

Investigación

Trabajo de Grado

Detección de *Salmonella* spp., *Shigella* spp., coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en agua de Jagüeyes para consumo humano en zonas rurales de Astrea, Cesar.



Universidad
Popular del Cesar

Departamento
de Microbiología



Universidad
Popular del Cesar

**Detección de *Salmonella* spp., *Shigella* spp.,
coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en agua
de Jagüeyes para consumo humano en zonas rurales
de Astrea, Cesar.**

Trabajo de grado desarrollado por

Viviana Rosales Martínez
María Laura Cáceres Bohórquez

Presentado al

Departamento de Biología, Microbiología y afines
Facultad de Ciencias Básicas
Universidad Popular del Cesar

Línea de Investigación
Epidemiología y enfermedades infecciosas

Director: **Kelin Roxana Esquea Larios.** – Universidad Popular del Cesar, Colombia
Co-Director: **Margarita Vizcaino Bermejo.** – Universidad Popular del Cesar, Colombia

Valledupar, Colombia.
Septiembre – 2026



Universidad
Popular del Cesar

**Detección de *Salmonella* spp., *Shigella* spp.,
coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en agua
de Jagüeyes para consumo humano en zonas rurales
de Astrea, Cesar.**

Presentado al

Departamento de Biología, Microbiología y afines
Facultad de Ciencias Básicas
Universidad Popular del Cesar

Línea de Investigación
Epidemiología y enfermedades infecciosas

Valledupar, Colombia.
Septiembre – 2026

Tabla de contenido

Resumen	6
1. Introducción	7
2. Planteamiento del Problema	9
3. Justificación	11
4. Objetivos	13
4.1. Objetivo General	13
4.2. Objetivos Específicos	13
5. Marco Referencial	14
5.1. Antecedentes	14
5.2. Marco Teórico	15
5.2.1. Contaminación microbiológica del agua	15
5.2.2. Jagüeyes como fuentes de agua	15
5.2.3. Coliformes como indicadores de calidad del agua	15
5.2.4. <i>Salmonella</i> spp. y <i>Shigella</i> spp. como patógenos gastrointestinales	15
5.2.5. Factores ambientales y contaminación microbiológica de los jagüeyes	16
5.2.6. Relevancia de <i>Salmonella</i> spp. y <i>Shigella</i> spp. para la salud pública	16
5.2.7. Ecología de la familia Enterobacteriaceae en ambientes tropicales	16
5.2.8. Mecanismos de persistencia y supervivencia ambiental	17
5.2.9. Factores fisicoquímicos y disponibilidad de nutrientes	17
5.2.10. Avances en la identificación y perfiles de resistencia	18
5.2.11. Enfoque de "Una Sola Salud" (One Health) en reservorios rurales	18
5.2.12. Bioenergética y coeficiente de temperatura en el metabolismo bacteriano	18



5.2.13. Mecanismos de transferencia horizontal de genes (THG)	19
5.2.14. Atenuación lumínica y fotólisis en la columna de agua	19
5.2.15. Vulnerabilidad hídrica y normatividad sanitaria nacional	19
5.2.16. Bioadsorción y complejos arcillo-orgánicos en sedimentos	20
5.2.17. Sucesión ecológica y estabilidad del nicho microbiano	20
5.2.18. Resiliencia genómica y sistemas de respuesta al estrés	20
5.2.19. Antropización y fragmentación del paisaje rural	21
5.2.20. Dosis infectiva y potencial patogénico en fuentes de agua	21
5.3. Marco Legal	22
6. Metodología	23
6.1. Características del Estudio	23
6.1.1. Delimitación geográfica y temporal	23
6.1.2. Enfoque y tipo de estudio	23
6.2. Universo, Población y Muestra	23
6.3. Criterios de Inclusión y Exclusión	24
6.4. Variables	24
6.5. Técnicas y Procedimientos Experimentales	24
6.5.1. Toma de muestras de agua	24
6.5.2. Procesamiento de muestras de agua	25
6.5.3. Aislamiento en medios de cultivo selectivos y diferenciales	25
6.5.3.1. Siembra en agar <i>Salmonella-Shigella</i> (SS) y agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD) ...	25
6.5.3.2. Siembra en agar Eosina Azul de Metileno (EMB)	26
6.5.3.3. Siembra en agar nutritivo	26

6.5.4. Identificación presuntiva del género bacteriano	26
6.5.5. Identificación y confirmación de especies mediante MALDI-TOF MS	26
6.5.6. Evaluación de la susceptibilidad antimicrobiana (antibiograma)	26
6.6. Procesamiento y Análisis de Datos	27
7. Resultados	28
8. Discusión	35
9. Conclusión	39
10. Recomendaciones	40
11. Referencias Bibliográficas	41
12. Anexos	54

Resumen

El agua es un recurso esencial para la vida, pero su contaminación microbiológica representa un grave riesgo para la salud pública, especialmente en zonas rurales donde el acceso a agua potable es limitado. El objetivo de este estudio fue detectar *Salmonella* spp., *Shigella* spp., coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en agua de jagüeyes para consumo humano en el área rural de Astrea, Cesar, Colombia, microorganismos reconocidos como agentes etiológicos de enfermedades gastrointestinales severas, como la salmonelosis y la shigelosis, que afectan a poblaciones vulnerables. Para ello, se utilizó un diseño descriptivo transversal con muestreo en jagüeyes estratégicamente seleccionados del municipio, en los cuales se recolectaron 60 muestras de agua. Los análisis microbiológicos se realizaron mediante siembra en medios selectivos y diferenciales (agar SS, XLD y EMB), y confirmación de microorganismos con espectrometría de masas MALDI-TOF y perfil de susceptibilidad con sistema VITEK2. Los resultados evidenciaron un recuento de coliformes totales que osciló entre 30 y 50 UFC/100 mL, confirmándose la presencia de *Escherichia coli* mediante pruebas IMViC, lo cual supera el valor máximo admisible establecido en la Resolución 2115 de 2007 (0 UFC/100 mL para agua de consumo humano). Asimismo, se confirmó la presencia de *Salmonella enterica* en 13 de las 60 muestras evaluadas, las cuales presentaron 100 % de sensibilidad a los antimicrobianos evaluados, mientras que no se evidenció aislamiento de *Shigella* spp. Se concluye que el agua de estos jagüeyes no es apta para el consumo humano directo, constituyendo un foco de riesgo epidemiológico de enfermedades transmitidas por agua (ETA).

Palabras clave: jagüeyes, contaminación fecal, calidad del agua.

1. Introducción

El análisis de fuentes de agua como los jagüeyes en regiones rurales de Astrea Cesar es necesario para comprender la presencia y características de patógenos bacterianos que causan enfermedades gastrointestinales. Entre los microorganismos de mayor interés están *Salmonella* spp. y *Shigella* spp., dos bacterias gramnegativas altamente relevantes por su capacidad para causar salmonelosis y shigelosis, respectivamente. Estas patologías afectan severamente la salud humana, especialmente en comunidades con acceso limitado a agua potable.

La caracterización de *Salmonella* spp. se realiza mediante técnicas de cultivo en medios selectivos y diferenciales, como el agar *Salmonella-Shigella* (SS). Este medio permite la diferenciación por fermentación de lactosa y producción de sulfuro de hidrógeno, manifestada en colonias con características cromáticas específicas. La sensibilidad de estos métodos no es tan precisa, por lo cual es necesario complementar con técnicas moleculares para una caracterización más exacta.

Por otro lado, *Shigella* spp. se caracteriza por ser inmóvil y presentar una dosis infectante baja, lo que le confiere alta contagiosidad y la asocia a brotes de disentería bacilar. Su patogenicidad se sustenta en la expresión de factores de virulencia y toxinas que facilitan la invasión del epitelio intestinal y la evasión de la respuesta inmune del hospedador, detectándose tradicionalmente mediante baterías bioquímicas.

Aunque este estudio prioriza la detección específica de *Salmonella* spp. y *Shigella* spp., por su alta patogenicidad y relevancia epidemiológica local, se reconoce que la evaluación integral de la calidad del agua debe incluir coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*, como indicadores obligatorios según la Resolución 2115 de 2007.

El abordaje microbiológico de estos jagüeyes integró métodos clásicos de aislamiento en placa junto con la espectrometría de masas MALDI-TOF para la confirmación rápida y precisa de aislamientos de *Salmonella enterica*.

Conocer la presencia y características microbiológicas de estos patógenos en fuentes de agua de comunidades vulnerables es indispensable para comprender la dinámica epidemiológica de las enfermedades transmitidas por el agua y desarrollar estrategias efectivas de monitoreo y control. Este enfoque microbiológico aporta una base sólida para la toma de decisiones en salud pública, orientada a minimizar el impacto de estas bacterias en poblaciones rurales que dependen de jagüeyes como fuente principal de agua.

Esta investigación aporta datos sobre las características microbiológicas del agua de los jagüeyes, demostrando el riesgo que representa para el consumo humano, además de servir de base para futuras investigaciones que permitan fortalecer la salud pública en esta población, al prevenir y vigilar las enfermedades transmitidas por el agua en comunidades rurales.

2. Problema

En Astrea, un municipio situado en el noreste del departamento del Cesar, Colombia, la población rural dispersa enfrenta grandes dificultades para acceder a fuentes de agua aptas para el consumo humano. Esta problemática afecta directamente la calidad de vida de sus habitantes y representa un desafío para el desarrollo sostenible de la región. Según el Departamento del Cesar (2025), la escasez de fuentes naturales y la insuficiente infraestructura para la distribución de agua potable agravan la situación, afectando la calidad de vida de muchas comunidades rurales. Además, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2023) señala que existe un alto riesgo sanitario debido a que un número considerable de municipios rurales suministra agua sin control de calidad, lo cual repercute negativamente en la salud pública, ya que el agua que suministra el acueducto presenta altos niveles de salinidad, resultando no apta para la ingesta ni para la preparación de alimentos (Aguas del Cesar S.A., 2024).

Por otra parte, una gran variedad de comunidades depende principalmente de cuerpos de agua naturales conocidos como jagüeyes, reservorios contruidos de manera artesanal que funcionan como sistemas de captación y almacenamiento de agua, generalmente usados para abastecer a las poblaciones en épocas de sequía (IDEAM, s.f.). En el municipio de Astrea, el acceso al agua es limitado debido a la falta de un servicio público eficiente. Esta situación obliga a la población a abastecerse tanto del agua de los jagüeyes, la cual generalmente es adquirida en las fincas aledañas, como del agua de lluvia que se recolecta y almacena en tanques para su posterior consumo (Gobierno del Cesar, 2025). En esta investigación se trabajará específicamente con dos de estos jagüeyes, seleccionados por su uso directo como fuente de agua para consumo humano en las veredas y en otras zonas rurales cercanas del municipio.

Las bacterias patógenas *Salmonella* spp. y *Shigella* spp., junto con coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*, son establecidas como contaminantes del agua, asociadas con enfermedades gastrointestinales que afectan a las poblaciones expuestas a fuentes hídricas contaminadas. *Salmonella* spp. se encuentra principalmente en ambientes rurales y urbanos, transmitiéndose a través del consumo de agua y alimentos contaminados con materia fecal humana o animal. Estas bacterias causan salmonelosis, una enfermedad caracterizada por diarrea, fiebre y dolor abdominal, con cuadros que pueden variar desde infecciones leves hasta severas (FDA, 2023). Por otro lado, *Shigella* spp., altamente infectiva y exclusiva del hombre

como reservorio, produce shigelosis o disentería bacilar, enfermedad marcada por diarrea sanguinolenta, fiebre y dolor, requiriendo una dosis infectante menor que *Salmonella* spp. (INS, 2020).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), *Salmonella* spp. presenta una incidencia considerable relacionada con el consumo de agua contaminada y fuentes ambientales. Aunque los grandes brotes suelen atraer atención mediática, entre el 60% y el 80% de los casos de salmonelosis no se registran como parte de un brote conocido, clasificándose como casos esporádicos o no diagnosticados. En Astrea, especialmente en zonas rurales donde se consume agua de jagüeyes, las personas presentan frecuentemente enfermedades estomacales que se manifiestan en vómito y diarrea. Estas afecciones son comunes y parte de la rutina diaria, lo que limita la búsqueda de atención médica y dificulta el registro formal de estos casos, impidiendo establecer evidencia clara que vincule dichas enfermedades con el consumo de agua contaminada (ASIS Cesar, 2023).

En síntesis, el problema de esta investigación radica en la insuficiencia del servicio de acueducto y la dependencia de la población rural de Astrea de jagüeyes como fuentes de agua para consumo humano. Estas condiciones justifican determinar la presencia de *Salmonella* spp. y *Shigella* spp., e indicadores coliformes en los jagüeyes de Astrea.

Por todo lo anterior, esta investigación se propone responder: ¿Están presentes *Salmonella* spp y *Shigella* spp., y cuáles son los niveles de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en el agua de los jagüeyes utilizados para consumo humano en la zona rural de Astrea, Cesar?

3. Justificación

En Colombia, la disponibilidad y calidad del agua están amenazadas por fenómenos climáticos extremos como las sequías prolongadas y las inundaciones, los cuales suelen afectar la estabilidad de las fuentes hídricas y ponen en riesgo el bienestar de las comunidades, especialmente en zonas rurales. Por ello, se hace imprescindible fortalecer la gestión integral del recurso hídrico para garantizar un suministro sostenible que promueva condiciones saludables y reduzca vulnerabilidades sociales y ambientales (IDEAM, 2023).

En Astrea, Cesar, la población rural enfrenta dificultades para acceder a agua de calidad adecuada debido a la escasez de fuentes naturales y la falta de infraestructura eficiente (Aguas del Cesar, 2022). Como consecuencia, las comunidades rurales de Astrea recurren al uso de sistemas artificiales para la recolección de agua de lluvia, una fuente fundamental tanto para el consumo humano como para el uso doméstico (DANE, 2023). Esta dependencia genera preocupación sanitaria por la posible presencia de microorganismos patógenos como *Salmonella* spp. y *Shigella* spp., considerando las notificaciones frecuentes de enfermedades transmitidas por alimentos y agua en el departamento del Cesar (Instituto Nacional de Salud, 2024), afectando especialmente poblaciones vulnerables.

Por esta razón, es relevante investigar la presencia y llevar a cabo la caracterización de estas bacterias patógenas en los jagüeyes, considerando que estas enfermedades derivan del consumo de agua contaminada y tienen un impacto significativo en la morbilidad y mortalidad, especialmente entre poblaciones vulnerables como niños menores de cinco años, personas inmunocomprometidas y adultos mayores (OMS, 2022).

Con base en lo anterior, esta investigación tiene como objetivo fundamental aportar información valiosa para la salud pública en las comunidades rurales de Astrea, Cesar. Para ello, se evaluará la presencia y el potencial patogénico de *Salmonella* spp. y *Shigella* spp., así como coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*, como indicadores obligatorios de calidad microbiológica según el Ministerio de Protección Social, en los jagüeyes usados para almacenar agua de lluvia en estas zonas. Para ello se incluyeron técnicas de pre-enriquecimiento y siembra en medios selectivos (SS y XLD) para patógenos específicos, complementadas con filtración por

membrana en agar EMB para coliformes, seguidas de la identificación morfológica, bioquímica y taxonómica de microorganismos mediante espectrometría de masas MALDI-TOF, técnica que ofrece una identificación precisa y rápida de los microorganismos presentes, facilitando así la detección de aquellos que representan un riesgo sanitario para la población (INS, 2021; Vélez et al., 2015).

Finalmente, el problema afecta comunidades rurales que también dependen de la agricultura y la ganadería, actividades vinculadas a la contaminación de las fuentes hídricas (Rodríguez et al., 2020). Por consiguiente, contar con información precisa sobre estos patógenos en jagüeyes permitirá orientar estrategias para un manejo ambiental sostenible (Ruiz Garzón, 2024), sensibilizar a las comunidades y facilitar el diseño de intervenciones educativas que mejoren las prácticas de recolección y almacenamiento del agua, además de promover tecnologías accesibles para su tratamiento y potabilización.

Como alternativa para solucionar este problema es vital fortalecer la educación sanitaria en la comunidad sobre la importancia de la potabilización del agua antes de su consumo y promover la vigilancia constante de la calidad del agua en los jagüeyes. Estas acciones, acompañadas de un mejor control ambiental de las actividades agrícolas y ganaderas cercanas, reducirán significativamente la carga microbiana y mejorarán la salud pública en la región.

En resumen, el estudio es relevante para el Cesar porque llena un vacío en el conocimiento local y aporta datos para mejorar políticas de salud pública. Identifica bacterias patógenas que causan enfermedades por consumo de agua de jagüeyes. Genera nuevos conocimientos sobre contaminación microbiológica en fuentes rurales. Amplía la base de datos y ofrece una metodología útil para futuros estudios. Fortalece el desarrollo científico y la prevención regional (Uribe et al., 2006; Flórez et al., 2020).

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Determinar la presencia de *Salmonella* spp., *Shigella* spp., y los niveles de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en agua de jagüeyes para consumo humano de la zona rural de Astrea, Cesar, Colombia, mediante métodos microbiológicos convencionales y confirmación por espectrometría MALDI-TOF.

4.2. Objetivos específicos

- Detectar la presencia de *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. mediante métodos microbiológicos convencionales en agua de jagüeyes de la zona rural de Astrea, Cesar, Colombia.
- Cuantificar coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*, en muestras de agua de jagüeyes de Astrea, de acuerdo con los criterios establecidos en la Resolución 2115 de 2007.
- Confirmar los aislamientos bacterianos presuntivos de *Salmonella* spp y *Shigella* spp mediante espectrofotometría de masas tipo MALDI-TOF en aguas de jagüeyes de la zona rural de Astrea, Cesar, Colombia.

5. Marco Referencial

5.1. Antecedentes

En Colombia, especialmente en las zonas rurales la presencia de bacterias patógenas en fuentes de agua para consumo humano ha sido un tema recurrente, según el Instituto Nacional de Salud (2020), *Shigella* spp., es uno de los principales agentes causantes de enfermedades gastrointestinales transmitidas por agua y alimentos contaminados, especialmente en áreas rurales con deficiencias en sistemas de saneamiento.

No obstante, en Colombia existen pocos estudios académicos que aborden la detección y caracterización de *Salmonella* spp. y *Shigella* spp., presentes en Agua Para Consumo Humano Proveniente de los Jagüeyes en Astrea Cesar. Aun así, se logró encontrar diversos estudios en donde se encontró a *Salmonella* spp. y *Shigella* spp., como principal causante de enfermedades gastrointestinales por consumo de agua contaminada

Por otro lado, estudios internacionales como los de Chen, Moreno-Switt, et al. (2024) esta investigación examinó la diversidad y la persistencia de *Salmonella* spp., en aguas superficiales de regiones agrícolas de Brasil, Chile y México. Donde utilizaron técnicas microbiológicas convencionales para el aislamiento e identificación de *Salmonella* spp., donde se reveló que las aguas superficiales de estas regiones están constantemente contaminadas por este microorganismo.

Asimismo, el informe Nacional de Calidad del Agua para Consumo Humano (Ministerio de Salud, 2022) resalta que en zonas rurales del departamento del Cesar se presentan frecuentes hallazgos de bacterias patógenas en fuentes de agua, incluyendo *Salmonella* spp. y *Shigella* spp., constituyendo un riesgo sanitario considerable para poblaciones vulnerables.

Finalmente, en Colombia, estudios como el de Tamayo Morales (2013) abordan la cuantificación de cepas de *Salmonella* spp. resistentes a antibióticos en muestras de agua del río Bogotá, evidenciando el riesgo sanitario asociado al consumo de aguas contaminadas y la consecuente amenaza para la salud pública.

5.2. Marco teórico

5.2.1. Contaminación Microbiológica del agua

La contaminación microbiológica del agua se refiere a la presencia de microorganismos patógenos, principalmente bacterias, virus y protozoos, que pueden causar enfermedades gastrointestinales (Ríos, 2017). Esta contaminación suele originarse por infiltración de materia fecal y condiciones deficientes en los sistemas de captación y distribución del agua. En áreas rurales, como las que dependen de jagüeyes o fuentes naturales, la calidad del agua se ve comprometida, exponiendo a la población a altos riesgos sanitarios (Rodríguez & Pérez, 2025).

5.2.2. Jagüeyes como fuentes de agua

Un jagüey es un pozo o zanja generado natural o artificialmente que permite almacenar agua, ya sea de lluvia o escurrimiento superficial. Los jagüeyes son usados tradicionalmente en zonas rurales, donde funcionan como reservas de agua para el abastecimiento para consumo humano, ganadería y actividades agrícolas durante las temporadas de sequía prolongada. Estos jagüeyes varían en tamaño y profundidad, y son de gran ayuda para la conservación del recurso hídrico y la sostenibilidad ambiental en regiones afectadas por la escasez de agua (Inventio UAEM, 2025).

5.2.3. Coliformes como Indicadores de Calidad del Agua

Los coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*, son parámetros obligatorios para evaluar la potabilidad según la Resolución 2115 de 2007. Coliformes totales indican contaminación general; coliformes fecales señalan contaminación fecal reciente; *Escherichia coli*, confirma contaminación fecal humana específica. Todos deben estar ausentes (0 UFC/100 ml) en agua potable. Su detección por filtración en agar chromocult permite identificación simultánea, colonias rosas/rojas para coliformes totales y azul-verde para *Escherichia coli*, complementando la búsqueda de patógenos específicos en jagüeyes.

5.2.4. *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. Como patógenos gastrointestinales

Salmonella spp. son bacterias gramnegativas del grupo Enterobacteriaceae que incluyen numerosas especies causantes de salmonelosis, producen gastroenteritis, fiebre tifoidea y otras enfermedades sistémicas. Es uno de los principales patógenos transmitidos por consumo

de alimentos y agua en todo el mundo y representa un problema significativo de salud pública (Lamichhane, 2024), por otro lado, *Shigella* spp., quien también pertenece a Enterobacteriaceae y es responsable de la shigelosis, una infección bacteriana del intestino que puede causar diarrea severa, disentería y fiebre. Es altamente contagiosa y se transmite principalmente por agua o alimentos contaminados. Afecta especialmente a niños menores de cinco años y se asocia con condiciones sanitarias deficientes (Mayo Clinic, 2025).

5.2.5. Factores ambientales y la contaminación microbiológica de los jagüeyes

Los jagüeyes son reservorios naturales de agua ampliamente utilizados en zonas rurales, su calidad puede verse afectada por diferentes factores ambientales, como la temperatura, pH y contaminación por heces de los animales (Osorio et al., 2016). Estas condiciones favorecen la supervivencia y proliferación de microorganismos patógenos, incluyendo *Salmonella* spp. y *Shigella* spp., además, la interacción con fauna local y la falta de tratamientos adecuados aumenta el riesgo de contaminación microbiológica, subrayando la necesidad de monitoreo constante de estas fuentes (Campo-Portacio et al., 2021).

5.2.6. Relevancia de *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. para la salud pública

El estudio y la detección oportuna de *Salmonella* spp. y *Shigella* spp., en el agua utilizada para consumo humano tienen un impacto directo en la salud pública, ya que permiten prevenir brotes de enfermedades infecciosas transmitidas por agua contaminada. La vigilancia microbiológica en jagüeyes fortalece las estrategias de control epidemiológico en comunidades rurales, contribuyendo a mejorar la calidad de vida y reducir la incidencia de enfermedades gastrointestinales. Por tanto, la implementación de métodos confiables para la detección de estos patógenos es fundamental para proteger a la población y orientar políticas sanitarias efectivas (Organización Panamericana de la Salud, 2025).

5.2.7. Ecología de la Familia Enterobacteriaceae en Ambientes Tropicales

La familia Enterobacteriaceae comprende un grupo extenso de bacilos Gram negativos que comparten características metabólicas como la fermentación de glucosa y la ausencia de citocromo-oxidasa. Dentro de esta familia, géneros como *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. han desarrollado mecanismos de adaptación que les permiten transitar desde el tracto intestinal de los hospedadores hacia reservorios ambientales (Nimmana & Tobin, 2025). En regiones

tropicales, la Ecotoxicología Microbiana estudia cómo los contaminantes y las condiciones extremas del entorno afectan estas poblaciones. En el caso de los jagüeyes, la dinámica de estas bacterias está estrechamente ligada a los Sistemas Lénticos, ecosistemas de aguas estancadas donde la falta de flujo lineal favorece la acumulación de nutrientes y sedimentos, creando un nicho ideal para la colonización bacteriana prolongada (De La Ossa-Lacayo & Herrera-Betín, 2017).

5.2.8. Mecanismos de Persistencia y Supervivencia Ambiental

La supervivencia de los patógenos en fuentes de agua no protegidas depende de la Persistencia Microbiana, definida como la capacidad de una población bacteriana para mantener su viabilidad frente a estresores externos como la radiación UV y las fluctuaciones térmicas. Uno de los mecanismos más efectivos para lograr esta persistencia es la formación de Biopelículas (Biofilms), comunidades complejas de microorganismos adheridos a superficies o sedimentos y embebidos en una matriz extracelular (Fernández-Gómez et al., 2020). Estas estructuras protegen a *Salmonella* spp. de la desecación y de los cambios bruscos de pH. Por otro lado, cuando las condiciones son extremadamente adversas, algunas bacterias pueden entrar en un estado Viable pero no Cultivable (VBNC); en este estado, las células mantienen su actividad metabólica y patogenicidad, pero no logran crecer en los medios de cultivo convencionales, lo que representa un desafío crítico para la vigilancia sanitaria.

5.2.9. Factores Físicoquímicos y Disponibilidad de Nutrientes

La calidad del agua en reservorios rurales está condicionada por la Materia Orgánica Disuelta, la cual proviene principalmente de la escorrentía de suelos con actividad ganadera. La descomposición de esta materia puede conducir a la Eutrofización, un proceso de enriquecimiento excesivo de nutrientes que altera el oxígeno disuelto y el pH del sistema, favoreciendo el crecimiento de coliformes (Pérez Osorio et al., 2016). En este entorno, la Estratificación Térmica del agua juega un papel crucial; las variaciones de temperatura entre la superficie y el fondo del jagüey influyen en la densidad del agua y en la distribución vertical de los microorganismos, explicando por qué ciertos patógenos se localizan preferencialmente en los sedimentos bentónicos donde encuentran mayor estabilidad y protección (Hernández Avilés et al., 2025).

5.2.10. Avances en la Identificación y Perfiles de Resistencia

El diagnóstico de aislamientos ambientales dio un salto importante al pasar de las galerías bioquímicas tradicionales al campo de la proteómica microbial. Hoy en día, la espectrometría de masas por tiempo de vuelo (MALDI-TOF MS) facilita la identificación bacteriana al capturar las huellas de proteínas ribosomales únicas de cada microorganismo. Este enfoque asegura una especificidad muy alta al momento de diferenciar las distintas especies dentro del género *Salmonella* spp. (Di Conza, 2022). Paralelamente, estudiar la susceptibilidad antimicrobiana es un paso indispensable para descifrar el comportamiento sanitario del ecosistema. A través de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), es posible medir con exactitud qué tan potente es un antibiótico frente a una cepa en particular (Kadeřábková et al., 2024). Monitorear este valor funciona como una alerta temprana; permite descubrir variaciones sutiles o la aparición de cepas resistentes antes de que se consoliden como una amenaza epidemiológica real para las poblaciones locales que consumen estas aguas.

5.2.11. Enfoque de "Una Sola Salud" en Reservorios Rurales

La gestión de los jagüeyes se debe entender bajo el modelo de Una Sola Salud (One Health), un enfoque que reconoce la interdependencia entre la salud humana, animal y ambiental (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021; Organización Panamericana de la Salud, 2025). El ciclo fecal-oral se perpetúa en estos sistemas cuando las excretas animales depositadas en el suelo circundante son transportadas por escorrentía, convirtiendo el agua de consumo en un vehículo de transmisión de enfermedades entéricas (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2022).

5.2.12. Bioenergética y el Coeficiente de Temperatura en el Metabolismo Bacteriano

La persistencia de las enterobacterias en el Cesar está regulada por la Cinética Enzimática, la cual se ve acelerada por las altas temperaturas ambientales. Biológicamente, se aplica el concepto de Coeficiente de Temperatura, que establece que la tasa de una reacción metabólica se duplica o triplica por cada incremento de 10 °C. Dado que la temperatura en Astrea oscila cerca de los 37 °C (el óptimo biológico para los patógenos humanos), las bacterias alcanzan un estado de Homeostasis Térmica con menor gasto energético. Esto les permite optimizar la síntesis de proteínas y la división celular, transformando el reservorio estancado en una incubadora natural de alta eficiencia metabólica (Academy EQS, s. f.; GPnotebook, 2017).

5.2.13. Mecanismos de Transferencia Horizontal de Genes (THG)

Aunque los aislamientos analizados en esta investigación muestran sensibilidad a los antimicrobianos, los jagüeyes constituyen reservorios dinámicos de material genético en el medio ambiente (Plan Nacional frente a la Resistencia a los Antibióticos [PRAN], 2022). En estos ecosistemas, la transferencia horizontal de genes (THG) permite el intercambio de información extracromosómica, como los plásmidos de resistencia, de forma independiente a la división celular tradicional. A través de la conjugación bacteriana, una bacteria sensible puede adquirir determinantes de resistencia de otras especies que cohabitan en el mismo nicho ecológico, un fenómeno molecular que acelera significativamente la aparición de cepas refractarias a los fármacos (Centro Nacional de Biotecnología [CNB-CSIC], 2024). Este intercambio es propiciado por la elevada densidad celular característica de los sedimentos, lo que subraya el riesgo potencial de que estos cuerpos de agua se transformen en focos críticos para la evolución y emergencia futura de bacterias multirresistentes.

5.2.14. Atenuación Lumínica y Fotólisis en la Columna de Agua

La distribución vertical de las bacterias en los jagüeyes se explica a través de la fotólisis, el proceso de degradación química de los microorganismos inducido por la radiación solar (Mano et al., 2023). En las capas superficiales (5 cm), la radiación UV-B provoca daños irreversibles en el ADN bacteriano, principalmente dímeros de timina (CSIC, 2018). Sin embargo, la turbidez del agua, causada por sólidos suspendidos y materia orgánica, genera un fenómeno de atenuación lumínica, donde la luz pierde intensidad a medida que se profundiza (Lovibond, 2024). Esto convierte al estrato profundo (1 metro) en un refugio contra el estrés fotooxidativo, permitiendo que la carga de *Salmonella* spp. permanezca viable en la oscuridad y estabilidad térmica del fondo (ICRA, 2024).

5.2.15. Vulnerabilidad Hídrica y Normatividad Sanitaria Nacional

La Vulnerabilidad Hídrica en zonas rurales se define como la susceptibilidad de una población a sufrir escasez o contaminación del agua debido a factores geográficos y falta de infraestructura (Universidad de San Buenaventura, 2025). En Colombia, la Potabilidad no es solo un concepto técnico, sino un requisito legal regido por la Resolución 2115 de 2007, la cual establece que el Riesgo Microbiológico debe ser nulo para el consumo humano (Ministerio de la Protección Social et al., 2007; FOMAN, 2020). Cuando se detectan indicadores como *Escherichia*

coli, se confirma una falla en las barreras sanitarias naturales, lo que exige la implementación de medidas de mitigación para evitar que la población rural consume agua con niveles críticos de contaminación fecal (Cuidarte, 2022; Rodríguez Martínez & Gómez Poveda, 2021).

5.2.16. Bioadsorción y Complejos Arcillo-Orgánicos en Sedimentos

En los jagüeyes de Astrea, la distribución de los microorganismos no es aleatoria, sino que está regida por procesos de bioadsorción. Este fenómeno consiste en la adhesión de las bacterias a la superficie de partículas suspendidas, como arcillas y materia orgánica, mediada por interacciones electrostáticas y fuerzas de Van der Waals (Romero-González & Velázquez-Martínez, 2021; Nuevas tecnologías de adsorción, 2022). La formación de complejos arcillo-orgánicos en el fondo del reservorio crea un microambiente protector que actúa como un ‘filtro físico’ frente a los depredadores y la radiación. Esta asociación es particularmente crítica para *Salmonella enterica*, ya que la adsorción a partículas de sedimento reduce su tasa de decaimiento y le proporciona acceso directo a nutrientes acumulados que no están disponibles en la columna de agua superficial (CACV, 2024).

5.2.17. Sucesión Ecológica y Estabilidad del Nicho Microbiano

La comunidad bacteriana de un cuerpo de agua estancado no es estática, sino que atraviesa procesos de Sucesión Ecológica, donde diferentes grupos de microorganismos dominan el ecosistema según la disponibilidad de recursos. En los jagüeyes, el ingreso constante de nutrientes de origen animal favorece el establecimiento de un Nicho Ecológico estable para las Enterobacteriaceae. Mientras que especies menos resilientes desaparecen ante la competencia, la plasticidad metabólica de *Salmonella* spp. le permite ocupar roles funcionales que aseguran su permanencia. Esta estabilidad del nicho explica por qué, incluso en ausencia de una fuente de contaminación inmediata, el reservorio puede funcionar como un foco de infección persistente debido a la colonización previa del sistema (Romero-González & Velázquez-Martínez, 2021).

5.2.18. Resiliencia Genómica y Sistemas de Respuesta al Estrés

La capacidad de las bacterias para sobrevivir en las condiciones extremas del Cesar (altas temperaturas y radiación) se fundamenta en su Resiliencia Genómica. Este concepto se refiere a la presencia de genes especializados que codifican para proteínas de choque térmico y

sistemas de reparación del ADN dañados por la fotólisis. *Salmonella* spp. posee un Regulón de Respuesta al Estrés que se activa ante fluctuaciones de pH y temperatura, permitiéndole modificar la permeabilidad de su membrana celular para conservar la energía. Esta maquinaria genética le otorga una ventaja adaptativa sobre *Shigella* spp., cuyo genoma es más reducido y especializado, careciendo de la flexibilidad necesaria para resistir las presiones ambientales de un ecosistema léntico tropical.

5.2.19. Antropización y Fragmentación del Paisaje Rural

El estado microbiológico de los jagüeyes es un reflejo directo del grado de Antropización del municipio de Astrea. La antropización se define como la transformación del entorno natural por actividades humanas, en este caso, la conversión de sabanas en áreas de pastoreo intensivo. Este proceso altera la Conectividad Hidrológica del terreno; durante las lluvias, el agua no se infiltra adecuadamente y fluye como escorrentía superficial, arrastrando patógenos desde los corrales hasta los jagüeyes. Esta dinámica convierte a los reservorios en puntos de acumulación de contaminantes, donde la falta de barreras forestales o sistemas de filtración natural exacerba la vulnerabilidad de la población rural que depende de estos cuerpos de agua (Jiménez-Guevara et al., 2023).

5.2.20. Dosis Infecciosa y Potencial Patogénico en Fuentes de Agua

Finalmente, la relevancia de encontrar patógenos en el agua radica en el concepto de Dosis Infecciosa, que es el número mínimo de microorganismos necesarios para causar una infección en un hospedador susceptible. Para *Salmonella* spp., esta dosis puede variar significativamente según la cepa y la vía de exposición, pero su presencia constante en jagüeyes eleva el Potencial Patogénico del recurso hídrico (Andrade-Ayala et al., 2019). A diferencia de los indicadores de potabilidad, la detección directa de patógenos confirma que el agua ha superado el umbral de seguridad, convirtiéndose en un vehículo epidemiológico activo. El estudio de este potencial es vital para estimar la carga de morbilidad por enfermedades diarreicas agudas (EDA) en las comunidades que utilizan estos jagüeyes como única fuente de abastecimiento.

5.3. Marco legal

En Colombia, el Decreto 1575 de 2007 establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano, aplicable a todas las personas y entidades que suministran o distribuyen agua, sea cruda o tratada. Este decreto busca monitorear, prevenir y controlar los riesgos sanitarios derivados del consumo de agua no apta, estableciendo responsabilidades para los prestadores del servicio y las autoridades sanitarias. La Resolución 2115 de 2007 define los valores máximos admisibles para la potabilidad del agua; a nivel microbiológico, estipula un valor de cero (0) UFC o NMP en 100 ml para coliformes totales y *Escherichia coli*, así como la ausencia estricta de microorganismos patógenos, criterios normativos de referencia con los cuales se contrastaron los hallazgos del presente estudio.

La Resolución 622 de 2020 establece el protocolo para la inspección, vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano suministrada en zonas rurales por prestadores del servicio en zonas rurales, estableciendo los lineamientos técnicos para el monitoreo de la calidad del agua en estas poblaciones.

6. Metodología

6.1. Características del estudio

6.1.1. Delimitaciones geográficas y temporales

La investigación se desarrolló en el municipio de Astrea, ubicado en la subregión occidental del departamento del Cesar, Colombia. Este municipio limita al norte con El Paso, Cesar; al sur con Chimichagua; al oriente con Chiriguaná; y al occidente con el departamento del Magdalena (Esquema de Ordenamiento Territorial de Astrea, 2023). Las muestras fueron tomadas en dos jagüeyes de las fincas El Tarra y La Parranda, seleccionados por su uso para consumo humano en zonas rurales durante la temporada de lluvias, este período permite evaluar la calidad microbiológica integral, incluyendo *Salmonella* spp., *Shigella* spp., coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*, como indicadores de contaminación fecal bajo condiciones climáticas representativas de mayor uso comunitario. El análisis microbiológico se realizó en los laboratorios de la Universidad Popular del Cesar (UPC); la confirmación de aislamientos por espectrometría de masas MALDI-TOF se realizó en la Clínica Alta complejidad del caribe.

6.1.2 Enfoque y tipo de estudio

Se realizó un estudio de tipo descriptivo de corte transversal, dado que su objetivo principal es determinar la presencia y caracterización de bacterias patógenas en un momento específico. Este enfoque permite obtener una representación precisa y puntual del estado de contaminación bacteriana en las fuentes de agua estudiadas el cual estuvo orientado a la línea investigativa de Epidemiología y Enfermedades Infecciosas que hace parte del programa de Microbiología de la Universidad Popular del Cesar.

6.2. Universo, población y muestra

- **Universo:** Todos los jagüeyes disponibles en el municipio de Astrea, Cesar, que son usados para abastecer a poblaciones rurales de la región con agua para el consumo humano.
- **Población:** Los jagüeyes ubicados en la zona rural del municipio de Astrea, Cesar, que constituyen cuerpos de agua de gran importancia usados para el almacenamiento y consumo de los habitantes.

- **Muestra:** Para el análisis específico, se seleccionaron los dos jagüeyes ubicados en las fincas El Tarra y La Parranda, estratégicamente elegidos por ser puntos de recolección y almacenamiento de agua de lluvia destinada al consumo de las comunidades aledañas. En cada jagüey se tomaron treinta muestras, garantizando así una representación adecuada del recurso hídrico en estas dos fincas distintas, sumando un total de 60 muestras.

6.3. Criterios de inclusión y exclusión

- **Inclusión:** Jagüeyes localizados en zonas rurales que sirven como fuentes de abastecimiento para las poblaciones aledañas.
- **Exclusión:** Aguas provenientes de cuerpos de estancamiento natural que no son utilizadas para consumo humano.

6.4. Variables

- **Dependiente:** Presencia o ausencia de *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. en muestras de agua, representando el estado microbiológico del recurso hídrico y el riesgo sanitario asociado. Se evaluó mediante técnicas de cultivo selectivo y confirmación por MALDI-TOF, registrando la presencia o ausencia en las muestras analizadas.
- **Independiente:** Factores ambientales del agua como la temperatura se midieron a través de instrumentos calibrados, observación directa.
- **Intervinientes o de control:** Prácticas agrícolas, ganaderas y contaminación por residuos orgánicos que se evaluaron mediante observaciones de campo, análisis de antecedentes ambientales en la zona de muestreo.

6.5. Técnicas y procedimientos experimentales

6.5.1. Toma de muestras de agua

Siguiendo la metodología adaptada de Cepeda (2023), se recolectaron un total de 60 muestras de agua, distribuidas equitativamente entre los dos puntos de estudio, 30 muestras provenientes del jagüey La Parranda y 30 muestras del jagüey La Tarra. El proceso de recolección se extendió durante un periodo de seguimiento de 40 días, con una frecuencia de muestreo cada ocho días, en cada día se tomaron 10 muestras representativas (5 por cada jagüey), correspondientes a las diferentes profundidades evaluadas. La captación del agua se

realizó empleando una vara métrica graduada, asegurando que la toma se efectuara de manera controlada y homogénea a la profundidad definida para cada punto de muestreo, se usaron frascos de vidrio de 500 mL, previamente esterilizados y debidamente rotulados, cubriendo profundidades de 5, 15, 20, 50 cm y 1 metro. La extracción se realizó directamente de la fuente sin enjuagar los envases con el agua de la muestra, con el fin de no alterar la población microbiana original. Los frascos se llenaron rápidamente, asegurando una cámara de aire de aproximadamente dos centímetros entre la tapa y el nivel del agua para evitar condiciones de anaerobiosis durante el transporte. Inmediatamente después de la recolección, las muestras fueron refrigeradas en neveras portátiles con pilas de hielo a una temperatura constante de 5 °C para garantizar la viabilidad y estabilidad de los microorganismos. Finalmente, el material fue transportado al laboratorio de la Universidad Popular del Cesar para su procesamiento, siguiendo los protocolos del Manual para la toma, preservación y transporte de muestras de agua para análisis microbiológicos (INS, 2021).

6.5.2. Procesamiento de muestras de agua

El procesamiento de las muestras de agua se realizó mediante filtración por membrana de 0.45 µm para 100 ml de muestra, siguiendo los lineamientos de la norma ISO 9308-1:2014 y el procedimiento de Hara-Kudo et al. (2001). Para el recuento de coliformes y *Escherichia coli*, las membranas se pasaron directamente al agar EMB sin pasos previos para garantizar la exactitud de las unidades formadoras de colonias. Por el contrario, para la detección de *Salmonella* spp. y *Shigella* spp., las membranas se colocaron primero en 10 ml de caldo Rappaport y se incubaron a 37°C por 24 horas para facilitar la recuperación de los patógenos (OneLab, 2025), antes de continuar con la siembra en los agares selectivos SS y XLD.

6.5.3. Aislamiento en medios de cultivo selectivo y diferenciales

6.5.3.1. Siembra en medio agar SS Y XLD

Tomando del caldo rappaport previamente incubado se inocularon las muestras directamente sobre la superficie del medio de cultivo mediante la estría en placas. Se usó un asa estéril para distribuir la muestra estriando con movimientos sucesivos que permitieron la separación de colonias individuales. (Britania Lab, 2025). Las placas inoculadas se incubaron a 35 ± 2°C en condiciones aerobias durante un periodo de 24 horas.

6.5.3.2. Siembra en medio agar Eosina azul de metileno

Después de realizar la filtración por membrana se colocaron las membranas filtradas directamente sobre la superficie del agar EMB utilizando pinzas estériles. Las placas fueron incubadas a 35 $\pm$ 2°C en condiciones aerobias durante 24 horas (Resolución 2115 de 2007).

6.5.3.3. Siembra en medio Nutritivo

Las colonias aisladas en Agar *Salmonella-Shigella* (Agar SS), agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD) y Agar Eosina y Azul de Metileno (EMB) con crecimiento presuntivo para *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Escherichia coli*, fueron sembradas mediante la técnica de agotamiento en un medio nutritivo (Plate Count Agar- PCA) (Merck, 2025), se incubaron a 37 °C durante 24 horas para permitir el desarrollo óptimo de las bacterias y obtener cultivos puros para análisis posteriores (Garcés, 2024).

6.5.4. Identificación presuntiva del género bacteriano

Se tomaron las cepas presuntivas previamente aisladas en agar PCA y se les realizó tinción gram así como las pruebas bioquímicas: LIA (agar hierro lisina), TSI (agar hierro triple azúcar), Citrato (agar citrato de Simmons), Urea (Agar urea), SIM (Sulfuro, indol y movilidad).

6.5.5. Identificación y confirmación de las especies mediante MALDI-TOF

Las cepas presuntivas de *Salmonella* spp. fueron remitidas a la Clínica Alta Complejidad del caribe, Cesar, con el fin de confirmar el género y determinar la especie mediante espectrometría de masas MALDI-TOF, una técnica molecular que permite la identificación rápida y precisa de microorganismos en el laboratorio.

6.5.6. Evaluación de la Susceptibilidad Antimicrobiana (Antibiograma)

A los 13 aislamientos previamente confirmados mediante la técnica de MALDI-TOF, se les realizó el estudio de susceptibilidad antimicrobiana empleando el sistema automatizado VITEK2. Este análisis fue procesado en el laboratorio clínico de la Clínica Alta Complejidad, donde se garantizaron condiciones estandarizadas para la determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI).

6.6. Procesamiento y análisis de datos

Para la identificación precisa de los microorganismos, se utilizó espectrometría de masas MALDI-TOF MS para obtener su perfil proteómico. Posteriormente, los datos obtenidos se organizaron y procesaron en Microsoft Excel, herramienta que permitió tabular los resultados y calcular las prevalencias para el análisis final.

7. Resultados

Detección de Salmonella spp. y Shigella spp. mediante métodos microbiológicos convencionales.

En el proceso de detección microbiológica convencional para patógenos en las 60 muestras de agua se revelaron resultados distintos para los géneros evaluados. En relación con el género *Salmonella* spp., se logró la recuperación de 13 aislamientos presuntivos a partir de las muestras procesadas, lo que representa una prevalencia del 21.6% del total evaluado. Durante la etapa de siembra en medios sólidos, los aislamientos exhibieron las morfologías características del género *Salmonella* spp. en los agares empleados. En el Agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD), se observaron colonias de color rosado con centros negros, resultado de la fermentación de la xilosa, la posterior descarboxilación de la lisina y la formación de sulfuro de hierro (Anexo 13). En el Agar *Salmonella-Shigella* (SS), las cepas se desarrollaron como colonias incoloras con un centro negro, esta apariencia confirmó la incapacidad de los microorganismos para fermentar la lactosa presente en el medio y su capacidad activa de producción de ácido sulfhídrico en ambos medios de cultivo, la morfología observada permitió la selección de colonias presuntivas para la confirmación bioquímica y proteómica.

Por el contrario, la búsqueda de *Shigella* spp. en las fases de enriquecimiento y posterior siembra en medios selectivos y diferenciales no evidenciaron el desarrollo de colonias con características morfológicas o bioquímicas compatibles con este microorganismo. De esta manera, se registró una ausencia total del patógeno en todos los puntos de muestreo y profundidades analizadas en los jagüeyes de la zona rural de Astrea.

Tabla 1

Distribución y prevalencia de patógenos según el punto de muestreo y profundidad

Punto de Muestreo	5 cm	15 cm	20 cm	50 cm	1 m	Total Aislamientos
Jagüey La Parranda	1	1	2	1	3	8

Jagüey La Tarra	0	3	1	1	0	5
TOTAL	1	4	3	2	3	13

Nota. Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 1, los hallazgos para el género *Salmonella* spp. presentaron un comportamiento diferencial marcado entre ambos cuerpos de agua. En el jagüey La Parranda, se registró presencia en la totalidad de la columna de agua, observándose un incremento en la frecuencia de aislamiento hacia el estrato más profundo, donde se recuperaron 3 de los 8 positivos totales de este reservorio. En los niveles superficiales e intermedios (5, 15 y 50 cm) la recuperación fue constante con 1 aislamiento por nivel, mientras que a 20 cm se detectó una frecuencia de 2 casos.

En el jagüey La Tarra, la distribución de *Salmonella* spp. fue nula en los extremos de la columna evaluada, registrándose ausencia total de crecimiento tanto en la superficie (5 cm) como en el fondo (1 m). En este punto, los 5 aislamientos se concentraron exclusivamente en las profundidades medias, destacándose el nivel de 15 cm con una frecuencia de 3 casos, seguido por los niveles de 20 cm y 50 cm con 1 caso respectivamente.

Tabla 2

Perfil bioquímico y características microscópicas de los aislamientos presuntivos de Salmonella spp.

Prueba o Parámetro	Resultado Observado	Interpretación Técnica
Coloración de Gram	Bacilos Gram (-)	Morfología de bacilo con pared Gram negativa
Fermentación de Glucosa	Positivo (+)	Capacidad de utilizar glucosa por vía fermentativa
Producción de Gas	Positivo (+)	Aerogenia durante la fermentación
Producción de H ₂ S	Positivo (+)	Reducción de compuestos de azufre (centro negro)

Fermentación de Lactosa	Negativo (-)	Ausencia de la enzima β -galactosidasa
Fermentación de Sacarosa	Negativo (-)	Incapacidad de fermentar el disacárido sacarosa
L-Lisina Descarboxilasa	Positivo (+)	Presencia de la enzima lisina descarboxilasa
Uso de Citrato	Positivo (+)	Capacidad de usar citrato como única fuente de Carbono
Actividad de Ureasa	Negativo (-)	Ausencia de hidrólisis de la urea

Nota. Elaboración propia.

Tras el aislamiento, la identificación microscópica mediante la tinción de Gram confirmó que la totalidad de los microorganismos corresponden a bacilos Gram negativos, observándose de forma aislada y en parejas. En cuanto al perfil metabólico, las cepas exhibieron un comportamiento bioquímico uniforme y compatible con el género *Salmonella* spp. en el 100% de los casos evaluados. Todos los aislamientos mostraron capacidad para fermentar la glucosa con producción de ácido sulfhídrico (H_2S), evidenciaron una reacción positiva para la descarboxilación de la lisina y el uso de citrato como única fuente de carbono. Asimismo, se registró una ausencia de actividad de la enzima ureasa y la incapacidad de fermentar lactosa y sacarosa (Tabla 2). Estos hallazgos permitieron la clasificación taxonómica preliminar de los microorganismos antes de proceder con el análisis proteómico.

Cuantificación y análisis Bioquímico de *Escherichia coli*

El análisis cuantitativo de los indicadores de contaminación fecal se realizó mediante la técnica de filtración por membrana. Tras el proceso de incubación, se procedió al recuento de las unidades formadoras de colonias (UFC) y a la posterior validación de su identidad taxonómica mediante pruebas metabólicas convencionales (IMViC).

Como se detalla en la Tabla 3, los recuentos de coliformes totales oscilaron entre 30 y 50 UFC/100 mL, distribuyendo de manera constante en las cinco profundidades evaluadas. En el jagüey La Parranda, los valores máximos de 49 y 50 UFC/100 mL se registraron en los niveles de 5 cm y 20 cm respectivamente. Por su parte, en el jagüey La Tarra, los recuentos más altos

(50 UFC/100 mL) se localizaron a los 15 cm, 20 cm y 1 metro de profundidad. En ambos cuerpos de agua, la totalidad de los datos obtenidos superan el límite de 0 UFC/100 mL definido por la Resolución 2115 de 2007, confirmando la presencia de indicadores de contaminación fecal en todos los estratos analizados.

Tabla 3

Recuentos individuales de Coliformes Totales (UFC/100 mL) en las 60 muestras

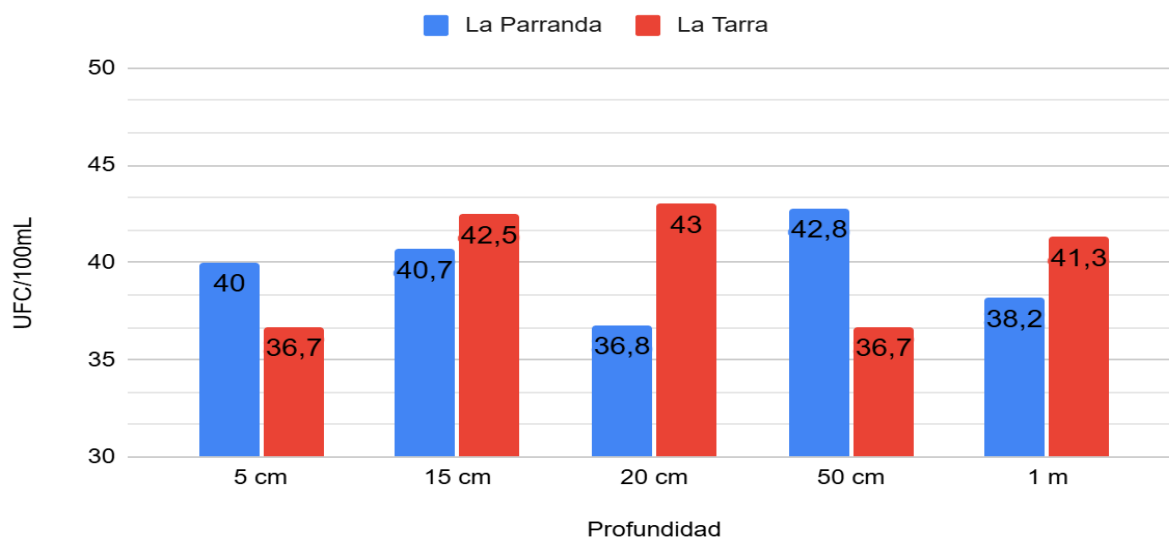
Punto de Muestreo	5 cm (UFC/100 mL)	15 cm (UFC/100 mL)	20 cm (UFC/100 mL)	50 cm (UFC/100 mL)	1 m (UFC/100 mL)
La Parranda	36	42	31	48	39
	45	33	50	37	41
	34	46	38	43	32
	35	47	32	44	40
	49	30	36	42	39
	41	46	34	43	38
La Tarra	33	50	37	41	34
	31	48	45	37	33
	43	35	47	32	44
	33	41	46	34	50
	48	37	33	41	46
	32	44	50	35	47

Nota. Elaboración propia.

En el jagüey La Parranda, el punto de mayor concentración promedio se localizó a los 50 cm de profundidad con 42.8 UFC/100 mL, mientras que el nivel de 20 cm presentó la menor densidad (36.8 UFC/100 mL). En contraste, el jagüey La Tarra mostró su pico máximo de contaminación a los 20 cm (43.0 UFC/100 mL), evidenciando un comportamiento inverso en la zona media de la columna de agua (Figura 1). La distribución de los indicadores no fue uniforme, ambos cuerpos de agua mantienen promedios que superan sistemáticamente los límites de potabilidad en todos sus niveles evaluados.

Figura 1

Comparativa de promedios de Coliformes Totales (UFC/100 mL) según la profundidad de muestreo



Nota. Las barras de color azul representan al jagüey La Parranda, y las barras de color rojo indican los valores de La Tarra.

Tras la selección de las colonias más representativas, la evaluación microscópica permitió confirmar las características morfológicas de los aislamientos. Mediante la tinción de Gram, se identificaron exclusivamente bacilos Gram-negativos (coloración rosada), de forma aislada y en parejas, lo cual es congruente con la familia *Enterobacteriaceae* esta observación permitió descartar la presencia de contaminantes gram-positivos y procedió a la validación de la pureza de las cepas para las fases finales de identificación.

Finalmente, la identidad taxonómica de los aislamientos se ratificó mediante un perfil metabólico detallado. Los resultados de las pruebas bioquímicas aplicadas a las cepas seleccionadas mostraron una concordancia del 100% con los patrones esperados para *Escherichia coli*, (Tabla 4) destacándose reacciones específicas en los medios de confirmación que aseguran la precisión del hallazgo. Al contrastar estos resultados con los niveles máximos permitidos por la Resolución 2115 de 2007, que estipula la ausencia total de estos

microorganismos (0 UFC/100 mL), el agua de ambos jagüeyes excede los límites de seguridad microbiológica, clasificándose como no apta para el consumo humano.

Tabla 4

Perfil bioquímico y confirmación fenotípica de los aislamientos de Escherichia coli

Prueba Bioquímica	Reacción Característica	Resultado
Indol	Producción de triptofanasa (anillo rojo)	+
Rojo de Metilo	Fermentación ácido-mixta (viraje rojo)	+
Voges-Proskauer	Producción de acetoinas (negativo)	-
Citrato	Uso de citrato como fuente de carbono	-

Nota. Elaboración propia.

Confirmación de *Salmonella* spp. mediante MALDI-TOF MS

La identidad de los 13 aislamientos presuntivos obtenidos en los medios de cultivo selectivos fue verificada mediante espectrometría de masas tipo MALDI-TOF. Esta técnica de alta resolución permitió la confirmación taxonómica definitiva de los microorganismos a nivel de especie, mediante la comparación automatizada de los perfiles proteicos de las muestras frente a bases de datos de referencia.

El análisis espectrométrico ratificó la identidad de los aislamientos como *Salmonella enterica* en la totalidad de las muestras procesadas. La precisión de este método proteómico permitió verificar los hallazgos fenotípicos observados previamente en los agares SS y XLD, asegurando que el patógeno presente en los jagüeyes analizados corresponde a esta especie de importancia en salud pública. De forma paralela, la ausencia de colonias compatibles en los medios de cultivo selectivos confirmó la no recuperación de *Shigella* spp. en las unidades muestrales evaluadas.

Perfil de Susceptibilidad Antimicrobiana

Finalmente, se evaluó la sensibilidad de las cepas de *Salmonella enterica* mediante el sistema automatizado Vitek. Los hallazgos se categorizaron jerárquicamente siguiendo las líneas de tratamiento clínico estipuladas por las guías internacionales.

Tabla 5

Perfil de susceptibilidad antimicrobiana de las cepas aisladas de Salmonella enterica

Antibiótico Evaluado	CMI (µg/mL)	Interpretación
Ampicilina/Sulbactam	≤2	Sensible
Trimetoprima/Sulfametoxazol	≤20	Sensible
Ciprofloxacino	≤0.06	Sensible
Ceftriaxona	≤0.25	Sensible
Ceftazidima	0.5	Sensible
Cefepima	≤0.12	Sensible
Meropenem	≤0.25	Sensible

Nota. Elaboración propia.

Los resultados detallados en la Tabla 5 evidencian que los aislamientos presentaron sensibilidad a todas las familias de antimicrobianos analizadas. Se registraron Concentraciones Mínimas Inhibitorias (CMI) notablemente bajas, especialmente para las fluoroquinolonas (Ciprofloxacino) y las cefalosporinas de espectro extendido (Ceftriaxona). No se detectaron patrones de resistencia ni sensibilidades intermedias frente a los fármacos.

8. Discusión

En relación con la búsqueda de patógenos bacterianos se evidenció la ausencia absoluta de crecimiento de *Shigella* spp. en todos los puntos y profundidades evaluadas. Este comportamiento concuerda con la literatura, que describe al género como un patógeno altamente especializado y con una capacidad de persistencia muy limitada en ambientes acuáticos superficiales, especialmente bajo condiciones térmicas cálidas (Observatorio Europeo del Clima y la Salud, 2025). A diferencia de otros grupos entéricos que colonizan nichos ambientales o reservorios animales amplios, el reservorio de *Shigella* es casi exclusivamente humano (Manual MSD, 2023; Mayo Clinic, 2025); por ende, su viabilidad fuera del hospedador es precaria.

Esta labilidad biológica se acentúa debido a su sensibilidad a la desecación y a las variaciones térmicas fuera de los rangos de refrigeración. La Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT, 2012) señala que en entornos acuáticos por encima de los 20 °C —una barrera térmicamente superada en el Cesar—, la viabilidad de *Shigella* spp. cae a menos de 14 días. En Colombia, el Instituto Nacional de Salud (INS, 2021) documentó que la supervivencia de este patógeno en el agua es inversamente proporcional a la temperatura: en aguas limpias y templadas decae en menos de dos semanas, mientras que en climas fríos (bajo los 10 °C) logra prolongarse. Esto concuerda con lo planteado en el Manual MSD (2023) sobre la vulnerabilidad del microorganismo ante temperaturas elevadas. Así, las condiciones climáticas cálidas y la exposición directa de los jagüeyes de Astrea configuran un entorno desfavorable para su persistencia.

Asimismo, la Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria (ACHIPIA, 2024) confirma que la degradación de *Shigella* spp. se acelera drásticamente en aguas cálidas, restringiendo su persistencia en latitudes tropicales. La ubicación geográfica de Astrea refuerza esta hipótesis de inactivación. De acuerdo con los perfiles territoriales de Municipios Colombia (2024), las temperaturas diurnas en esta zona del departamento del Cesar se sitúan habitualmente entre los 34 y 36 °C. Este escenario térmico tropical actúa como un filtro ecológico severo para patógenos lábiles como *Shigella* spp., favoreciendo su eliminación o su transición a un estado viable pero no cultivable (VBNC) previo al muestreo.

Por el contrario, se evidenció la presencia de *Salmonella enterica* en el 21.6% de las muestras procesadas. La bacteria demostró una notable capacidad de persistencia en estos sistemas lénticos gracias a su plasticidad fenotípica. Esta ventaja metabólica le permite adecuarse a escenarios de escasez de nutrientes u oligotrofia (Zarei et al., 2022) y adherirse a partículas suspendidas para estructurar biopelículas protectoras (Naz et al., 2024). Al evaluar la vulnerabilidad hídrica rural, Pérez-Vidal et al. (2017) y los reportes del repositorio ALICIA (2017) coinciden en que, mientras algunos enteropatógenos decaen con rapidez, *Salmonella* spp. puede sobrevivir semanas o meses en estanques y sedimentos. El microorganismo aprovecha la materia particulada como un escudo físico contra la desecación y la radiación solar directa (rayos UV), colonizando nichos con carga orgánica variable en el medio acuático.

Las presiones ambientales de la zona, como las elevadas temperaturas continuas y la intensa radiación solar, funcionan como un filtro ecológico. Bajo estas condiciones, *Shigella* spp. tiende a la inactivación rápida, mientras que *Salmonella enterica* conserva su viabilidad funcional en la matriz acuática. Los datos de vigilancia del Instituto Nacional de Salud (INS, 2025) respaldan este panorama al evidenciar una recurrencia importante de *Salmonella* spp. en las fuentes hídricas del departamento del Cesar. A nivel celular, la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN, 2025) describe que las temperaturas elevadas en cuerpos de agua superficiales pueden estimular mecanismos de adaptación en *Salmonella* spp., favoreciendo la síntesis de matrices extracelulares y el desarrollo de biopelículas en el sedimento. Esto coincide con el diagnóstico de fuentes desprotegidas expuesto por Pérez-Vidal et al. (2017) y la caracterización de reservorios rurales realizada por Vásquez (2017).

La distribución por profundidades aporta un dato relevante en el jagüey La Parranda, donde la mayor frecuencia de aislamientos de *Salmonella enterica* se concentró en el fondo (1 m de profundidad). Este patrón demuestra que los sedimentos actúan como una zona de protección. Oguadinma et al. (2022) explican que la radiación solar (espectros UV-B y UV-A) inactiva de manera eficiente a las bacterias suspendidas en la superficie. Esta observación guarda coherencia con lo registrado en el jagüey La Tarra, donde el estrato superficial (5 cm) arrojó la menor tasa de detección. La reducida penetración lumínica en los estratos profundos, sumada a una fracción bentónica rica en nutrientes y con mayor estabilidad térmica, ofrece un refugio adecuado frente a la fotólisis.

Paralelamente, los coliformes totales y *Escherichia coli* mantuvieron una carga elevada y constante en las muestras analizadas. Las condiciones térmicas de la región impulsan su persistencia en el medio léntico, considerando que esta especie presenta su óptimo fisiológico cercano a los 37 °C (Santibáñez & Williams, 2025). Dichas características del entorno convierten a los jagüeyes en reservorios favorables para el mantenimiento de bacterias indicadoras de contaminación fecal (Guzmán-Terán & Raza, 2025).

Los niveles sostenidos de *Escherichia coli* ratifican un ingreso fecal continuo en los cuerpos de agua. Esta bacteria constituye el parámetro universal en la vigilancia de la seguridad hídrica (CORDIS, 2022) debido a su nexo directo con aportes biológicos recientes. En la ruralidad de Astrea, la ausencia de cercados perimetrales y el libre acceso de animales domésticos y de pastoreo mantienen activo este ciclo de contaminación. La literatura regional y ambiental señala que los eventos de precipitación provocan escorrentías que arrastran heces y desechos desde los suelos circundantes (CAR, 2024), transformando a los jagüeyes en depósitos donde convergen y se mantienen estas poblaciones microbianas debido a la fuerte actividad agropecuaria de la zona.

Con el hallazgo conjunto de bacterias indicadoras y patógenos en los jagüeyes La Parranda y La Tarra, se evidencia el deterioro sanitario que presentan estas fuentes en la zona rural del municipio de Astrea, Cesar. Frente a los criterios de la Resolución 2115 de 2007 del marco normativo colombiano, los resultados demuestran que ninguna de las muestras cumple con la ausencia total (0 UFC/100 mL) requerida para el consumo humano. Esta condición clasifica a estos reservorios como fuentes de agua no aptas, consolidando un riesgo sanitario permanente para las comunidades rurales que dependen directamente de ellos.

Por su parte, la certeza en la identificación de los aislamientos patógenos se consolidó mediante espectrometría de masas MALDI-TOF MS. Al fundamentar su análisis en los perfiles de proteínas ribosomales, esta metodología ofrece una robustez diagnóstica superior a las pruebas bioquímicas convencionales, evitando discrepancias fenotípicas. Confirmar el 100% de los aislamientos sospechosos como *Salmonella enterica* mediante esta plataforma es clave, dado que la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2025) clasifica a este microorganismo como un patógeno prioritario en la vigilancia de matrices hídricas. Asimismo, la concordancia entre las

características morfológicas en medios selectivos (XLD y SS) y la identificación proteómica garantizó la fiabilidad analítica del estudio (AINIA, 2024).

Respecto al perfil de susceptibilidad antimicrobiana, se evidenció una sensibilidad global en los aislamientos frente a todos los antibióticos evaluados. Ante la problemática de la diseminación de resistencias a nivel mundial, hallar cepas con fenotipos silvestres completamente conservados en ambientes rurales reviste interés ecológico y epidemiológico (Rondón-Barragán et al., 2024). La respuesta favorable frente a moléculas de relevancia clínica como ceftriaxona y meropenem sugiere que el entorno acuático de estos jagüeyes no ha experimentado una presión selectiva antropogénica marcada derivada del vertimiento o abuso recurrente de antimicrobianos hospitalarios o terapéuticos (Cantón, 2016).

Destaca también el comportamiento frente al ciprofloxacino, el cual presentó valores de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) notablemente bajos. Como señala Valero Gámez (2026), el seguimiento de este parámetro en matrices ambientales es prioritario, debido a que incrementos sutiles en la CMI suelen constituir el paso inicial hacia mutaciones adaptativas (e.g., en la región QRDR de la ADN girasa o topoisomerasa IV). Al mantenerse dentro de rangos basales, se infiere que las poblaciones de *Salmonella enterica* identificadas en esta zona de Astrea carecen de mecanismos de resistencia o adaptación genética hacia las fluoroquinolonas (INS, 2024).

No obstante, este perfil de susceptibilidad conservado no atenúa el riesgo sanitario intrínseco asociado al consumo de agua contaminada con enteropatógenos viables. Al tratarse de reservorios superficiales desprotegidos y dinámicos, estos cuerpos de agua funcionan como posibles escenarios de recombinación donde las bacterias pueden adquirir determinantes de resistencia mediante transferencia genética horizontal si confluyen con linajes portadores de plásmidos o integrones procedentes de actividades antrópicas (Moussa et al., 2023). En consecuencia, la implementación de intervenciones de protección y tratamiento en las fuentes hídricas de Astrea constituye una prioridad de salud pública y vigilancia ambiental.

9. Conclusión

Los análisis microbiológicos realizados en los jagüeyes La Parranda y La Tarra evidencian un deterioro crítico en la calidad de sus aguas. Este escenario se ve reflejado en una prevalencia del 21.6 % para *Salmonella enterica* y en el incumplimiento constante de los límites fijados por la Resolución 2115 de 2007 para coliformes totales y *Escherichia coli*.

Por otra parte, el uso de la espectrometría de masas MALDI-TOF MS permitió corroborar con certeza la identidad taxonómica de las cepas de *Salmonella enterica* aisladas, demostrando que las herramientas proteómicas ofrecen una alta confiabilidad diagnóstica frente a los esquemas convencionales en matrices complejas. Asimismo, mediante los métodos de cultivo microbiológico convencional se confirmó la ausencia de desarrollo de *Shigella* spp. en la totalidad de los puntos y profundidades evaluadas.

En lo relativo al perfil de susceptibilidad antimicrobiana, los aislamientos mostraron una sensibilidad del 100 % y Concentraciones Mínimas Inhibitorias basales ante todos los fármacos evaluados. Este comportamiento sugiere que, en estos entornos rurales, todavía no se evidencian presiones selectivas severas ni expresión de mecanismos de resistencia adquirida derivados de la actividad humana frente a los antibióticos analizados.

En conclusión, los hallazgos microbiológicos confirman que los jagüeyes evaluados presentan una contaminación fecal y la presencia de *Salmonella enterica*, concentrándose principalmente en el fondo. Al infringir en su totalidad los criterios de la Resolución 2115 de 2007, estas fuentes representan un riesgo epidemiológico latente y no son aptas para el consumo humano directo, haciendo imperativa la implementación de medidas de protección de fuentes y sistemas de desinfección para la comunidad de Astrea.

10. Recomendaciones

Para fortalecer los futuros estudios, se recomienda implementar herramientas moleculares como la PCR en tiempo real o la secuenciación de nueva generación (NGS), con el objetivo de caracterizar los factores de virulencia y los serotipos específicos de los aislamientos de *Salmonella enterica* obtenidos en este estudio. Asimismo, es necesario estandarizar protocolos de muestreo que incluyan el análisis sistemático de la interfase agua-sedimento, dado que los hallazgos demostraron que los estratos profundos actúan como reservorios protegidos frente a la radiación solar. De igual manera, debería considerarse la ejecución de investigaciones longitudinales que evalúen la dinámica poblacional bacteriana durante la transición estacional entre los periodos de sequía y lluvia en el departamento del Cesar, permitiendo cuantificar el impacto de la escorrentía superficial en la variabilidad de la carga patógena. Finalmente, se sugiere orientar esfuerzos hacia la detección de microorganismos en estado viable pero no cultivable (VBNC), con el fin de comprender mejor la diversidad taxonómica y los potenciales mecanismos de persistencia que no logran ser recuperados mediante métodos de cultivo convencionales en estos ecosistemas lénticos tropicales y por ultimo desarrollar programas de sensibilización y educación sanitaria en la población local respecto a las condiciones microbiológicas del agua que consumen, promoviendo activamente la adopción de medidas de tratamiento intradomiciliario, especialmente la ebullición previa a su consumo directo, como barrera preventiva frente a riesgos entéricos e infecciosos.

11. Bibliografía

AESAN (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición). (2025). Informe del Comité Científico sobre los efectos del cambio climático en la prevalencia de patógenos en la cadena alimentaria.

https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/CAMBIO_CLIMATICO_PATOGENOS.pdf

Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria. (2024). Ficha de peligro: Shigella spp. Ministerio de Agricultura. <https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2024/09/Ficha-Peligro-09-Shigella-spp-v01.pdf>

AINIA. (2024). Detección de bacterias patógenas en estado viable no cultivable (VBNC) en la industria alimentaria. <https://www.ainia.com/ainia-news/deteccion-bacterias-patogenas-estado-viable-no-cultivable-vbnc-industria-alimentaria/>

Álvarez, N. T. S., Rivas, R. G., & Gómez, M. A. Z. (2024). Evaluación del índice de riesgo de la calidad del agua en ecosistemas colombianos. Revista Ecosistemas, 33(1), 45–59. https://publicaciones.unad.edu.co/index.php/wp_ecisa/article/view/8864

ANMAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica). (2012). Shigelosis. Ministerio de Salud de la Nación, Argentina. <https://www.anmat.gob.ar/webanmat/Publicaciones/Shigelosis.pdf>

Andrade-Ayala, A. P., Osorio-Garces, C. E., & Martínez-Idrobo, J. P. (2019). Reflexión acerca de la visión de la Gestión Integral de vulnerabilidad por desabastecimiento de agua en zona rural de Colombia. Ingeniería y Competitividad, 21(2), 83–92.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-30332019000200010

ASIS Cesar. (2023). Análisis de situación de salud del departamento de Cesar. Gobierno del Cesar.
<https://ceopruebas.sispropreprod.gov.co/DocumentosASIS2024/ASIS%20CESAR%202023%20ok.pdf>

CACV. (2024). Orientaciones para el control de Salmonella en productos de baja humedad listos para el consumo. <https://cacv.es/wp-content/uploads/2024/06/@Orientaciones-para-el-control-de-Salmonella-en-productos-de-baja-humedad-listos-para>

Cantón, R. (2016). Lectura comentada del antibiograma de bacilos gramnegativos. Revista Española de Quimioterapia, 19(1), 51–64. <https://seq.es/seq/0214-3429/19/1/51.pdf>

Centro Nacional de Biotecnología. (2024). Nuevo mecanismo para que los plásmidos aceleren la aparición de resistencia a antibióticos. CNB-CSIC. <https://www.cnb.csic.es/nuevo-mecanismo-para-plasmidos-aceleren-aparicion-resistencia-antibioticos/>

Cepeda Hernández, I. (2023). Desarrollo del plan de muestreo y toma de muestras de agua. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Ambiental.
<http://dx.doi.org/10.16925/gcgp.73>

Chen, Z., Moreno-Switt, A. I., Reyes-Jara, A., Suarez, E. D., Adell, A. D., Oliveira, C. J. B., Bonelli, R. R., Huang, X., Brown, E., Allard, M., Grim, C., Bell, R., Meng, J., & Toro, M. (2024). A multicenter genomic epidemiological investigation in Brazil, Chile, and Mexico reveals the

diversity and persistence of Salmonella populations in surface waters. mBio, 15(7).
<https://doi.org/10.1128/mbio.00777-24>

CORDIS. (2022, 20 de mayo). Los controles automatizados garantizan la seguridad del agua potable. Servicio de Información sobre Investigación y Desarrollo de la Comunidad.
<https://cordis.europa.eu/article/id/436374-automated-monitoring-means-safe-drinking-water/es>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2024). Boletín Calidad Hídrica 2024.
<https://www.car.gov.co/uploads/files/68654b98cef92.pdf>

CSIC. (2018, 21 de agosto). Las células detectan lesiones en el ADN causadas por radiación ultravioleta. RTVE. <https://www.rtve.es/noticias/20180821/csic-halla-mecanismo-por-celulas-detectan-lesiones-adn-causadas-por-radiacion-ultravioleta>

Cuidarte. (2022). Identificación microbiológica de patógenos en aguas de centros educativos. Revista Cuidarte, 13(2). <https://revistas.udes.edu.co/cuidarte/article/view/4052/3363>

Daza-Daza, A. R., Serna-Mendoza, C. A., & Carabalí-Angola, A. (2018). The Water Resource in the Wayuu Indigenous Communities of La Guajira Colombiana. Part 2: Qualitative Study of the Conditions of Hygiene, Cleanliness and Water Availability. Información Tecnológica, 29(6), 25–32. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000600025&lng=en&nrm=iso&tlng=en

De Jesús Ramos Mancheno, A. D. (2024). Efectos del consumo de agua contaminada en la calidad de vida de las personas. Polo del Conocimiento, 9(1), 614–632.

De La Ossa-Lacayo, A., & Herrera-Betín, J. M. (2017). Los jagüeyes comunitarios como un sistema ambiental antrópico y la importancia de su gestión. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(1), 98–109. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.n1.2017.505>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2023). Caracterización social departamento del Cesar 2023–2024. <https://aguasdelcesar.gov.co/wp-content/uploads/2025/05/Caracterizacion-Social-Dpto-Cesar-2023-2024.pdf>

Departamento del Cesar. (2025, 27 de septiembre). Presentación del Departamento del Cesar. <https://cesar.gov.co/d/es/nosotros/el-departamento/presentacion>

Esquema de Ordenamiento Territorial de Ástrea. (2023). Documento diagnóstico del municipio de Ástrea, Cesar. Secretaría de Planeación Municipal. <https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/20.500.14471/21674/25889-2.pdf>

EQS Grupo. (2017). ¿Qué es el Q10 y por qué es práctico? Academy EQS. <https://eqsgrupo.com/que-es-el-q10-y-por-que-es-practico/>

Fernández-Gómez, P., Prieto, M., Fernández-Escámez, P. S., López, M., & Alvarez-Ordóñez, A. (2020). Biopelículas y persistencia microbiana en la industria alimentaria. *Arbor*, 196(795), Artículo a538. <https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/2352>

Food and Drug Administration. (2023). Conozca los datos sobre la Salmonella. FDA. <https://www.fda.gov/animal-veterinary/animal-health-literacy/conozca-los-datos-sobre-la-salmonella>

FOMAN. (2020, 18 de mayo). Resolución 2115 de 2007: Calidad del Agua.
<https://www.foman.com.co/legislacion-alimentos-colombia/resolucion-2115-2007/>

Galezso Martínez, M. (2020). Análisis de la problemática de la calidad del agua en área rural dispersa del departamento del Cesar y evaluación de LEDs UV como opción de desinfección en punto de uso. Uniandes. <https://hdl.handle.net/1992/48383>

Gobernación del Cesar. (2023). Inauguramos acueducto y alcantarillado en Astrea.
<https://cesar.gov.co/d/es/noticias/boletines/6249-artbp-0196-2023>

GPNotebook. (2025, 2 de enero). Temperatura. <https://gpnotebook.com/es/pages/informacion-general/cinetica-enzimatica/temperatura>

Guzmán-Terán, C., & Raza, S. (2025). Impact of rural land use on the microbiological quality and microbial persistence in surface water reservoirs: A study in the Caribbean region. *Frontiers in Environmental Science*, 13, Artículo 1638383.
<https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2025.1638383/full>

Hanna Instruments. (2022, 30 de junio). La guía completa para la medición de turbidez en el agua.
<https://hannainst.ec/blog/analisis-de-agua-boletines/la-guia-completa-para-la-medicion-de-turbidez-en-el-agua/>

Hernández Avilés, J. S., Guerra Hernández, E. A., Cruz Gutiérrez, R. M., & Cortés Salazar, L. Á. (Coords.). (2025). Métodos inmunológicos para el estudio de sistemas naturales y artificiales. Universidad Nacional Autónoma de México.

https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/2023/Publicaciones/libros/cbiologia/Metodos_limnologicos.pdf

ICRA. (2024). Ecología del resistoma acuático en aguas naturales y urbanas. <https://icra.cat/es/linies-de-recerca/tratamiento-de-aguas-residuales-reutilizacion-y-recuperacion-de-recursos/>

INS (Instituto Nacional de Salud). (2025). Boletín Epidemiológico Semanal: Situación nacional de los brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA). https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2025_Boletin_epidemiologico_semana_5.pdf

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (1994). Calidad del agua. Determinación del pH (NTC 2002). <https://es.scribd.com/document/58622885/Ntc-3651-Medicion-Del-Ph>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (s.f.). Jagüey. <https://ideam.gov.co/atencion-y-servicios-a-la-ciudadania/glosario/jaguey>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2023). Estudio Nacional del Agua 2022. Bogotá, Colombia. <https://www.andi.com.co/Uploads/Agua%20y%20Cambio%20Clim%C3%A1tico.pdf>

Instituto Nacional de Salud. (2021). Manual para la toma, preservación y transporte de muestras de agua para análisis microbiológicos. INS. <https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/Manual-toma-muestras-agua.pdf>

Instituto Nacional de Salud. (2021). Revisión sistemática de literatura: *Shigella* spp.
<https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/7-shigella-spp.pdf>

Instituto Nacional de Salud. (2024). Lineamiento para la vigilancia por laboratorio de *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. productoras de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas. Dirección de Redes en Salud Pública.
<https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/lineamiento-vigilancia-e-coli-y-salmonella-spp-productoras-de-blee-y-carbapenemasas.pdf>

Inventio UAEM. (2025). Jagüeyes, patrimonio morelense para la sustentabilidad. *Inventio*, 7(4), 20–25.
<https://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/179/172>

Jiménez-Guevara, K. V., et al. (2023). Evaluation of an indirect method for the bacteria rapid quantification in wastewaters. En *Electronic Book of Selected Works* (p. 87). UNAM.
<https://ambiental.unam.mx/albunimágenes/Libro-e-Book%20Mems-Procs%20VIII%20MSimp-8th%20MSRCWAS%2023-28Jun%20a%20%20Ed.pdf>

Kotloff, K. L., Riddle, M. S., Platts-Mills, J. A., Pavlinac, P., & Zaidi, A. K. M. (2020). Shigellosis. *The Lancet*, 391(10122), 801–812. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)33296-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)33296-8)

Lamichhane, B. (2024). Salmonellosis: una descripción general de la patogénesis, diagnóstico y tratamiento. *Antibiotics*, 13(1), 76. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13010076>

Lovibond. (2024). Analysis of turbidity. https://www.lovibond.com/de/file-download/f146540_de

Manual MSD. (2023). Shigelosis (Disentería bacilar). Manuales MSD, versión para profesionales.
<https://www.msdmanuals.com/es/professional/enfermedades-infecciosas/bacilos-gramnegativos/shigelosis>

Mayo Clinic. (2025). Infección por shigela - Síntomas y causas. <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/shigella/symptoms-causes/syc-20377529>

Merck. (2025). Agar SS (Agar para Salmonella y Shigella). Merck Millipore.
<https://www.merckmillipore.com>

Microbiology Info. (2025). Agar Salmonella Shigella (SS): composición, principio y uso.
<https://microbiologyinfo.com/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). Una sola salud. FAO.
<https://www.fao.org/one-health/es>

Ministerio de Protección Social. (2007). Resolución 2115 por la cual se establecen los requisitos de potabilidad de agua para consumo humano.
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%202115%20de%202007.pdf

Ministerio de Salud Colombia. (2022). Informe nacional de calidad del agua para consumo humano.
<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/informe-nacional-calidad-del-agua-para-consumo-humano-2022.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2020). Resolución 622 de 2020.
<https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/3795373/>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2023). Informe Nacional de Calidad del Agua para Consumo Humano (INCA) 2023.
<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/informe-nacional-de-calidad-del-agua-para-consumo-humano-inca-2023.pdf>

Moussa, J. S., Basha, A. S., Al-Suraifi, A. S., & Hamed, M. (2023). Waterborne transmission of enteric pathogens and antimicrobial resistance: A review. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1302480. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1302480>

Naz, F., Ahmad, A., Sarwar, Y., Khan, M. M., Schierack, P., Rauf, W., & Ali, A. (2024). Characterization of *Salmonella enterica* biofilms and antibiofilm effect of carvacrol and 2-aminobenzimidazole. *Foodborne Pathogens and Disease*, 21(1), 52–60.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37819687/>

Nimmana, B. K., & Tobin, E. H. (2025). *Enterobacter infections*. StatPearls Publishing.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559296/>

Oguadinma, I. C., Mishra, A., & Kumar, G. D. (2022). Los parámetros de la luz solar influyen en la supervivencia y disminución de *Salmonella* y *Escherichia coli* en el agua. *Journal of Food Protection*, 85(11), 1614–1624. <https://doi.org/10.4315/JFP-22-042>

OneLab. (2025). Protocolo para el análisis microbiológico de agua. <https://www.onelab.com.ar/protocolo-para-el-analisis-microbiologico-de-agua>

Organización Mundial de la Salud. (2022). Salmonella (no tifoidea). [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))

Organización Mundial de la Salud. (2025). Salmonelosis. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal))

Organización Panamericana de la Salud. (2025). Enfermedades transmitidas por alimentos. <https://www.paho.org/es/temas/enfermedades-transmitidas-por-alimentos>

Osorio, G. P., et al. (2016). Evaluación de la calidad del agua de cuatro jagüeyes del parque estatal “Flor del Bosque”, Puebla, México. Revista Mexicana de Ciencias Ambientales, 40(2), 160–170.

Pérez-Vidal, A., Torres-Lozada, P., & Delgado-Cabrera, L. (2017). Calidad microbiológica del agua en sistemas de abastecimiento de zonas rurales. Revista Facultad Nacional de Salud Pública, 35(2), 236–247. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>

Plan Nacional frente a la Resistencia a los Antibióticos. (2022). Informe PRAN-MA: Fuentes de emisión. Ministerio de Sanidad; Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. https://www.resistenciaantibioticos.es/sites/default/files/2022-06/1.1_informe-pran-ma_fuentes-de-emision.pdf

Ríos-Tobón, S. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua. Revista Facultad Nacional de Salud Pública, 35(2), 236–254. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>

Rodríguez, M., García, L., & Pardo, F. (2020). Estado del agua del río Cesar por vertimientos residuales y actividades agrícolas y ganaderas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 25(3), 335–350.

Rondón-Barragán, I. S., Guayara-Calderón, A. L., & Morales-Pinzón, V. M. (2024). Prevalencia y resistencia a los antimicrobianos de *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. en los alimentos para animales en Colombia. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 48, e14.
<https://doi.org/10.26633/RPSP.2024.14>

Rubio Granda, A., Fernández Miaja, M., Delgado Nicolás, S., Fernández Ibáñez, A., Llana Velasco, M. E., & Alonso Álvarez, M. A. (2022). Clinical and epidemiologic description of a severe outbreak of Salmonellosis in an urban nursery school. *Revista Española de Quimioterapia*, 35(3), 265–272. <https://doi.org/10.37201/req/134.2021>

Santibáñez, R., & Williams, J. (2025). Environmental survival of Enterobacteriaceae: The impact of pH and thermal stability on *Salmonella* and *E. coli* in lentic systems. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1607684.

Sepúlveda López, L. (2023). Factores que inciden en la calidad microbiológica de agua lluvia de irrigación recolectada en huertas urbanas y periurbanas. Universidad de los Andes.
<http://hdl.handle.net/1992/64648>

Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. (2025). Procedimientos en Microbiología Clínica: Diagnóstico microbiológico de las infecciones gastrointestinales. SEIMC. <https://seimc.org/wp-content/uploads/2025/06/seimc-procedimientomicrobiologia37.pdf>

- Tamayo Morales, L. (2013). Cuantificación de cepas de Salmonella sp. resistentes a antibióticos en muestras de agua del Río Bogotá. Uniandes. <https://hdl.handle.net/1992/19798>
- Tilahun, M., et al. (2025). Prevalencia de especies de Salmonella y Shigella y sus factores de virulencia en fuentes de agua rural. BMC Infectious Diseases, 25, 123. <https://bmcinfectdis.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12879-024-10425-w>
- Toro, M., Weller, D., Ramos, R., Diaz, L., Alvarez, F. P., Reyes-Jara, A., Moreno-Switt, A. I., Meng, J., & Adell, A. D. (2022). Environmental and anthropogenic factors associated with the likelihood of detecting Salmonella in agricultural watersheds. Environmental Pollution, 306, 119298. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119298>
- Uribe, L., Flórez, G., & Hernández, J. (2006). Salmonelosis no tifoidea y su transmisión a través del agua. Revista Biomédica, 26(2), 108–115. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95342006000200011
- Valero Gámez, A., Molinar Martínez, Á. G., Montaña Verduzco, C., López Váldez, G. J., Gracia Alcantar, J. C., Ortiz Mayoral, A. C., & Gómez Gómez, X. (2026). Evolución de la resistencia a antibioticoterapia con quinolonas. Revista Electrónica de PortalesMedicos.com, 21(5).
- Vásquez, J. A. (2017). Determinación de coliformes totales, fecales y Salmonella spp. en aguas de acequias de regadío del distrito de Moche [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio ALICIA - CONCYTEC. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_6936f3e347369ece88db3f5377616f36

Vélez, G., Ramírez, N., & Mejía, C. (2015). Caracterización molecular de aislamientos de Shigella en Colombia. Biomédica, 35(3), 321–329. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572015000300013

Zarei, M., Bahrami, S., & Liljebjelke, K. (2022). Biofilm formation of Salmonella enterica serovar Enteritidis cocultured with Acanthamoeba castellanii responds to nutrient availability. International Microbiology, 25(4), 691–700. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35676463/>

12. ANEXOS

Anexo 1

Lugar de muestreo



Nota. Fuentes hídricas utilizadas para la toma de muestra Jagüey de La Finca El Tarra y Jagüey de la Finca La parranda. Elaboración propia.

Anexo 2

Toma de muestra



Nota. Recolección de muestras de agua en diferentes profundidades. Elaboración propia.

Anexo 3*Proceso de filtración por membrana*

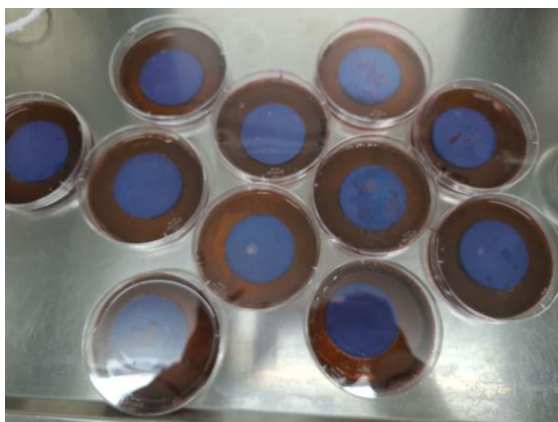
Nota. Procesamiento de las muestras en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Popular del Cesar por el método de filtración por membranas para retener los microorganismos presentes en las muestras y para el recuento de unidades formadoras de colonias. Elaboración propia.

Anexo 4*Preparación de medios de cultivo*

Nota. Proceso de pesaje y esterilización de medio de cultivos. Elaboración propia.

Anexo 5*Preenriquecimiento de membranas*

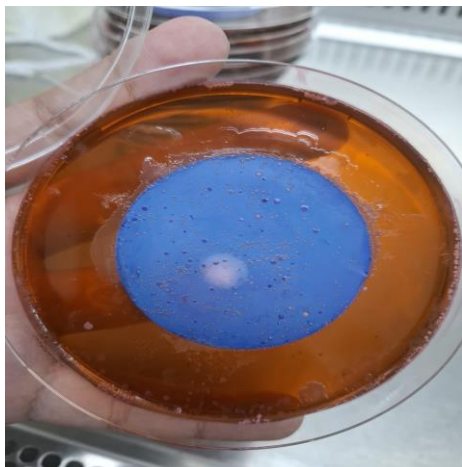
Nota. Proceso de preenriquecimiento de las membranas filtradas en caldo Rappaport - Vassiliadis. Elaboración propia.

Anexo 6*Siembra de membranas*

Nota. Las membranas que fueron sembradas en agar EMB directamente después de la filtración por membrana. Elaboración propia.

Anexo 7

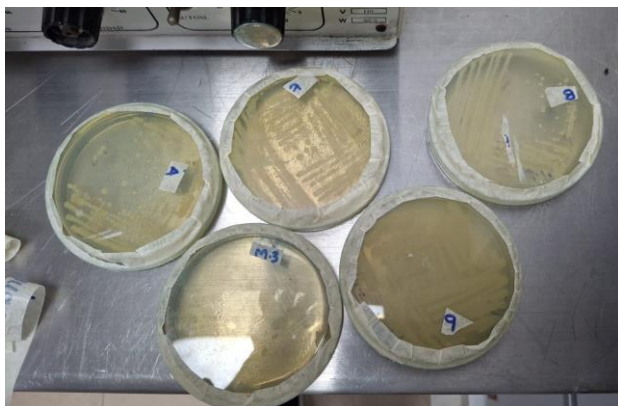
Cajas petri inoculadas



Nota. Cajas sembradas con la membrana de filtración en agar EMB. Elaboración propia.

Anexo 8

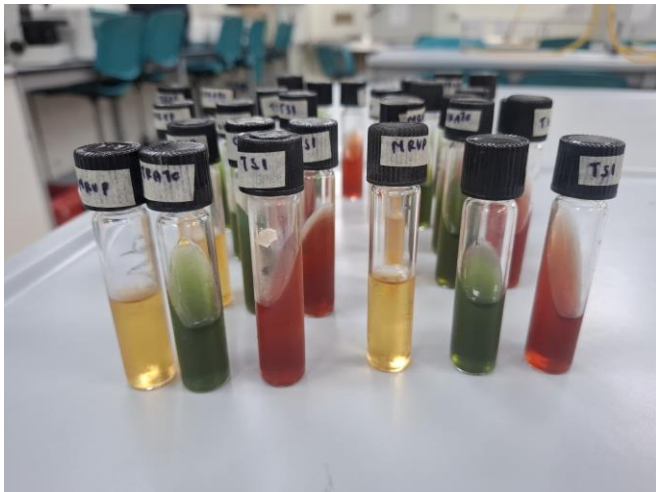
Cajas petri con medio agar nutritivo



Nota. Cajas con agar nutritivo inoculadas presuntivamente con *Salmonella* spp.
Elaboración propia.

Anexo 9

Preparación de pruebas bioquímicas



Nota. Baterías de pruebas bioquímicas. Elaboración propia.

Anexo 10

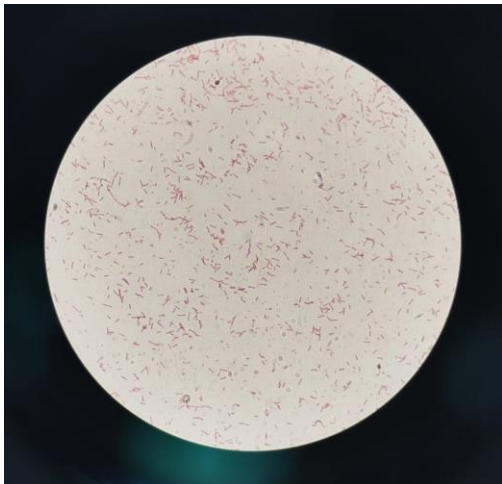
Pruebas bioquímicas presuntivas para Salmonella spp.



Nota. Pruebas bioquímicas realizadas a Cajas con crecimiento presuntivo a *Salmonella* spp. Elaboración propia.

Anexo 11

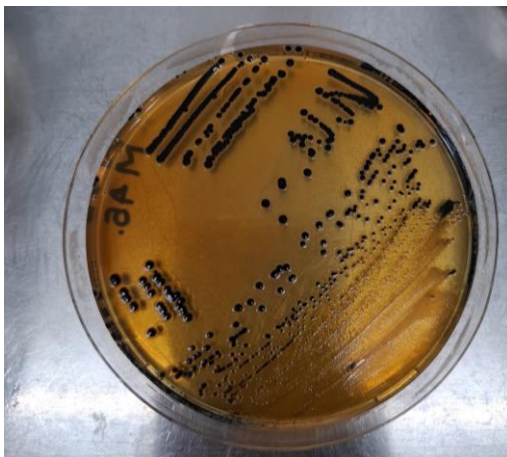
Observación microscópica



Nota. Observación microscópica de Tinción gram a *Escherichia coli*. Elaboración propia.

Anexo 12

Cepa aislada de Salmonella spp.



Nota. Cepa aislada en agar SS. Elaboración propia.

Anexo 13

Cepas aisladas



Nota. Cepas aisladas presuntivamente *Salmonella* spp. en agar XLD y agar SS.
Elaboración propia.



Anexo 14

Resultados de identificación de especie obtenidos por espectrometría de masas (MALDI-TOF)



**Clínica
Médicos**
Alta Complejidad
del Caribe

Informe final

RESULTADOS LABORATORIO
CLINICA ALTA COMPLEJIDAD DEL CARIBE

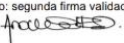


202604212415

Paciente / Patient:	Fecha de ingreso/Date: 21/04/2026 05:00:27 pm.
Identificación/Id:	Fecha de impresión/Print Date: 24/04/2026 07:36:59 am.
Edad/Age:	Teléfono/Phone: 3022565673
Habitación/Room:	
Medico Tratante/Physician:	

MICROBIOLOGIA			
ESTUDIO STUDY	RESULTADO RESULT	UNIDADES UNITS	RANGO BIOLOGICO DE REFERENCIA BIOLOGICAL REFERENCE RANGE
ANTIBIOGRAMA CONCENTRACIÓN MÍNIMA INHIBITORIA.			
CULTIVO PARA MICROORGANISMOS EN CUALQUIER MUESTRA DIFERENTE A MEDULA OSEA, ORINA Y HECES.			
Tipo de muestra:	M4		
Microorganismo aislado:	Salmonella enterica.		
Método de identificación:	MALDI-TOF		
Nota: Cultivo recibido en gara PSA pra su proceso.			


ANA MARIA RINCON QUIROZ
Cc. 1045591572
SUBDIRECCIÓN: LABORATORIO CLINICO
GESTIÓN PRE TRANSFUSIONAL
PATOLOGIA
Usuario: segunda firma validadora


ANA MARIA RINCON QUIROZ
Cc. 1045591572
SUBDIRECCIÓN: LABORATORIO CLINICO
GESTIÓN PRE TRANSFUSIONAL
PATOLOGIA
Usuario: segunda firma validadora


JAIME ENRIQUE RODRIGUEZ CHACON
Cc. 1045591572
MICROBIOLOGO- LABORATORIO CLINICO


U: JAIME ENRIQUE RODRIGUEZ CHACON
Cc. 1045591572
MICROBIOLOGO- LABORATORIO CLINICO

Nota. Muestra #4 identificada como *Salmonella enterica*. Clínica Alta Complejidad del Caribe (2026).

Anexo 15

Resultados de identificación de especie obtenidos por espectrometría de masas (MALDI-TOF)



**Clínica
Médicos**
Alta Complejidad
del Caribe

Informe final

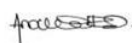
RESULTADOS LABORATORIO
CLINICA ALTA COMPLEJIDAD DEL CARIBE



202604162430

Paciente / Patient: _____ Identificación/Id: _____ Edad/Age: _____ Habitación/Room: _____ Médico Tratante/Physician: _____	Fecha de ingreso/Date: 16/04/2026 05:09:08 pm. Fecha de impresión/Print Date: 17/04/2026 10:54:17 am. Teléfono/Phone: 3022565673
---	---

MICROBIOLOGIA			
ESTUDIO STUDY	RESULTADO RESULT	UNIDADES UNITS	RANGO BIOLÓGICO DE REFERENCIA BIOLOGICAL REFERENCE RANGE
CULTIVO PARA MICROORGANISMOS EN CUALQUIER MUESTRA DIFERENTE A MEDULA OSEA, ORINA Y HECES.			
Tipo de muestra:	M11		
Microorganismo aislado:	Salmonella enterica		
Método de identificación:	MALDI-TOF		



ANA MARIA RINCON QUIROZ
C.C. 104622548
SUBDIRECCIÓN LABORATORIO CLÍNICO
GESTIÓN PRE TRANSFUSIONAL
PATOLOGÍA
Usuario: segunda firma validadora



JAIME ENRIQUE RODRIGUEZ CHACON
C.C. 1045591872
MICROBIOLOGÍA LABORATORIO CLÍNICO
Verificación Muestra: 16/04/2026 05:09:50 pm.
Validación: 17/04/2026 09:47:22 am.
Usuario: JAIME ENRIQUE RODRIGUEZ CHACON

Nota. Muestra #11 identificada como *Salmonella enterica*. Clínica Alta Complejidad del Caribe (2026).

Anexo 16

Resultados de identificación de especie obtenidos por espectrometría de masas (MALDI-TOF)



**Clínica
Médicos**
Alta Complejidad
del Caribe

Informe final

RESULTADOS LABORATORIO
CLINICA ALTA COMPLEJIDAD DEL CARIBE



202604212425

Paciente / Patient: Identificación/Id: Edad/Age: Habitación/Room: Médico Tratante/Physician:	Fecha de ingreso/Date: 21/04/2026 05:06:23 pm. Fecha de impresión/Print Date: 23/04/2026 11:35:58 am. Teléfono/Phone: 3022565673
---	---

MICROBIOLOGIA			
ESTUDIO STUDY	RESULTADO RESULT	UNIDADES UNITS	RANGO BIOLÓGICO DE REFERENCIA BIOLOGICAL REFERENCE RANGE
CULTIVO PARA MICROORGANISMOS EN CUALQUIER MUESTRA DIFERENTE A MEDULA OSEA, ORINA Y HECES.			
Tipo de muestra:	M15Microorganismo aislado:		Salmonella enterica.
Método de identificación:	MALDI-TOF	Nota: Cultivo recibido en gara PSA pra su proceso.	



ANA MARIA RINCON QUIROZ
C.C. 1046422548
SUBDIRECCIÓN-LABORATORIO CLINICO
GESTIÓN FRE TRANSFUSIONAL
PATOLOGIA
Usuario: segunda firma validadora



JULYS CAROLINA RAMIREZ MARTINEZ
C.C. 1046422533
MICROBIOLOGIA: LABORATORIO CLINICO
Verificación Muestra: 21/04/2026 05:06:41 pm.
Validación: 23/04/2026 11:01:28 am.
Usuario: JULYS CAROLINA RAMIREZ MARTINEZ

Nota. Muestra #15 identificada como *Salmonella enterica*. Clínica Alta Complejidad del Caribe (2026).

Anexo 17

Resultados de identificación de especie obtenidos por espectrometría de masas (MALDI-TOF)



**Clínica
Médicos**
Alta Complejidad
del Caribe

Informe final

RESULTADOS LABORATORIO
CLINICA ALTA COMPLEJIDAD DEL CARIBE



202604162432

Paciente / Patient: Identificación/id: Edad/Age: 24 Años Sexo/Sex: Femenino/Female Habitación/Room: Médico Tratante/Physician: SI	Fecha de ingreso/Date: Fecha de impresión/Print Date: 17/04/2026 10:54:49 am. Teléfono/Phone:
---	--

MICROBIOLOGIA			
ESTUDIO STUDY	RESULTADO RESULT	UNIDADES UNITS	RANGO BIOLÓGICO DE REFERENCIA BIOLOGICAL REFERENCE RANGE
CULTIVO PARA MICROORGANISMOS EN CUALQUIER MUESTRA DIFERENTE A MEDULA OSEA, ORINA Y HECES.			
Tipo de muestra:	M17		
Microorganismo aislado:	Salmonella enterica		
Método de identificación:	MALDI-TOF		



ANA MARIA RINCON QUIROZ
C.C. 104632848
SUBDIRECCIÓN LABORATORIO CLÍNICO
GESTIÓN PRE TRANSICIONAL
PATOLOGÍA
Usuario: segunda firma validadora



JAIME ENRIQUE RODRIGUEZ CHACON
C.C. 104632848
MICROBIOLOGÍA - LABORATORIO
CLÍNICO
Verificación Muestra:
Validación: 17/04/2026 09:48:02 am.
Usuario: JAIME ENRIQUE RODRIGUEZ CHACON

Nota. Muestra #17 identificada como *Salmonella enterica*. Clínica Alta Complejidad del Caribe (2026).

Anexo 18

Resultados de identificación de especie obtenidos por espectrometría de masas (MALDI-TOF)



**Clínica
Médicos**
Alta Complejidad
del Caribe

Informe final

RESULTADOS LABORATORIO
CLINICA ALTA COMPLEJIDAD DEL CARIBE



202604212422

Paciente / Patient: [Redacted] Identificación/Id: [Redacted] Edad/Age: [Redacted] Habitación/Room: [Redacted] Médico Tratante/Physician: [Redacted]	Fecha de ingreso/Date: 21/04/2026 05:03:25 pm. Fecha de impresión/Print Date: 23/04/2026 11:39:52 am. Teléfono/Phone: 3022565673
--	---

MICROBIOLOGÍA			
ESTUDIO STUDY	RESULTADO RESULT	UNIDADES UNITS	RANGO BIOLÓGICO DE REFERENCIA BIOLOGICAL REFERENCE RANGE
CULTIVO PARA MICROORGANISMOS EN CUALQUIER MUESTRA DIFERENTE A MEDULA OSEA, ORINA Y HECEAS.			
Tipo de muestra:	M29Microorganismo aislado:	Salmonella enterica.	
Método de identificación: MALDI-TOF Nota: Cultivo recibido en gara PSA pra su proceso.			



ANA MARIA RINCÓN QUIROZ
C.C. 1048482338
SUBDIRECCIÓN LABORATORIO CLÍNICO
GESTIÓN PRE TRANSFERENCIAL
PATOLOGÍA
Usuario: segunda firma validadora



JULYS P. RAMIREZ MARTINEZ
C.C. 1048482338
MICROBIOLOGÍA LABORATORIO CLÍNICO
Verificación Muestra: 21/04/2026 05:03:43 pm.
Validación: 23/04/2026 11:00:53 am.
Usuario: JULYS CAROLINA RAMIREZ MARTINEZ

Nota. Muestra #29 identificada como *Salmonella enterica*. Clínica Alta Complejidad del Caribe (2026).

Anexo 19

Resultados de identificación de especie obtenidos por espectrometría de masas (MALDI-TOF)



**Clínica
Médicos**
Alta Complejidad
del Caribe

Informe final

RESULTADOS LABORATORIO
CLINICA ALTA COMPLEJIDAD DEL CARIBE

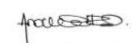


202604212423

Paciente / Patient: Identificación/Id: Edad/Age: Habitación/Room: Médico Tratante/Physician:	Fecha de ingreso/Date: 21/04/2026 05:04:17 pm. Fecha de impresión/Print Date: 23/04/2026 11:37:42 am. Teléfono/Phone: 3022565673
--	--

MICROBIOLOGÍA

ESTUDIO STUDY	RESULTADO RESULT	UNIDADES UNITS	RANGO BIOLÓGICO DE REFERENCIA BIOLOGICAL REFERENCE RANGE
CULTIVO PARA MICROORGANISMOS EN CUALQUIER MUESTRA DIFERENTE A MEDULA OSEA, ORINA Y HECES.			
Tipo de muestra:	M35Microorganismo aislado:		Salmonella enterica.
Método de identificación:	MALDI-TOF		Nota: Cultivo recibido en gara PSA pra su proceso.



ANA MARIA RINCON QUIROZ
C.C. 1065422548
SUBDIRECCIÓN- LABORATORIO CLINICO
GESTIÓN PRE TRANSFUSIONAL
PATOLOGÍA
Usuario: segunda firma validadora



JULYS CAROLINA RAMIREZ MARTINEZ
C.C. 1065422548
MICROBIOLOGÍA- LABORATORIO
CLINICO
Verificación Muestra: 21/04/2026 05:04:35 pm.
Validación: 23/04/2026 11:01:13 am.
Usuario: JULYS CAROLINA RAMIREZ MARTINEZ

Nota. Muestra #35 identificada como *Salmonella enterica*. Clínica Alta Complejidad del Caribe (2026).

Anexo 20

Resultados de identificación de especie obtenidos por espectrometría de masas (MALDI-TOF)



Informe final
RESULTADOS LABORATORIO
CLINICA ALTA COMPLEJIDAD DEL CARIBE



202604162433

Paciente / Patient: Identificación/Id: Edad/Age: Habitación/Room: Médico Tratante/Physician:	Fecha de ingreso/Date: 16/04/2026 05:11:17 pm. Fecha de impresión/Print Date: 17/04/2026 10:56:54 am. Teléfono/Phone:
---	--

MICROBIOLOGIA			
ESTUDIO STUDY	RESULTADO RESULT	UNIDADES UNITS	RANGO BIOLÓGICO DE REFERENCIA BIOLOGICAL REFERENCE RANGE

CULTIVO PARA MICROORGANISMOS EN CUALQUIER MUESTRA DIFERENTE A MEDULA OSEA, ORINA Y HECEAS.

Tipo de muestra:	M37
Microorganismo aislado:	Salmonella enterica
Método de identificación:	MALDI-TOF



ANA MARIA RINCON QUIROZ
C.C. 1916433548
DIVISIÓN LABORATORIO CLÍNICO
GESTIÓN PES TRANSFUSIONAL
PATOLOGÍA
Usuario: segunda firma validadora



JAIME ENRIQUE RODRIGUEZ CHACON
C.C. 1916433548
MICROBIOLOGÍA LABORATORIO CLÍNICO
Verificación Muestra:
Validación:
Usuario: JAIME ENRIQUE RODRIGUEZ CHACON



202604162433

Nota. Muestra #37 identificada como *Salmonella enterica*. Clínica Alta Complejidad del Caribe (2026).

Anexo 21

Resultados de identificación de especie obtenidos por espectrometría de masas (MALDI-TOF)



**Clínica
Médicos**
Alta Complejidad
del Caribe

Informe final

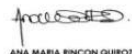
RESULTADOS LABORATORIO
CLINICA ALTA COMPLEJIDAD DEL CARIBE



202604212426

Paciente / Patient: Identificación/Id: Edad/Age: Habitación/Room: Médico Tratante/Physician:	Fecha de ingreso/Date: 21/04/2026 05:07:23 pm. Fecha de impresión/Print Date: 23/04/2026 11:35:02 am. Teléfono/Phone: 3022565673
---	---

MICROBIOLOGIA			
ESTUDIO STUDY	RESULTADO RESULT	UNIDADES UNITS	RANGO BIOLÓGICO DE REFERENCIA BIOLOGICAL REFERENCE RANGE
CULTIVO PARA MICROORGANISMOS EN CUALQUIER MUESTRA DIFERENTE A MEDULA OSEA, ORINA Y HECES.			
Tipo de muestra:	M43Microorganismo aislado:		Salmonella enterica.
Método de identificación:	MALDI-TOF	Nota: Cultivo recibido en gara PSA pra su proceso.	



ANA MARIA RINCON QUIROZ
C.C. 1046422548
SUBDIRECCIÓN- LABORATORIO CLÍNICO
GESTIÓN PRE TRANSFUSIONAL
PATOLOGÍA
Usuario: segunda firma validadora



JULYS CAROLINA RAMIREZ MARTINEZ
C.C. 1046422548
MICROBIOLOGÍA- LABORATORIO CLÍNICO
Verificación Muestra: 21/04/2026 05:08:41 pm.
Validación: 23/04/2026 11:01:43 am.
Usuario: JULYS CAROLINA RAMIREZ MARTINEZ

Nota. Muestra #43 identificada como *Salmonella enterica*. Clínica Alta Complejidad del Caribe (2026).

Anexo 22

Resultados de identificación de especie obtenidos por espectrometría de masas (MALDI-TOF)



**Clínica
Médicos**
Alta Complejidad
del Caribe

Informe final

RESULTADOS LABORATORIO
CLINICA ALTA COMPLEJIDAD DEL CARIBE



202604212419

Paciente / Patient: _____ Identificación/Id: _____ Edad/Age: _____ Habitación/Room: _____ Médico Tratante/Physician: _____	Fecha de ingreso/Date: 21/04/2026 05:02:08 pm. Fecha de impresión/Print Date: 23/04/2026 11:41:30 am. Teléfono/Phone: _____
--	---

MICROBIOLOGIA			
ESTUDIO STUDY	RESULTADO RESULT	UNIDADES UNITS	RANGO BIOLÓGICO DE REFERENCIA BIOLOGICAL REFERENCE RANGE
CULTIVO PARA MICROORGANISMOS EN CUALQUIER MUESTRA DIFERENTE A MEDULA OSEA, ORINA Y HECES.			
Tipo de muestra:	M52Microorganismo aislado:		Salmonella enterica.
Método de identificación:	MALDI-TOF		Nota: Cultivo recibido en gara PSA pra su proceso.



ANA MARIA RINCON QUIROZ
C.C. 1045422548
SUBDIRECCIÓN: LABORATORIO CLÍNICO
GESTIÓN PRE TRANSFUSIONAL
PATOLOGÍA
Usuario: segunda firma validadora



JULYS CAROLINA RAMIREZ MARTINEZ
C.C. 1045422548
MICROBIOLOGÍA - LABORATORIO
CLÍNICO
Verificación Muestra: 21/04/2026 05:02:27 pm.
Validación: 23/04/2026 11:00:20 am.
Usuario: JULYS CAROLINA RAMIREZ MARTINEZ

Nota. Muestra #52 identificada como *Salmonella enterica*. Clínica Alta Complejidad del Caribe (2026).

Anexo 23

Resultados de identificación de especie obtenidos por espectrometría de masas (MALDI-TOF)



**Clínica
Médicos**
Alta Complejidad
del Caribe

Informe final

RESULTADOS LABORATORIO
CLINICA ALTA COMPLEJIDAD DEL CARIBE



202604212416

Paciente / Patient: _____ Identificación/Id: _____ Edad/Age: _____ Habitación/Room: _____ Medico Tratante/Physician: _____	Fecha de ingreso/Date: 21/04/2026 05:01:11 pm. Fecha de impresión/Print Date: 24/04/2026 07:37:25 am. Teléfono/Phone: 3022565673
---	---

MICROBIOLOGIA			
ESTUDIO STUDY	RESULTADO RESULT	UNIDADES UNITS	RANGO BIOLÓGICO DE REFERENCIA BIOLOGICAL REFERENCE RANGE
ANTIBIOGRAMA CONCENTRACIÓN MÍNIMA INHIBITORIA. CULTIVO PARA MICROORGANISMOS EN CUALQUIER MUESTRA DIFERENTE A MEDULA OSEA, ORINA Y HECES. Tipo de muestra: 55Microorganismo aislado: Salmonella enterica. Método de identificación: MALDI-TOF Nota: Cultivo recibido en gara PSA pra su proceso.			

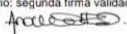


ANA MARIA RINCON QUIROZ
C.C. 1045622548
SUBDIRECCIÓN- LABORATORIO CLINICO
GESTIÓN PRE TRANSFUSIONAL
PATOLOGIA

Usuario: segunda firma validadora



JAIME ENRIQUE RODRIGUEZ CHACON
C.C. 1045591572
MICROBIOLOGO- LABORATORIO CLINICO



ANA MARIA RINCON QUIROZ
C.C. 1045622548
SUBDIRECCIÓN- LABORATORIO CLINICO
GESTIÓN PRE TRANSFUSIONAL
PATOLOGIA

Usuario: segunda firma validadora



JAIME ENRIQUE RODRIGUEZ CHACON
C.C. 1045591572
MICROBIOLOGO- LABORATORIO CLINICO

Nota. Muestra #55 identificada como *Salmonella enterica*. Clínica Alta Complejidad del Caribe (2026).

Anexo 24

Resultados de identificación de especie obtenidos por espectrometría de masas (MALDI-TOF)



**Clínica
Médicos**
Alta Complejidad
del Caribe

Informe final

RESULTADOS LABORATORIO
CLINICA ALTA COMPLEJIDAD DEL CARIBE



202604212424

Paciente / Patient:	Fecha de ingreso/Date: 21/04/2026 05:05:34 pm.
Identificación/Id:	Fecha de impresión/Print Date: 23/04/2026 11:40:27 am.
Edad/Age:	Teléfono/Phone: 3022565673
Habitación/Room:	
Medico Tratante/Physician:	

MICROBIOLOGIA			
ESTUDIO STUDY	RESULTADO RESULT	UNIDADES UNITS	RANGO BIOLOGICO DE REFERENCIA BIOLOGICAL REFERENCE RANGE
CULTIVO PARA MICROORGANISMOS EN CUALQUIER MUESTRA DIFERENTE A MEDULA OSEA, ORINA Y HECES.			
Tipo de muestra:	M57Microorganismo aislado:	Salmonella enterica.	
Método de identificación:	MALDI-TOF	Nota: Cultivo recibido en gara PSA pra su proceso.	



ANA MARIA RINCON QUIROZ
C.C. 1045422548
SUBDIRECCIÓN: LABORATORIO CLINICO
GESTIÓN PRE TRANSFUSIONAL
FATOLGIA
Usuario: segunda firma validadora



JULYS CAROLINA RAMIREZ MARTINEZ
C.C. 1045422548
MICROBIOLOGIA LABORATORIO
CLINICO
Verificación Muestra: 21/04/2026 05:05:55 pm.
Validación: 23/04/2026 11:00:37 am.
Usuario: JULYS CAROLINA RAMIREZ MARTINEZ

Nota. Muestra #57 identificada como *Salmonella enterica*. Clínica Alta Complejidad del Caribe (2026).

Anexo 25

Resultados de Antibiógramas

Antibiógrama para #1 *Salmonella enterica ssp enterica*

<u>Antibiótico</u>	<u>Valor</u>	<u>Interpretación</u>	<u>Método</u>
Ampicilina/Sulbactam	$\leq 2 \mu\text{g/mL}$	Sensible	Vitek
Cefepima	$\leq 0.12 \mu\text{g/mL}$	Sensible	Vitek
Ceftazidima	$0.5 \mu\text{g/mL}$	Sensible	Vitek
Ceftriaxona	$\leq 0.25 \mu\text{g/mL}$	Sensible	Vitek
Ciprofloxacino	$\leq 0.06 \mu\text{g/mL}$	Sensible	Vitek
Ertapenem	$\leq 0.12 \mu\text{g/mL}$	Sensible	Vitek
Meropenem	$\leq 0.25 \mu\text{g/mL}$	Sensible	Vitek
Trimetroprima / Sulfametoxazol	$\leq 20 \mu\text{g/mL}$	Sensible	Vitek

Nota. Resultados de las pruebas de sensibilidad realizadas a los 13 aislamientos confirmados para *Salmonella* spp. Clínica Alta Complejidad del Caribe (2026).