichia coli enterohemorrágica 0157:h7 en adulto mayor mediante técnicas microbiológicas y moleculares para diferenciación de otros grupos patógenos. *Utmachala.edu.ec*. <https://doi.org/ECUACQS-2021-BF-DE00072>
 12. Fontalvo, T. J., De la Hoz-Dominguez, E. J., & De la Hoz, E. (2020). Método de evaluación de la calidad del servicio de una unidad de atención al usuario en una empresa de servicio de agua en Colombia. *Información Tecnológica*, 31(4), 27-34. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642020000400027>

13. García, R. (2019). Parámetros de control obligatorio para determinar la calidad del agua de consumo humano en la ciudad de Iquitos, 2018. *Unapiquitos.edu.pe*. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/6153>
14. Geerts, R., Vandermoere, F., Van Winckel, T., Halet, D., Joos, P., Van Den Steen, K., Van Meenen, E., Blust, R., Borregán-Ochando, E., & Vlaeminck, S. E. (2020). Bottle or tap? Toward an integrated approach to water type consumption. *Water Research*, 173, 115578. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115578>
15. Gonzaga, S., Castro, N., & López, G. (2017). EL ABASTO DE AGUA POTABLE Y LA SALUD COMUNITARIA: MACHALA, ECUADOR. ESTUDIO DE CASO. *Revista Universidad Y Sociedad*, 9(1), 218–223. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2218-36202017000100031
16. Hoyos, K. V., Arboleda, J. V., & Angel, M. O. (2018). Validación de método cualitativo para detección de *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus agalactiae* en muestras de leche para diagnóstico de mastitis bovina. *Revista U D C A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.687>
17. Huerta, N. (2020). *Escherichia coli*. Una revisión bibliográfica. Ocronos - Editorial Científico-Técnica; Ocronos - Editorial Científico-Técnica. <https://revistamedica.com/escherichia-coli-revision-bibliografica/#TAXONOMIA-Y-CLASIFICACION-DE-ESCHERICHIA-COLI>
18. Instituto Nacional de Salud. (2011). *Manual de instrucciones para la toma preservación y transporte de muestras de agua*. [Www.ins.gov.co](http://www.ins.gov.co). <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2011%20Manual%20to ma%20de%20muestras%20agua.pdf>
19. Jaimes-Bernal, C. P., Torres-Caycedo, M. I., & González, D. A. H. (2022). Biomarcadores moleculares del género salmonella aislada en alimentos. *Salud Uninorte*, 38(03), 858-874. <https://doi.org/10.14482/sun.38.3.641.39>

20. Jiao, J., Lv, X., Shen, C., & Morigen, M. (2024). Genome and transcriptomic analysis of the adaptation of *Escherichia coli* to environmental stresses. *Computational And Structural Biotechnology Journal*, 23, 2132-2140. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2024.05.033>
21. Kaper, J., Nataro, J., & Mobley, H. (2004). Pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology*, 2, 123-140. <https://doi.org/10.1038/nrmicro818>.
22. Lipari, F. G., Hernández, D., Vilaró, M., Caeiro, J. P., & Saka, H. A. (2020). Caracterización clínica, epidemiológica y microbiológica de bacteriemias producidas por enterobacterias resistentes a carbapenems en un hospital universitario de Córdoba, Argentina. *Revista Chilena de Infectología*, 37(4), 362-370. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182020000400362>
23. Lopardo, H., Predari, S., & Vay, C. (2019). Comentarios bibliográficos. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 53(1), 111-112. Recuperado en 31 de julio de 2024, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-29572019000100016&lng=es&tlng=es.
24. Loredana, G., & Loan, M. (2021). *Salmonella* spp. infection – a continuous threat worldwide. *Germes*, 11(1), 88–96. <https://doi.org/10.18683/germes.2021.1244>
25. Luna Fontalvo, J. A. (2020). Métodos analíticos de microbiología general y aplicada: (ed.). Santa Marta, Editorial *Unimagdalena*. Recuperado de <https://0e10wluhh-y-https-elibro-net.itmsp.museknowledge.com/es/ereader/utmachala/128443?page=146>.
26. Ministerio de Salud pública. (2019). *Guía de Agua Segura*. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/Guia-Agua-Segura.pdf>
27. Ministerio de Salud Pública. (2022). *ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR AGUA Y ALIMENTOS ECUADOR*. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/ETAS-SE_11.pdf

28. Moretti-Villegas, L. F., & Valiente-Saldaña, Y. M. (2023). Contaminación Ambiental y sus Efectos en la Salud Pública. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8(1), 257-268. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i1.2784>
29. Motta, J. C., Forero, C., Arango, Á., Hernández-Linares, I., & Sánchez, M. (2020). Bacteriemia por *Vibrio cholerae* (no-O1/no O139): reporte de caso. *ACTA MEDICA PERUANA*, 37(3). <https://doi.org/10.35663/amp.2020.373.993>
30. Organización Mundial de la Salud. (2019, February 20). *Salmonella (no tifoidea)*. Who.int; World Health Organization: WHO. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal))
31. Organización Mundial de la Salud. (2020). *Campylobacter*. Who.int; World Health Organization: WHO. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/campylobacter>
32. Petersen, F., & Hubbart, J. A. (2020). Quantifying *Escherichia coli* and Suspended Particulate Matter Concentrations in a Mixed-Land Use Appalachian Watershed. *Water*, 12(2), 532–532. <https://doi.org/10.3390/w12020532>
33. Pintos, I., Cantero, M., Muñoz, E., Sánchez, I., Asensio, Á., & Ramos, A. (2020). Epidemiology and clinical of infections and colonizations caused by Enterobacterales producing carbapenemases in a tertiary hospital. *Revista Española de Quimioterapia*, 33(02), 122–129. <https://doi.org/10.37201/req/086.2019>
34. Rao, G., Kahler, A., Voth-Gaeddert, L. E., Cranford, H., Libbey, S., Galloway, R., Molinari, N., Ellis, E. M., Yoder, J. S., Mattioli, M. C., & Ellis, B. R. (2022b). Microbial Characterization, Factors Contributing to Contamination, and Household Use of Cistern Water, U.S. Virgin Islands. *ACS ES&T Water*, 2(12), 2634-2644. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.2c00389>

35. Reynolds, D., & Kollef, M. (2021). The Epidemiology and Pathogenesis and Treatment of *Pseudomonas aeruginosa* Infections: An Update. *Drugs*, 81(18), 2117-2131. <https://doi.org/10.1007/s40265-021-01635-6>
36. Romeu Álvarez, Beatriz, Salazar Jiménez, Erika Paloma, Rojas Hernández, Nidia M., & Eslava Campos, Carlos Alberto. (2021). Patrones de adherencia en células HEp-2 de cepas de *Escherichia coli* aisladas de ríos contaminados de La Habana. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 73(2), . Epub 01 de agosto de 2021. Recuperado en 31 de julio de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602021000200005&lng=es&tlng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602021000200005&lng=es&tlng=es)
37. Sánchez, S., & Guangasig, V. (2023). Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano: La realidad en el Ecuador. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales Y Humanidades*, 4(2). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.690>
38. SEGOB. (2020). *NORMA Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-2020, Agua para uso y consumo humano. Control de la calidad del agua distribuida por los sistemas de abastecimiento de agua.* Dof.gob.mx. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5603318&fecha=22/10/2020#gsc.tab=0
39. Silverio, C. (2016). Microbiología general para investigaciones de laboratorio. *Utmachala.edu.ec*. <https://doi.org/978-9978-316-92-4>
40. Talapko, J., Frauenheim, E., Juzbašić, M., Tomas, M., Matić, S., Jukić, M., Samardžić, M., & Škrlec, I. (2022). *Legionella pneumophila—Virulence Factors and the Possibility of Infection in Dental Practice.* *Microorganisms*, 10(2), 255. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020255>

41. United States Environmental Protection Agency. (2023). *Revised Total Coliform Rule And Total Coliform Rule | US EPA*. US EPA. <https://www.epa.gov/dwreginfo/revised-total-coliform-rule-and-total-coliform-rule>
42. Varón López, M. Ocampo Guerrero, M. L. y Gallego Santos, J. E. (2023). Manual de laboratorio en microbiología general: (1 ed.). Ibagué, Sello Editorial *Universidad del Tolima*. Recuperado de <https://0e10wluhh-y-https-elibro-net.itmsp.museknowledge.com/es/ereader/utmachala/232952?page=60>.
43. Vázquez, J., & Padilla, F. (2023). Evaluación de la resistencia bacteriana a los antibióticos en muestras de heces, obtenidas de cobayos (*Cavia porcellus*) en explotaciones de tipo familiar y familiar-comercial. *Ucuenca.edu.ec*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/40783>
44. Venegas-Vásquez, D., Ayabaca-Sarria, C., Reina-Guzman, S., Tipanluisa-Sarchi, L., & Fariás-Fuentes, Ó. (2024). Sistemas de gas licuado de petróleo: una revisión sobre lineamientos de diseño y dimensionamiento. *Ingenius*, 31, 81-94. <https://doi.org/10.17163/ings.n31.2024.07>
45. Wood, S. J., Kuzel, T. M., & Shafikhani, S. H. (2023). *Pseudomonas aeruginosa: Infections, Animal Modeling, and Therapeutics*. *Cells*, 12(1), 199. <https://doi.org/10.3390/cells12010199>
46. World Health Organization. (2017). *Guidelines for Drinking-water Quality*. World Health Organization. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>
47. Xiao, T., Wang, B., Xu, L., Esser, R., Dai, Z., Cather, M., & McPherson, B. (2022). Underground sources of drinking water chemistry changes in response to potential CO₂ leakage. *The Science Of The Total Environment*, 847, 157254. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157254>

48. Yang, J., Long, H., Hu, Y., Feng, Y., McNally, A., & Zong, Z. (2022). Klebsiella oxytoca complex: update on taxonomy, antimicrobial resistance, and virulence. *Clinical microbiology reviews*, 35(1), e00006-21

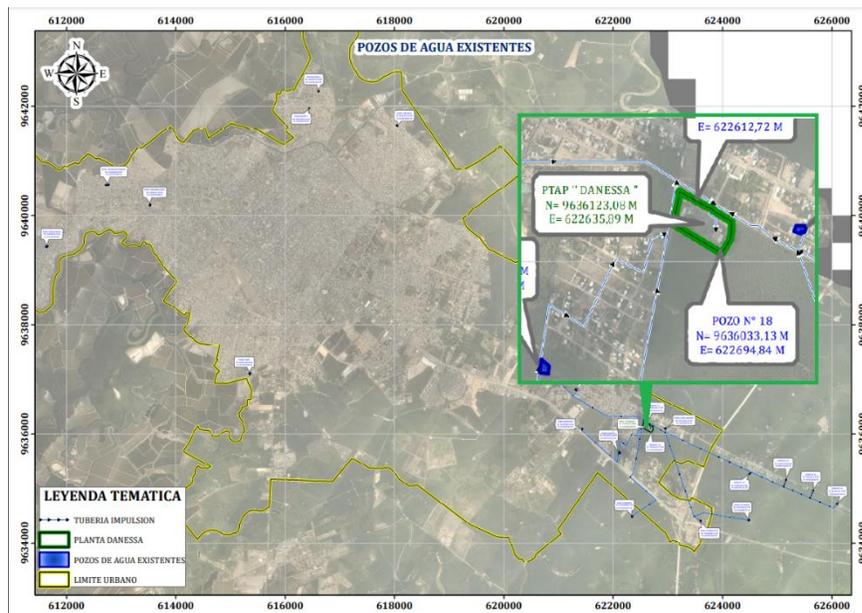
ANEXOS

Figura 1. Vista satelital de lugar de muestreo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Vista satelital de pozo de captación de El Cambio



Fuente: Alcaldía de Machala

Figura 3. Entrevista a la población de estudio.



Fuente: Autores

Figura 4. Recolección de muestras de bidón de agua.



Fuente: Autores

Figura 5. Recolección de muestra de agua de llave.



Fuente: Autores

Figura 6. Recolección de muestra de agua de cisterna.



Fuente: Autores

Figura 7. Preparación de caldo lactosado. a) dilución b) esterilizado



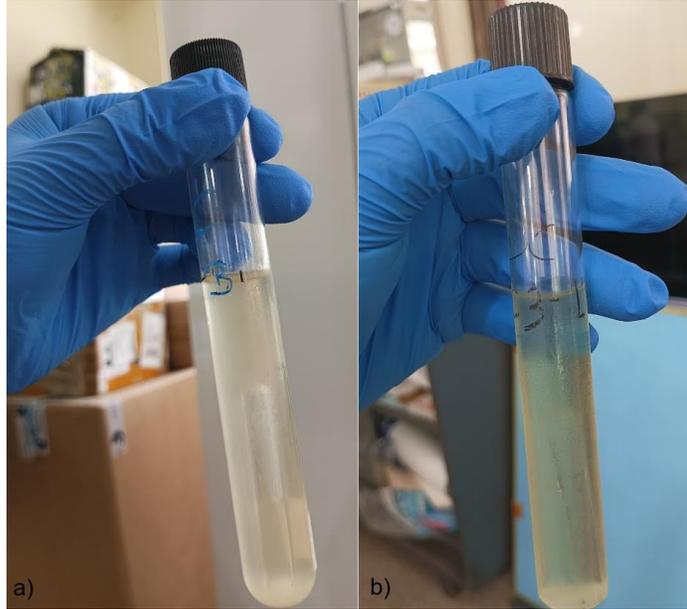
Fuente: Autores

Figura 8. Dispensación de diluciones de 1/10, 1/100, 1/1000



Fuente: Autores

Figura 9. Resultado de disoluciones después de 24 horas. a) Positivo: Se observa gas en la campana de Durham, coloración opaca y sedimentos. b) Negativo: Ausencia de gas, coloración clara y sin sedimentos



Fuente: Autores

Figura 10. Preparación de Agar EC



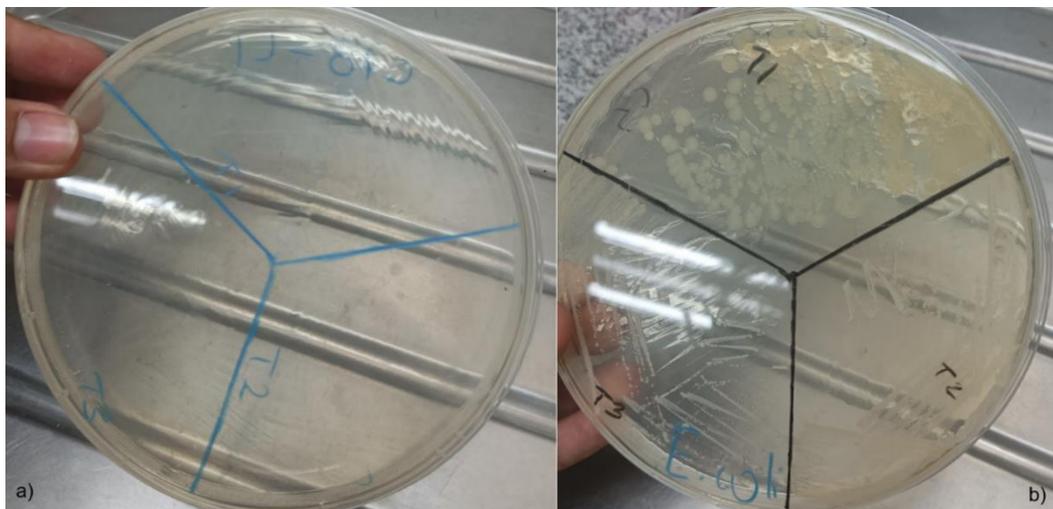
Fuente: Autores

Figura 11. Siembra en placas Petri con Agar EC por estría cruzada



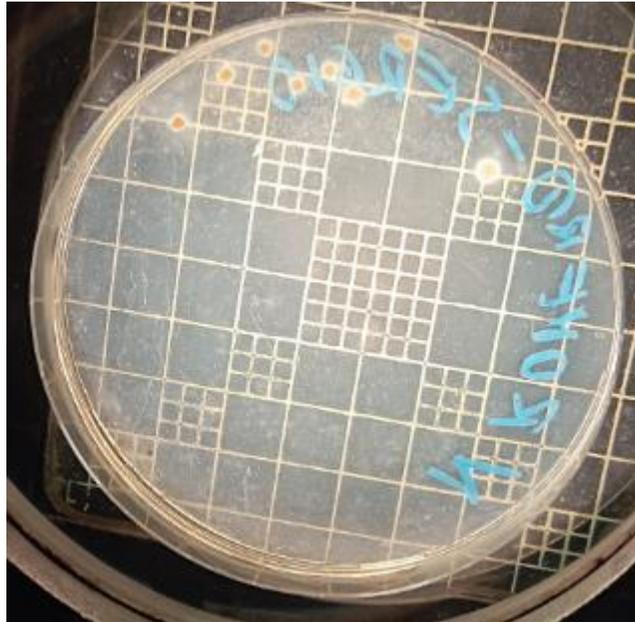
Fuente: Autores

Figura 12. Resultados de siembra de *Escherichia coli* en placa Petri. a) Negativo: ausencia de crecimiento bacteriano b) Positivo: Se observa crecimiento de colonias bacterianas



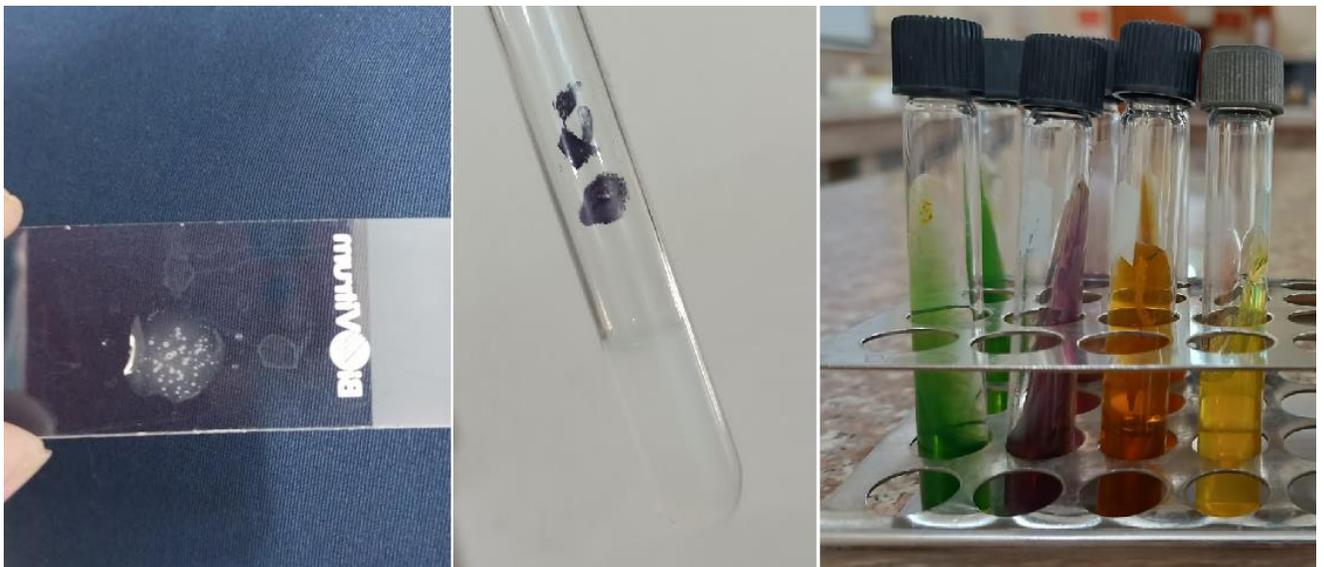
Fuente: Autores

Figura 13. Recuento de colonias de Escherichia Coli en placa.



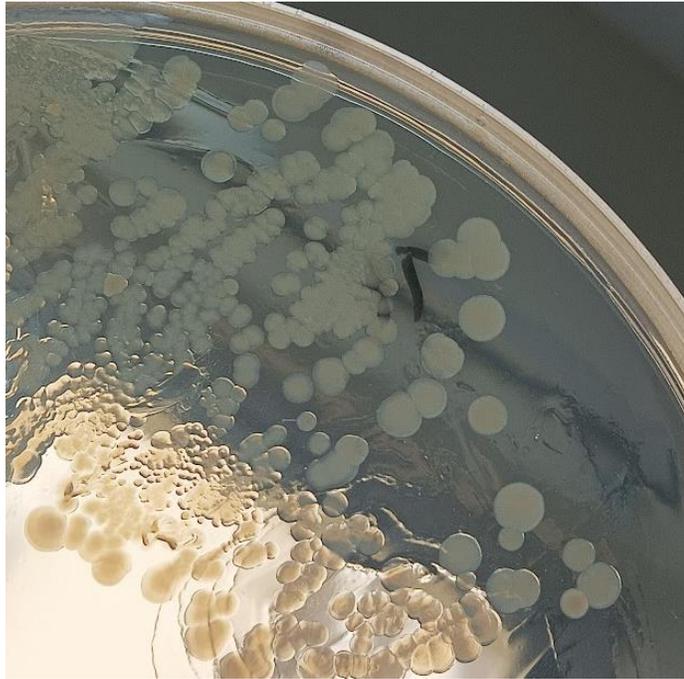
Fuente: Autores

Figura 14. Pruebas bioquímicas. a) Prueba catalasa: positivo b) Prueba oxidasa: negativa c) Citrato: negativo d) LIA: decarboxilación de lisina: positiva, SH2: negativo e) Movilidad: positivo f) TSI: Pico ácido(A/A+-)



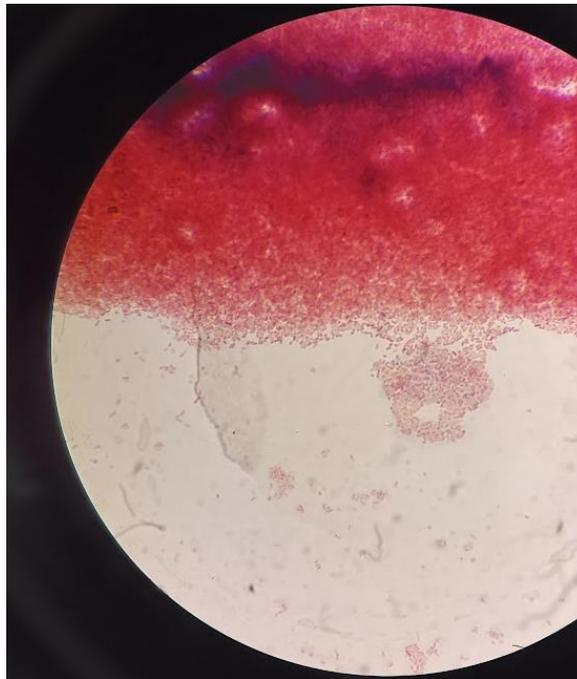
Fuente: Autores

Figura 15. Morfología colonial de *Escherichia coli*.



Fuente: Autores

Figura 16. Morfología de la *Escherichia coli* mediante tinción de Gram. (Bacilar)



Fuente: Autores