

Detección de *Escherichia coli* como indicador de contaminación en agua de cisternas de uso domiciliario

Detection of *Escherichia coli* as an indicator of contamination in water from household cisterns

Detecção de Escherichia coli como um indicador de contaminação na água de cisternas domésticas

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistavive.v8i23.386>

Noelya Milena Jumbo Maza 

njumbo2@utmachala.edu.ec

José Antonio Rodríguez Aguilar 

jarodriguez@utmachala.edu.ec

Carmen Elizabeth Silverio Calderón 

csilverio@utmachala.edu.ec

Jovanny Angelina Santos Luna 

jsantos@utmachala.edu.ec

Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador

Artículo recibido 24 de febrero 2025 / Aceptado 30 de marzo 2025 / Publicado 1 de mayo 2025

RESUMEN

La presencia de *Escherichia coli* en el agua es un indicador crítico de contaminación fecal que representa un riesgo significativo para la salud pública sobre todo por las fallas en los sistemas de saneamiento, por ende, el Objetivo del estudio fue evaluar la presencia o no de dicha bacteria en reservorios de agua domiciliarias de la cabecera Parroquial de Tendales del Cantón El Guabo. Metodológicamente el estudio fue de nivel descriptivo y diseño mixto al aplicar un muestreo estratificado bifásico aleatorio cuya primera etapa estuvo conformada por la segmentación de 5 sectores de la zona, siendo la primera selección de muestras la conformada por 75 hogares para conocer sus hábitos de cuidado sanitario hídrico. La segunda selección fue de 5 hogares de cada sector para un total 25 muestras con el fin de analizar la calidad del agua bajo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:98. Los Resultados reflejaron que sólo el 40% de los encuestados hierve el agua antes de consumirla y para su resguardo utilizan cisternas en sus hogares, el resto de los habitantes no; también los datos clínicos mostraron que el 41.3% de los residentes del sector presentaron problemas gastrointestinales, un 25.3% sufre de diarrea y un 14.7% padecía de parasitosis intestinal; no obstante los análisis microbiológicos del agua determinaron la ausencia de la bacteria, concluyendo que el método implementado determinó que el agua está apta para ser consumida y además que las enfermedades presentadas por los ciudadanos no se asocia a su uso en el lugar estudiado.

Palabras clave: *Escherichia Coli*; Contaminación Hídrica; Calidad Sanitaria; Desechos Fecales; Enfermedades Gastrointestinales; Patologías Alérgicas

ABSTRACT

The presence of *Escherichia coli* in water is a critical indicator of fecal contamination that represents a significant risk to public health, especially due to failures in sanitation systems. Therefore, the objective of the study was to evaluate the presence or absence of this bacterium in household water reservoirs in the Tendales parish head of the El Guabo canton. Methodologically, the study was of a descriptive level and mixed design by applying a stratified biphasic random sampling whose first stage consisted of the segmentation of 5 sectors of the area. The first selection of samples consisted of 75 households to know their water sanitary care habits. The second selection was of 5 households from each sector for a total of 25 samples in order to analyze water quality under the Ecuadorian Technical Standard INEN 2169:98. The results showed that only 40% of those surveyed boil their water before drinking it and use cisterns in their homes, the rest of the inhabitants do not; also the clinical data showed that 41.3% of the sector's residents had gastrointestinal problems, 25.3% suffered from diarrhea and 14.7% suffered from intestinal parasitosis; however, the microbiological analysis of the water determined the absence of the bacterium, concluding that the method implemented determined that the water is fit to be consumed and also that the diseases presented by the citizens are not associated with its use in the place studied.

Key words: *Escherichia Coli*; Water Contamination; Sanitary Quality; Fecal Waste; Gastrointestinal Diseases; Allergic Pathologies

RESUMO

A presença de *Escherichia coli* na água é um indicador crítico de contaminação fecal que representa um risco significativo para a saúde pública, especialmente devido a falhas nos sistemas de saneamento. Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar a presença ou ausência dessa bactéria em reservatórios de água domiciliares na paróquia de Tendales, no cantão de El Guabo. Metodologicamente, o estudo foi descritivo e de desenho misto, aplicando uma amostragem aleatória estratificada em duas fases, cuja primeira etapa consistiu na segmentação de cinco setores da área. A primeira seleção de amostras consistiu em 75 domicílios para conhecer seus hábitos de cuidados sanitários com a água. A segunda seleção foi de 5 residências de cada setor, totalizando 25 amostras para analisar a qualidade da água de acordo com a Norma Técnica Equatoriana INEN 2169:98. Os resultados mostraram que apenas 40% dos pesquisados ferviam a água antes do consumo e usavam cisternas em suas casas, o restante dos habitantes não usava; também os dados clínicos mostraram que 41,3% dos residentes do setor tinham problemas gastrointestinais, 25,3% sofriam de diarreia e 14,7% tinham parasitose intestinal. 7% sofreram de parasitose intestinal; entretanto, a análise microbiológica da água determinou a ausência da bactéria, concluindo que o método implementado determinou que a água está apta para ser consumida e também que as doenças apresentadas pelos cidadãos não estão associadas ao seu uso no local estudado.

Palavras-chave: *Escherichia Coli*; Contaminação da água; Qualidade sanitária; Resíduos fecais; Doenças gastrointestinais; Patologias alérgicas

INTRODUCCIÓN

Escherichia coli es un microorganismo que se localiza en el sistema digestivo de los animales y seres humanos, al formar parte de la flora intestinal se puede considerar como indicador para localizar y evaluar la contaminación fecal en la valoración de la seguridad de los alimentos y el agua (1).

Actualmente, existe gran diversidad de *Escherichia coli*, por lo que, su clasificación por serotipificación resulta fundamental para el

reconocimiento de la cepa. El Center for Food Security & Public Health (2), determinaron de forma esquemática 176 antígenos somáticos, representado mediante el antígeno (O), 60 patógenos capsulares (K), y 112 flagelares (H).

De la misma manera mencionan que las cepas de *Escherichia coli* más predominantes causantes de enfermedades asociados a humanos son la ETEC, EIEC, EHEC, EPEC, EAEC, DAEC. Las cuales se diferencian por su mecanismo patogénico.

Tabla 1. Mecanismo patogénico de acuerdo al tipo de *Escherichia coli*

Grupo	Mecanismo patogénico
ETEC (<i>Escherichia coli</i> enterotoxigénica)	Productora de enterotoxinas termoestables (ST) y termolábiles (LT).
EIEC (<i>Escherichia coli</i> invasiva)	Productoras de proteínas invasivas capaces de invadir las células intestinales.
EHEC (<i>Escherichia coli</i> enterohemorrágica)	Cepa O157:H7 productora de toxina Shiga (citotoxinas STX1 y STX2) causante de diarrea hemorrágica.
EPEC (<i>Escherichia coli</i> enteropatógena)	Presenta adherencia localizada (células intestinales). Afecta principalmente a niños y lactantes.
EAEC (<i>Escherichia coli</i> enteroagregativa)	Formadora de agregaciones bacterianas y toxinas.
DAEC (<i>Escherichia coli</i> adherente difusiva)	Presenta adherencia difusa en células intestinales.

Nota: Rodríguez-Ángeles (3).

La detección de *Escherichia coli* indica la presencia de contaminación fecal en agua, ya que este microorganismo es habitante normal del tracto digestivo de animales y, por lo general, no se encuentra en agua o suelo que no haya sufrido algún tipo de contaminación fecal, por ello se considera como indicador universal de contaminación fecal.

Este microorganismo es motivo de preocupación para los sistemas de agua, ya que puede provocar enfermedades gastrointestinales, en caso de la cepa O157:H7, puede ser mortal.

En cuanto a su forma de transmisión. El principal serotipo de la cepa de *Escherichia coli* productora de toxina Shiga (STEC) es la O157:H7,

ya que bioquímicamente su reconocimiento es fácil en comparación a otras cepas (4).

De acuerdo a World Health Organization (5), se ha detectado la presencia del serotipo O157:H7 en masas de agua; abrevaderos, pozos, estanques o arroyos, llegando a sobrevivir por largos periodos de tiempo en las heces fecales de animales o en sedimentos de agua. Además, menciona que, este serotipo puede presentarse en productos cárnicos, zumos de frutos contaminados y leche no pasteurizada.

Según Martínez (6), la transmisión ocurre por vía oral-fecal, tras la ingesta de agua o alimentos contaminados con la cepa STEC provenientes de heces, posteriormente infectan al intestino delgado, lugar donde produce la verotoxina durante su desarrollo, que, a su vez, desencadena una diarrea hemorrágica que podría ser mortal.

Uno de los inconvenientes sanitarios más graves en los países de América Latina es la descarga descontrolada de aguas residuales domésticas sin tratamiento, las cuales llevan a la contaminación los recursos hídricos superficiales, subterráneos y las zonas costeras donde persisten coliformes totales y fecales (7).

La aparición o aumento de bacterias en el agua generalmente se debe a alteraciones en el entorno y en la población, como urbanización no controlada, el crecimiento industrial, la pobreza, la eliminación incorrecta de desechos humanos y animales (8).

Las infecciones gastrointestinales son comunes en países de vías de desarrollo y son responsables de entre 5 y 700000 muertes al año en niños menores de 5 años. La presencia de *Escherichia coli*, ha sido utilizado como indicador de contaminación de las aguas por microorganismos patógenos, tales como *Escherichia coli* O157:H7 o productora de toxina Shiga. Rotavirus y bacteria del género y bacteria del género *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Serratia* (9).

Además, en Ecuador los índices de morbilidad infantil muestran que el 14% de diarrea y el 9% de gastroenteritis probablemente son de origen infeccioso, causados por agua contaminada.

Según Quevedo et al. (7), más del 80 % de las aguas residuales producidas por las actividades humanas se descargan en los ríos o el mar sin ningún tipo de tratamiento previo. Esto genera una creciente contaminación y cada día aproximadamente mil ochocientos niños en todo el mundo mueren debido a enfermedades diarreicas que están relacionadas con el agua, el saneamiento y la higiene.

El actual estudio pretende evaluar la presencia de *Escherichia coli* como indicador de contaminación en agua de cisternas de uso domiciliario en la cabecera parroquial de Tendales del Cantón El Guabo, mediante métodos cualitativos para la gestión de alianzas con las entidades de control sanitario, por ende, a través del uso de charlas a la población del sector, mostrar

la importancia de mantener un adecuado control de estas aguas en sus depósitos.

Para lograr el camino trazado se planteó identificar los medios de almacenamiento de agua que se encuentra presente en la población, así como determinar la presencia de *Escherichia coli* en cisternas de agua mediante métodos cualitativos.

MÉTODO

El nivel de la investigación fue descriptivo, debido a que se pretendió conocer la presencia de *Escherichia coli* como indicador de contaminación en cisternas de aguas domiciliarias en la cabecera parroquial de Tendales, asimismo, se realizó un análisis del entorno tomando en consideración las medidas sanitarias del agua que son implementadas en los hogares de los residentes, así como las enfermedades en las que padecían en aquel momento a fines de establecer una comparación con la presencia de la bacteria en la zona.

El diseño del estudio se consideró que fue mixto, esto se debe a que hubo una fase no experimental al realizar un levantamiento de información a través de una encuesta a los pobladores de la cabecera parroquial de Tendales del Cantón El Guabo. También se llevó a cabo una fase experimental bajo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:98 para conocer la presencia o ausencia de la bacteria *Escherichia coli* en los hogares del lugar en estudio.

En cuanto a la población analizada, estuvo conformada por 5 sectores de la cabecera parroquial de Tendales las cuales fueron: 15 de abril, 24 de mayo, 10 de agosto, 10 de octubre y costa verde. Y con respecto a la muestra el muestreo se desarrolló en dos momentos, la primera selección de muestras se realizó aleatoriamente, escogiendo 15 hogares de cada sector obteniendo un total de 75, asimismo se realizó la segunda selección muestral a partir del análisis de las encuestas practicadas a los 75 hogares mencionados anteriormente estableciendo finalmente por 5 hogares de cada sector para un total de 25 muestras para analizar.

Los criterios de inclusión fueron que los domicilios contuviesen cisternas de agua en la cabecera parroquial de Tendales, excluyendo de esta manera a los hogares cuyo vital líquido proviniese de estanques, lagunas y otras fuentes naturales, ubicadas en otros lugares geográficos o fuera del periodo de estudio.

En el estudio se empleó la técnica e la encuesta como método principal para la recopilación de los datos necesarios a 15 casas de los 5 sectores de la cabecera parroquial de Tendales. Esta encuesta estaba constituida por ocho preguntas cerradas de selección única desagregadas en las características del entorno, características de higiene y condiciones de salud. El instrumento fue validado por 3 expertos con amplios conocimientos en el área de Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial.

El procedimiento de recolección de muestras de agua, se tomó en cuenta las normas INEN 2169:98, que hace referencia a la recolección de muestras hídricas para estudios microbiológicos. Se colectaron las ejemplares en recipientes estériles con un volumen mínimo de muestra de 100 ml.

Se utilizaron en todos los casos equipos de bioseguridad (guantes, cofia, mandil, mascarilla). Las muestras se tomaron de los grifos que estaban directamente conectados a los reservorios seleccionados con anterioridad, procediendo de la siguiente manera:

- Encender la bomba de la cisterna para que se remueva el agua
- Desinfectar el grifo con una llama de alcohol al 70%
- Abrir completamente el grifo y dejar correr el agua aproximadamente de 2 a 3 minutos.
- Rotular los frascos estériles
- Tomar el frasco de la base sin tocar las paredes
- Restringir el flujo de agua y llenar el frasco evitando salpicaduras.
- Tomar las temperaturas una vez recolectadas las muestras
- Colocar las muestras en un cooler.

En la etapa de preservación y almacenamiento, se tomó en consideración la norma INEN 1105-1984 que indica que la temperatura de toda muestra de agua contaminada debe ser inferior

a 10°C durante un tiempo máximo de 6 horas de transporte.

Para el logro de los medios de cultivo se disolvieron 37,00 gramos del caldo Ec (Titan Biotech Limited) en 1000 ml de agua destilada, se procedió a calentar suavemente hasta ebullición con agitación para disolver completamente el medio, finalmente se esterilizó en autoclave a 15 psi de presión (121°C) durante 15 minutos.

Seguidamente los tubos de dilución comenzaron con 9 ml de caldo Ec se agregaron 1 ml de la solución madre y luego se transfirieron 1 ml al siguiente tubo así sucesivamente hasta completar 1/100.000 obteniendo 5 tubos.

Para la siembra de incubación, en tubos tapa roscada se colocaron 9 ml de Caldo Ec, a los que se les agregó 1 ml de la solución madre. Cada tubo contenía un tubo Durham invertido. Luego, se transfirió 1 ml a cada tubo en diluciones que iban de 1:10 a 1:100.000. Estos tubos se incubaron a una temperatura de 44.5 - 45°C durante un período de 24 a 48 horas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (10), el consumo de aguas con presencia de microorganismos repercute negativamente en la salud poblacional, desarrollando diversas enfermedades tales como cólera, enfermedades diarreicas o tropicales, en

algunos casos suelen ser asintomáticos y causar brotes de enfermedades infecciosas, razón por la cual, su consumo a través de plantas de aguas proporciona acceso saludable y equitativo de agua potable.

Con base a los datos experimentales se corroboró que el total de la población utiliza agua para su consumo doméstico a partir de una planta de tratamiento, lo cual reduce el desarrollo de enfermedades infecciosas en niños menores de 5 años en países subdesarrolladas y en vías de desarrollo (11).

La cloración en aguas potables garantiza su inocuidad, es decir, la ausencia de patógenos infecciosos causantes de enfermedades que podrían convertirse en endémicos y, por ende, generar una gran amenaza para la salud pública (12).

De acuerdo con Acharya et al. (13), independientemente de la red de distribución que provenga el agua para posterior consumo, requiere de una desinfección mediante diversas técnicas e insumos, tales como el cloro o utilización de biofloculantes/ biocoagulantes que no representan un riesgo toxicológico para la salud según lo estudiado por Kurniawan et al. (14).

En el gráfico anterior se observa que la mayor frecuencia de consumo de agua tratada corresponde a la población de la parroquia Tendales. Específicamente, el 74.7% de los encuestados (equivalente a 56 de 75) indicaron

que utilizan agua tratada para uso doméstico, está desinfectada con uno de los componentes más empleados para dichos tratamientos, mientras que el 25.3% (19/75 encuestados) señalaron que no emplean dichas aguas tratadas, por lo que, el riesgo de infecciones gastrointestinales aumenta.

No obstante, para Ercumen et al. (15) y Mazha et al. (16), la cloración del agua potable resulta controversial en algunos casos, puesto que, al combinarse accidentalmente con materias orgánicas naturales presentes en la misma, se generan efectos adversos que repercuten en los seres humanos, principalmente causando distintos tipos de cánceres. Esto a su vez, fue corroborado por Mills et al. (17), quienes señalan que los subproductos de la cloración desarrollan cáncer de colon y vejiga y otros efectos como abortos espontáneos, anomalías fetales y problemas en el desarrollo y reproducción fetal.

En contraste, en un estudio a 130 niños que consumían hace 1 año agua con tratamiento de cloración automatizada de un grifo, en el cual observó que se produjo una reducción de las infecciones diarreicas, ya que se proliferó una abundancia de microorganismos bacterianos que protegían la salud intestinal (18).

Del mismo modo Orner et al. (19), señalan en su estudio que la implementación de un clorador de PVC (Cloruro de Polivinilo) resulta favorable en la eliminación de virus y bacterias, en su análisis empleó una dosis de 0,27 mg/L y midió el cloro

libre residual en 5 lugares distintos después de la inserción de una tabla de cloro a un tiempo de contacto de 56.6 minutos, ratificando una inactivación total de microorganismos, incluso *G. lamblia*, causante de casos de diarrea en la población.

Entre las características de higiene de los pobladores que formaron parte del estudio se analizó de acuerdo a los siguientes tópicos: En primer lugar, está la *ejecución de tratamientos de las aguas destinadas al consumo humano* resulta imprescindible para garantizar agua segura, libre de micro contaminantes, entre ellas están: hervir, cloración, filtros, ninguno u otros.

Actualmente, existen diversos métodos para eliminar microorganismos de las fuentes de aguas económicas y viables, incluyendo el proceso de coagulación que concatena con la filtración que facilita la eliminación de las partículas.

Los resultados obtenidos del análisis preliminar de los tratamientos del agua doméstica. El 25.3% señalaron no utilizar tratamientos, no obstante, dicha población en este caso representó el 29.3% (22/75) que no aplicaron ningún tratamiento, mientras que, el 40.0% (30 encuestados) subrayan hervir el agua antes de consumirla, posteriormente, el 20.0%. Ercumen et al, (15) indicó emplear la cloración como método predeterminado. Finalmente, el 4.0% señalaron utilizar filtros, y el 6.7% equivalente a 5 encuestados aprovechan otros tratamientos.

El estudio realizado por Ma et al. (20) en aguas cloradas, señala que hervirla reduce significativamente varios subproductos de la cloración producidos por la presencia de materiales orgánicos, siendo el trihalometano el principal subproducto disminuido a una dosis entre 0.1 – 1 mg/L de cloro residual. No obstante, la concentración de cloro residual entre 0.1 a 5.0 mg/L no produjo la eliminación significativa de haloacetnitrilos, y, aumentó la concentración de haloacéticos por las reacciones con las materias orgánicas a altas temperaturas. Además, recalcó que hervir en recipientes abiertos disminuye más los componentes del cloro, que hirviendo en recipientes cerrados.

El estudio antes mencionado coincide con Zhao et al. (21), quien evaluó el agua de grifo en ebullición a 100°C para eliminar 17 subproductos alifáticos y 44 aromáticos en aguas cloradas, concluyendo que los subproductos alifáticos se eliminan significativamente mediante hidrólisis y volatilización, favoreciendo el consumo de agua libre de productos tóxicos para el organismo.

El siguiente factor fue el *Análisis del agua*. La protección de la salud pública y del medio ambiente, precisa la ejecución de análisis de aguas mediante laboratorios acreditados que garanticen la precisión y fiabilidad de los resultados. En el actual estudio se corroboró que toda la población, exceptuando uno, comprueba la calidad del agua que emplean en su consumo diario.

En Ecuador, el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (22), mencionó que otorga beneficios a los laboratorios que se certifiquen y, a su vez, potencien la confiabilidad de sus resultados a quienes acudan a sus servicios, puesto que, garantizan su competencia técnica a nivel nacional e internacional.

Los resultados proporcionados por la población, señalaron que, el 98.7% (74/75) no han realizado análisis en laboratorios certificados por el SAE respecto a la calidad de agua que emplean para uso doméstico, mientras que, únicamente el 1.3% argumentó emplear otros laboratorios para el respectivo análisis.

Según Gudeta (23), el análisis del agua potable debe ejecutarse periódicamente para preservar la salud humana, considerando que existen contaminantes físicos, químicos o microbiológicos que alteran el equilibrio requerido para su consumo. Además, ratifica que, para el análisis de agua deben compararse con los estándares propuestos por la OMS para garantizar su calidad.

Lo antes señalado concuerda con Rahman (24), quien argumenta que los cambios estacionales y aumento de precipitaciones generan una contaminación en las aguas superficiales, tal como ocurrió en su estudio, el cual registró un aumento significativo de contaminantes durante la temporada de invierno. Por ello, ambos autores sugieren que los parámetros a evaluarse sean demanda bioquímica de oxígeno (DBO),

conductividad eléctrica (CE), presencia de iones cloruro, sólidos disueltos totales (SDT), dureza total (DT), alcalinidad, pH y sólidos suspendidos totales.

Seguidamente se tiene el *Almacenamiento Del Agua De Consumo Doméstico*. Un almacenamiento correcto previene la contaminación del agua por agentes externos, como bacterias, virus, y sustancias químicas, que podrían poner en riesgo la salud. Además, disponer de agua potable almacenada es esencial para enfrentar emergencias, interrupciones en el suministro o situaciones donde el acceso inmediato a fuentes seguras no sea posible.

Los datos proporcionaron información respecto a los diversos recipientes de almacenamiento del agua de uso doméstico, siendo el 40.0% (30/75) aquellos que utilizan cisterna, mientras que un 26.7% (20/75) emplearon tanque de plástico para preservar el uso del agua, y, el 33.3% (25/75) indicaron no utilizar algún tipo de recipiente.

Rahman et al. (25) realizó un estudio respecto a las prácticas de almacenamiento de agua potable en el distrito de Uttar Pradesh, India, indicando que en las zonas urbanas el 67.43% de la población emplea botella o jarra con tapa para depositar el agua, mientras que el 94.60% de los individuos de zonas rurales utilizan un balde con tapa, cuya frecuencia de limpieza del recipiente es diaria en las zonas rurales (65.3%) y urbanas (34.6%), por lo que se conserva con mayor calidad

el agua, evitando la infección al núcleo familiar.

Rahman (26) estudió 5 recipientes comunes empleados para el almacenamiento de agua; cazuela de barro, plástico, cerámica, vidrio y acero inoxidable durante 28 días, en el cual analizaron parámetros como sólidos totales, sólidos disueltos, pH, conductividad eléctrica, sulfatos, turbidez, nitrato, alcalinidad y dureza total, en el cual, se verificó que hubo una mejora en la calidad de agua en cuanto a recuento de coliformes, fosfatos y cloruros, sin embargo, aclaran que no existe un recipiente en específico que mejore la calidad, sino que depende del parámetro que se desee evaluar.

Los autores Ogbozige et al. (27) comprobaron a través de la experimentación durante 6 semanas con diversos recipientes (plástico, acero inoxidable y vasija de barro) que, el depósito de plástico negro conserva mejor la calidad el agua ya sea de pozo o grifo, exceptuando la vasija de barro cuyo periodo máximo fue de 6 días.

Luego se tiene *La Limpieza De Recipientes De Almacenamiento*. A posterioridad, se presenta la Ilustración 5 que representa la frecuencia que emplea la población de estudio para limpiar/ desinfectar los recipientes de almacenamiento del líquido vital. El agua almacenada para su posterior utilización requiere de un tratamiento de los recipientes que garanticen que dicho líquido vital permanezca libre de contaminantes químicos y microbiológico, a través de la implementación de buenas prácticas de gestión del agua, y, de

forma concomitante, el buen manejo e higiene del agua potable disminuirá la carga de transmisión y propagación de enfermedades relacionadas (25).

Las informaciones suministradas por los pobladores en el estudio reflejaron que la mayor frecuencia de limpieza de los recipientes de agua aconteció mensualmente (33.3% proporcional a 25/75 encuestados) tal como demuestra la barra gris, por el contrario, el 24.0% (18/75) lo ejecuta cada 15 días, y, el 16.0% (12/75) anualmente. Lo controversial resulta que, el 26.7%, es decir la barra roja equivalente al 20/75 de los encuestados, no lo realizó en ningún periodo, lo que podría resultar desfavorable en la preservación de la salud familiar.

Saxena (25) alega que, las buenas prácticas de higiene y manejo del agua potable mejora la salud del núcleo familiar, mayormente la de los niños, puesto que disminuye la tasa de riesgo de contraer enfermedades.

Y por último se tiene *El Abastecimiento Del Agua Almacenada*. De acuerdo con Salehi (28), en la actualidad ha aumentado el escases del recurso hídrico, por lo que, el suministro de agua a diversas poblaciones ha sido intermitente y en granel en algunas ocasiones, razón por la cual, varias familias han optado por el almacenamiento del agua en tanques para evitar las interrupciones, por ello, el riesgo de perjudicar las características fisicoquímicas del agua aumenta, no obstante, si el almacenamiento es durante bajos periodos de

tiempo se reduce el riesgo de peligros potenciales.

A partir de los datos indicados en la ilustración anterior se determinó que, de una fuente de abastecimiento se benefician grupos poblacionales conformados por 4 individuos (28.0%) y 2 (28.0%), equivalente a los 42 encuestados. Mientras que, el 26.7% señaló 3 individuos y 17.3%; una persona que se abasteció a partir de dicha fuente.

Ogbozige (27), en su estudio experimental para corroborar la eficacia de conserva del agua en diversos recipientes, señalaron un máximo de 3 semanas para su almacenamiento, caso contrario, se desencadenan una serie de reacciones por la presencia de materia orgánica, dando origen a microorganismos perjudiciales.

De acuerdo con Manga (29), el almacenamiento de agua en tanques de plástico o metal es una práctica común en los países en vías de desarrollo, que, al no ejecutar adecuadamente se desencadena modificaciones en las propiedades físico-químicas del agua, además, señala la correlación entre el tiempo de retención o almacenamiento del agua con el efecto sobre la calidad del agua. Wang (30), señala que los componentes de fabricación del recipiente pueden descomponerse con un mayor tiempo de almacenamiento del agua, provocando la contaminación de la misma, obtuvo concentraciones de cobre entre 0.009 y 0.823 mg/L, siendo para un almacenamiento de 168h un mayor valor de dicho metal, lo que comprueba lo antes argumentado.

Manga (29), en su revisión sistemática ratificaron que, largos periodos de almacenamiento de agua afectan el pH, aumentando su acidificación y, por ende, corrosividad. Además, argumenta que, una inadecuada higiene por tiempos prolongados de los recipientes de almacenamiento como las cisternas, aumenta las concentraciones de metales pesados, aniones y cationes.

Otro tema explorado en la investigación fue las condiciones de salud a través de las *Manifestaciones Clínicas Presentes En La Población*. El consumo de agua contaminada debido a un inadecuado almacenamiento y limpieza de los recipientes puede desencadenar diversas manifestaciones clínicas que afectan principalmente los sistemas gastrointestinal y urinario. Estas condiciones no solo afectan la calidad de vida, sino que también pueden llevar a complicaciones graves si no se tratan adecuadamente. Por lo tanto, es crucial mantener prácticas higiénicas en el almacenamiento del agua para prevenir complicaciones y garantizar la seguridad del agua consumida.

Según los resultados del estudio el principal efecto adverso señalado por los encuestados, fueron los problemas gastrointestinales (41.3%), seguido de diarrea (25.3%) y parat. Intestinal (14.7%), mientras que, una minoría reportó náuseas y vómitos (12.0%) e infecciones urinarias (6.7%).

De acuerdo con los resultados actuales, estudios anteriores han demostrado las diversas manifestaciones clínicas que se desarrollan tras la ingesta de agua contaminada. Ramos-Mancheno (31), declara que las gastroenteritis agudas y las diarreas son las principales manifestaciones en ingesta de *Escherichia coli*, *Shigella* sp., *Campylobacter*, *Samonella* sp. y *Yersinia enterocolítica*. Además, podrían relacionarse también por el consumo de plomo, níquel, cobre y mercurio, sin embargo, estos compuestos inorgánicos desencadenan patologías severas tales como úlceras gástricas, daño hepático, intoxicación sanguínea y alteraciones del sistema nervioso.

Por otro lado, Babuji et al. (32) estudiaron el efecto de la acumulación de subproductos de la cloración en el consumo de agua en mujeres embarazadas y, determinó que existe una asociación en la ingesta de agua contaminada con efectos al feto, entre ellos, defectos del tubo neural, partos prematuros, tamaño pequeño para la edad gestacional e incluso abortos espontáneos.

Un análisis realizado en Ecuador por (33), señalan que, entre los principales patógenos que están relacionados como responsables de enfermedades gastrointestinales pertenecen al grupo coliforme; *Helicobacter pylori* y *Escherichia coli*, entre otros parásitos intestinales.

Otro tópico abordado en las condiciones de salud fueron *los Estudios Microbiológicos*

aplicados en las aguas depositadas en diversos recipientes de almacenamiento, ya que resultan esenciales para la detección e identificación de microorganismos perjudiciales para la salud humana, llegando a provocar el desarrollo de patologías. La presencia de *Escherichia coli* es una de las principales pruebas a realizarse en las aguas de consumo humano, al ser considera un microorganismo altamente infeccioso.

En el primer punto de muestreo (15 de abril) la temperatura ambiente era de 28 °C, mientras que la temperatura del agua era de 25 °C. El segundo punto (24 de mayo), muestra las mismas temperaturas ambiente y del agua que el primer punto, siendo 28°C y 25 °C respectivamente. El tercer punto de muestreo se llevó a cabo en el lugar 10 de agosto, donde se registró una temperatura ambiente de 27 °C y una temperatura del agua de 24 °C. El cuarto punto de muestreo (10 de octubre), tuvo una temperatura ambiente de 29 °C y una temperatura del agua de 23 °C. El quinto y último punto de muestreo, realizado en Costa Verde, registró una temperatura ambiente de 26 °C y una temperatura del agua de 22 °C.

Por lo antes mencionado, se determinó que las aguas almacenadas presentaban distinta temperatura con respecto a las del ambiente, siendo las muestras del punto 1, 2 y 3 las de menor diferencia entre sí; el punto 1, 2 y punto 3 evidencian una diferencia de 3°C con respecto a la temperatura ambiente, posteriormente, el

punto 5 con una discrepancia de 4°C y, finalmente el punto 4 con una variación de 6°C. También se pudo determinar en el estudio que la temperatura de transporte es un factor controlado y constante, independientemente de las condiciones ambientales en el momento de la recolección de las muestras.

De acuerdo con lo anunciado por Martínez (6), el crecimiento bacteriano, incluyendo *Escherichia coli* i en depósitos de agua disminuye con el incremento de la temperatura, siendo para *Escherichia coli* las condiciones adecuadas para su crecimiento temperaturas entre 20°C a 40°C. Nguyen (2006) reportó el crecimiento de *Escherichia coli* a diversas temperaturas (0°C – 70°C), obteniendo recuentos bacterianos de 4.98x10⁸ UFC/ml a 37°C y, a temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C no registró recuento de *Escherichia coli*.

Por otro lado, para el proceso de identificación y cuantificación de *Escherichia coli* se ejecutó la disolución de las muestras de los diversos sectores. Las disoluciones utilizadas son incrementales, y van desde una dilución de 1/10 en el Tubo 1 hasta una dilución de 1/100,000 en el Tubo 5. Cada fila de la tabla corresponde a una dilución específica y las columnas indican los diversos sectores en que se realizaron las pruebas. Pese a las exhaustivas disoluciones, no se detectó *Escherichia coli* (-) en ninguna de las muestras evaluadas, lo cual sugiere que las muestras

analizadas son seguras en cuanto a la presencia de este microorganismo específico.

Además, posterior al proceso de disolución de las muestras y detección de ausencia de *Escherichia coli* en las distintas disoluciones, se correspondió a la inmersión de las muestras ubicadas en un tubo de ensayo al caldo Ec para confirmar su ausencia. Con base a los resultados obtenidos, se confirma la ausencia de *Escherichia coli* en las muestras de agua desde la muestra A hasta la E, puesto que, posterior a las 24h de incubación a una temperatura de 44.5-45.5°C no se observó cambios específicos como la formación de turbidez o gas, puesto que, los tubos de ensayo dentro del caldo no se elevaron ni mostraron alteraciones.

Parámetros de pH y cloro residual. Según el artículo de "Journal of Environmental Management", la eficacia del cloro como desinfectante se ve afectada significativamente por el pH del agua. La investigación muestra que a pH niveles entre 7.0 y 7.4, el cloro es más efectivo debido a la predominancia del ácido hipocloroso (HOCl), que es la forma más potente del cloro para la desinfección. A medida que el pH aumenta, el ácido hipocloroso se convierte en ion hipoclorito (OCl⁻), que es menos efectivo. Esto significa que las muestras con pH de 8.2 (Muestra 3 el 10 de agosto) tendrían una desinfección menos efectiva con el cloro residual menor a 0.5 mg/L.

La revista "Water Research" discute cómo los niveles de cloro residual son críticos para mantener la calidad del agua potable. Un nivel de cloro residual por debajo de 0.5 mg/L puede no ser suficiente para garantizar la desinfección continua, especialmente en presencia de un pH elevado. El estudio indica que mantener un cloro residual adecuado es vital para prevenir la recontaminación bacteriana en el sistema de distribución de agua. En las muestras con pH de 7.8 (Muestra 2 en Costa Verde) y 8.2, el riesgo de contaminación aumenta debido a la menor efectividad del cloro a estos niveles de pH.

CONCLUSIONES

Si bien el presente estudio tuvo como hipótesis inicial detectar la presencia de *Escherichia coli* en las cisternas de aguas de uso domiciliario de la cabecera parroquial de Tendales del Cantón el Guabo, también se develaron otros elementos que describen la situación hídrica de la zona en estudio, tal es el caso de la identificación de los medios de almacenamiento de agua, debido a que proporcionó información útil sobre los métodos empleados en los hogares revelando diferencias en las estrategias de mantenimiento por la comunidad que pudieron influir considerablemente en el bienestar y la salud en general.

Para optimizar los métodos de almacenamiento de agua, se recomienda implementar iniciativas de conservación y educación a la comunidad sobre técnicas seguras de almacenamiento de agua en sus hogares, además es importante fomentar la participación comunitaria en programas de capacitación para asegurar que los conocimientos se difundan ampliamente.

Para finalizar, en la evaluación de la presencia de *Escherichia coli* en diferentes reservorios de agua, se utilizó caldo EC donde se evidenció la ausencia de la bacteria en todas las muestras analizadas, lo cual sugiere que los reservorios evaluados no presentan contaminación fecal, no obstante es necesaria la implementación de métodos cuali-cuantitativos realizando un monitoreo regular y periódico de los reservorios de agua, esto ayudará a detectar cualquier cambio en la calidad del agua a lo largo del tiempo.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

1. Franco A, Ramírez L, Orozco M, López L. Determinación de *Escherichia coli* e identificación del serotipo O157:H7 en carne de cerdo comercializada en los principales supermercados de la ciudad de Cartagena. *Lasallista Investig.* 2013; 10(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492013000100009

2. The center for food security and public health. E. Coli enterohemorrágica. 2010. <http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/ecoli-es.pdf>.
3. Rodríguez-Angeles G. Principales características y diagnóstico de los grupos patógenos de *Escherichia coli*. Salud Pública de México. 2002; 44(5), 464-475. <http://www.insp.mx/salud/index.html>
4. Ushca D. Identificación de *Escherichia coli* en carne de pollo: comercializada en expendios de la ciudad de Babahoyo. Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/14077/TE-UTB-FACIAG-MVZ-000052.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality third edition incorporating the first and second addenda. Ginebra. 2018. Volumen 1. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/204411/9789241547611_eng.pdf?sequence=1
6. Martínez F. Biología de los Microorganismos-Brock - 14 Edición. Biología de los Microorganismos. 2015.
7. Quevedo C, Basilio V, Cruz A. Presencia de *Escherichia coli* en la playa Pucusana, Lima, y su potencial efecto en la salud pública. Acta Medica peruana. 2022; 39. DOI:10.35663/amp.2022.391.2305.
8. Ríos-Tobón S, Agudelo-Cadavid R, Gutiérrez-Builes L. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Rev. Fac. Nac. Salud Pública, 2017; 35(2): 236-247. DOI: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08
9. Navab-Daneshmand T, Friedrich N, Gächter M, Montealegre M, Mlambo L, Nhiwatiwa T, Mosler H, Julian T. *Escherichia coli* Contamination across Multiple Environmental Compartments (Soil, Hands, Drinking Water, and Handwashing Water) in Urban Harare: Correlations and Risk Factors. Am J Trop Med Hyg. 2018; 98(3):803-813. doi: 10.4269/ajtmh.17-0521
10. Organización Mundial de la Salud-OMS. Agua para consumo humano. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>. 2021
11. Sheel V, Kotwal A, Dumka N, Sharma V, Kumar R, Tyagi V. Water as a social determinant of health: Bringing policies into action. Journal of Global Health Reports. 2024; 8, e2024003. <https://doi.org/10.29392/001c.92160>.
12. Oliveira M, Nunes M, Barreto M, Silva A. The environmental contribution to the dissemination of carbapenem and (fluoro)quinolone resistance genes by discharged and reused wastewater effluents: The role of cellular and extracellular DNA. Water Research. 2020; 182, 116011. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116011>.
13. Acharya K, Halla F, Massawa S, Mgana S, Komar T, Davenport R, Werner D. Chlorination effects on DNA based characterization of water microbiomes and implications for the interpretation of data from disinfected systems. Journal of Environmental Management. 2020; 276, 111319. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111319>
14. Kurniawan S, Abdullah S, Imron M, Said S, Ismail N, Izzati H, Othman A, Purwanti I. Challenges and Opportunities of Biocoagulant/Biofloculant Application for Drinking Water and Wastewater Treatment and Its Potential for Sludge Recovery. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020; 7(24), <https://doi.org/10.3390/ijerph17249312>
15. Ercumen A, Naser A, Unicomb L, Arnold B, Colford J, Luby S. Effects of source- versus household contamination of tubewell water on child diarrhea in rural Bangladesh: A randomized controlled trial. PloS One. 2015; 10(3), e0121907. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121907>.
16. Mazhar M, Khan N, Ahmed, Khan A, Hussain A, Rahisuddin F, Yousefi M, Ahmadi S, Vambol V. Chlorination disinfection by-products in municipal drinking water – A review. Journal of Cleaner Production. 2020; 273: 123159. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123159>.
17. Mills C, Bull R, Cantor K, Reif J, Hrudey S, Huston P. Workshop report. Health risks of drinking water chlorination by-products: Report of an expert working group. Chronic Diseases in Canada. 1998;19(3):91-102. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9820832/>

- 18.** Nadimpalli M, Lanza V, Montealegre M, Sultana S, Fuhrmeister E, Worby C, Teichmann L, Caduff L, Swarthout J, Crider Y, Earl A, Brown J, Luby S, Islam M, Julian T, Pickering A. J. Drinking water chlorination has minor effects on the intestinal flora and resistomes of Bangladeshi children. *Nature Microbiology*. 2022; 7(5): 620-629. <https://doi.org/10.1038/s41564-022-01101-3>.
- 19.** Orner K, Calvo A, Zhang J, Mihelcic, J. R. Effectiveness of in-line chlorination in a developing world gravity-flow water supply. *Waterlines*. 2017; 36(2): 167-182. <https://doi.org/10.3362/1756-3488.16-00016>.
- 20.** Ma X, Cheng J, Zhang P, Wu Y, Deng, J., Dong, F., Li, X., Dietrich, A. M. Impact of boiling on chemical and physical processes for reduction of halomethanes, haloacetonitriles, and haloacetic acids in drinking water. *The Science of the Total Environment*, 906, 167657. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167657>. 2024
- 21.** Zhao, J., Han, L., Tan, S., Chu, W., Dong, H., Zhou, Q., Pan, Y. Revisiting the effect of boiling on halogenated disinfection byproducts, total organic halogen, and cytotoxicity in simulated tap water. *Chemosphere*, 309(Pt 1), 136577. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136577>. 2022.
- 22.** Servicio de Acreditación Ecuatoriano. Beneficios de la acreditación – Servicio de Acreditación Ecuatoriano. Beneficios de la acreditación. Disponible en: <https://www.acreditacion.gob.ec/beneficios-de-la-acreditacion/>.2023.
- 23.** Gudeta, B., Ratnam, M. V., Mohan, R. Physiochemical Analysis of Drinking Water and Treatment with a Homemade Filter: A Case Study of Illu Abba Bor Zone, Ethiopia. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2022, 4333938. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2022/4333938>. 2022.
- 24.** Rahman, A., Jahanara, I., Jolly, Y. N. Assessment of physicochemical properties of water and their seasonal variation in an urban river in Bangladesh. *Water Science and Engineering*, 14(2), 139-148. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2021.06.006>. 2021
- 25.** Saxena, D., Raheja, L., Tamma, R. R., Jain, P. K., Takhelchangbam, N. Assessment of Safe Drinking Water Handling Practices in Households of Northern India: A Cross-Sectional Study. *Cureus*, 16(3), e55888. <https://doi.org/10.7759/cureus.55888>. 2024.
- 26.** Obianyo, J. Effect of storage containers on water quality. *Tropical Journal of Science and Technology*, 1(1), 66-73. 2020.
- 27.** Ogbozige, F., Ibrahim, F., Adie, D. Effect of Storage Time and Container Material on Potable Water Quality. *Ife Journal of Science and Technology*, 1(2), 59-71. 2018.
- 28.** Salehi, M. Global water shortage and potable water safety; Today's concern and tomorrow's crisis. *Environment International*, 158, 106936. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106936>. 2022.
- 29.** Manga, M., Ngobi, T. G., Okeny, L., Acheng, P., Namakula, H., Kyaterekera, E., Nansubuga, I., Kibwami, N. The effect of household storage tanks/ vessels and user practices on the quality of water: A systematic review of literature. *Environmental Systems Research*, 10(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s40068-021-00221-9>. 2021.
- 30.** Wang, C., Huang, P., Qiu, C., Li, J., Hu, S., Sun, L., Bai, Y., Gao, F., Li, C., Liu, N., Wang, D., Wang, S. Occurrence, migration and health risk of phthalates in tap water, barreled water and bottled water in Tianjin, China. *Journal of Hazardous Materials*, 408, 124891. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124891>. 2021.
- 31.** Ramos-Mancheno, A. Efectos del consumo de agua contaminada en la calidad de vida de las personas. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 9(1), 614-632. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i1.6396>. 2024
- 32.** Babuji, P., Thirumalaisamy, S., Duraisamy, K., Periyasamy, G. (2023). Human Health Risks due to Exposure to Water Pollution: A Review. *Water*, 15(14), Article 14. <https://doi.org/10.3390/w15142532>. 2023.
- 33.** Mero, J. D. Z., Párraga, A. G. D., Mero, E. T. Z., Villafuerte, S. L. P. Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador. *Siembra*, 9(2), e4011. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.4011>. 2022.