

**COLIBACILOSIS EN LECHONES DESTETADOS EN GRANJAS DE TRASPATIO EN
VALLEDUPAR, COLOMBIA**

**COLIBACILLOSIS IN WEANED PIGLETS ON BACKYARD FARMS IN VALLEDUPAR,
COLOMBIA**

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO POR:

INFANTE RINCONES NASLY ISABEL

VILLEGAS PACHECO ROSSLYN SUGEYS

PRESENTADO AL

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA, MICROBIOLOGÍA Y AFINES

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS - UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

EPIDEMIOLOGÍA Y ENFERMEDADES INFECCIOSAS

DIRECTOR

**PATRICIA DEL CARMEN HERRERA DEMARES
BACTERIÓLOGA, MSC., CIENCIAS AMBIENTALES.**

CO-DIRECTOR

**ABID SILVESTRE CAÑATE GONZÁLEZ
ZOOTECNISTA, ESPECIALISTA EN SANIDAD ANIMAL, MSC.,
DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE.**

VALLEDUPAR, COLOMBIA.

NOVIEMBRE– 2025

Tabla de contenido

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3. JUSTIFICACIÓN	14
4. OBJETIVOS	17
4.1. Objetivo General	17
4.2. Objetivos específicos	17
5. MARCO TEÓRICO	¡Error! Marcador no definido.
5.1. Antecedentes	¡Error! Marcador no definido.
5.2. Bases teóricas	¡Error! Marcador no definido.
5.2.1. <i>Escherichia coli</i> productora de Colibacilosis	¡Error! Marcador no definido.
5.2.2. Factores de virulencia de <i>Escherichia coli</i>	¡Error! Marcador no definido.
5.2.3. Diarrea post-destete en lechones:	¡Error! Marcador no definido.
5.2.4. <i>Sus scrofa domesticus</i>	¡Error! Marcador no definido.
5.2.5. Medio AMIES enriquecido con carbón activado	¡Error! Marcador no definido.
5.2.6. Caldo EC (<i>Escherichia coli</i>)	¡Error! Marcador no definido.
5.2.7. Agar MacConkey Sorbitol (SMAC)	¡Error! Marcador no definido.
5.2.8. Agar Eosina Azul de Metileno (EMB)	¡Error! Marcador no definido.
5.2.9. Sulfuro, Indol y Movilidad (SIM)	¡Error! Marcador no definido.
5.2.10. Citrato	¡Error! Marcador no definido.
5.2.11. Hierro triple azúcar (TSI)	¡Error! Marcador no definido.
5.2.12. Rojo de Metilo (MR) y Voges-Proskauer (VP)	¡Error! Marcador no definido.
5.2.13. Espectrometría de masas de desorción/ionización láser asistida por matriz con tiempo de vuelo (MALDI-TOF)	¡Error! Marcador no definido.
5.2.14. Sistema de Detección Molecular 3M™ (MDS)	¡Error! Marcador no definido.
5.3 Marco Legal	¡Error! Marcador no definido.
5.3.1 Resolución 076509 del 2020:	¡Error! Marcador no definido.
5.3.2. Resolución 2640 del 2017:	¡Error! Marcador no definido.
5.3.3. Decreto 1648 de 2015	¡Error! Marcador no definido.

5.3.4. Decreto 2270 de 2012.....	¡Error! Marcador no definido.
5.3.5. Manual de condiciones de bienestar animal.....	¡Error! Marcador no definido.
6. METODOLOGÍA	18
6.1. Tipo de estudio y línea de investigación	18
6.2. Universo y población (N), localización del estudio.	18
6.3. Criterio de selección de muestras (n).	19
6.3.1. Transporte y conservación de muestras	19
6.3.2. Autorización para toma de muestras	20
6.4. Criterio de Inclusión	20
6.5. Criterios de exclusión	20
6.6. Diseño metodológico.....	20
6.6.1 Análisis microbiológico	20
6.6.2. Recuperación de <i>Escherichia coli</i> empleando medios de enriquecimiento.....	21
6.6.3 Determinación de la presencia de <i>Escherichia coli</i> sorbitol negativo en medios de cultivo diferenciales y selectivos.	21
6.6.4. Caracterización e identificación proteómica de <i>E. coli</i> por MALDI-TOF	22
6.6.5. Identificación por el sistema de Detección Molecular 3M™ (MDS).....	22
6.6.7. Unidad de análisis.....	23
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
8. CONCLUSIONES	35
9. RECOMENDACIONES	36
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	37
11. ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.

Índice de tablas

Tabla 1. Recuperación microbiana presuntiva mediante la observación de turbidez en caldo E.C.....	25
Tabla 2. Aproximación a identificación del género	27
Tabla 3. Confirmación de E. coli	29

Índice de figuras

Figura 1. Crecimiento microbiano en SMAC.....	26
Figura 2. Crecimiento microbiano en EMB	27
Figura 3. Curva de Identificación de Escherichia coli en sistema automatizado maldi-tof.....	30
Figura 4. Detección por amplificación molecular de E. coli STEC (stx, eae) G1M2, G2M6.....	32
Figura 5. Detección por amplificación molecular de E. coli STEC (stx, eae) G5M5	33
Figura 6. Detección por amplificación molecular de E. coli STEC (stx, eae) G6M6	33

RESUMEN

La colibacilosis es una enfermedad patógena y común en lechones lactantes o destetados, causada principalmente por cepas enterotoxigénica de *Escherichia coli*, esta infección representa un foco de alerta constante para las granjas que se dedican a la producción porcina, ya que se encuentra altamente asociado con las elevadas tasas de mortalidad y déficit de crecimiento de los lechones, convirtiéndose en un potencial de zoonosis a gran escala y trayendo consigo pérdidas económicas. Este estudio tuvo como propósito identificar la presencia de *Escherichia coli* sorbitol negativo en lechones destetados de aproximadamente 20 kilos asociados a enfermedades gastrointestinales con presencia de sintomatologías y carentes de las mismas, ubicados en fincas de traspatio en el municipio de Valledupar, Colombia. Se utilizó caldo E.C (*Escherichia coli*), Medio para favorecer el crecimiento del microorganismo de interés; posteriormente, se detectó *Escherichia coli* sorbitol negativo, empleando medios diferenciales (agar Eosina Azul de Metileno y MacConkey Sorbitol), además de pruebas bioquímicas y observación al microscopio. Así mismo, se realizó prueba de espectrofotometría de masas automatizadas a las colonias aisladas de *Escherichia coli* sorbitol negativo, donde cuatro muestras (4,4% del total) fueron confirmadas como *E. coli* sorbitol negativo mediante MALDI-TOF, con puntajes de identificación superiores a 9.4, indicando alta confiabilidad. Por otra parte, el 75% de las muestras previamente identificadas como *Escherichia coli* resultó positivo, mediante el sistema MDS, para los genes *eae* y *stx*, el cual utiliza una amplificación isotérmica de ADN combinada con sondas fluorescentes específicas para cada gen, generando de forma automática una señal que indica la presencia de cepas *STEC-Stx-eae*, con potencial zoonótico. Catalogando *Escherichia coli* productora de toxina Shiga (STEC), como una cepa potencialmente patógena en lechones destetados ubicados en granjas de traspacios del municipio de Valledupar-Colombia.

Palabras clave: *Escherichia coli* sorbitol negativo, MALDI-TOF, lechones destetados, detección molecular.

ABSTRACT

Colibacillosis is a common pathogenic disease in suckling or weaned piglets, primarily caused by enterotoxigenic strains of *Escherichia coli*. This infection represents a constant source of concern for pig farms, as it is highly associated with high mortality rates and stunted growth in piglets, making it a potential large-scale zoonosis and resulting in economic losses. This study aimed to identify the presence of sorbitol-negative *Escherichia coli* in weaned piglets weighing approximately 20 kg, both symptomatic and asymptomatic, associated with gastrointestinal diseases, located on backyard farms in the municipality of Valledupar, Colombia. E.C. (*Escherichia coli*) broth was used as a medium to promote the growth of the microorganism of interest. Subsequently, sorbitol-negative *Escherichia coli* was detected using differential media (Eosin Methylene Blue agar and MacConkey Sorbitol agar), in addition to biochemical tests and microscopic observation. Automated mass spectrometry was also performed on the isolated sorbitol-negative *Escherichia coli* colonies, where four samples (4.4% of the total) were confirmed as sorbitol-negative *E. coli* were identified using MALDI-TOF tests, with identification scores greater than 9.4, indicating high reliability. On the other hand, 75% of the samples previously identified as *Escherichia coli* tested positive, using the MDS system, for the eae and stx genes, which uses isothermal DNA amplification combined with specific fluorescent probes for each gene, automatically generating a signal that indicates the presence of STEC-Stx-eae strains with zoonotic potential. Classifying Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) as a potentially pathogenic strain in weaned piglets located on backyard farms in the municipality of Valledupar, Colombia.

Key words: sorbitol negative *Escherichia coli*, MALDI-TOF, weaned piglets, molecular detection.

1. INTRODUCCIÓN

La producción del ganado porcino es una actividad económica y estable en Colombia, particularmente en zonas rurales en donde persiste la cría en granjas de traspatios; sin embargo, los cerdos no solo son considerados como una fuente de proteína animal para el consumo humano, sino que también contribuyen en el equilibrio de sistemas agroecológicos, gracias a su capacidad para regular nutrientes y mejorar la fertilidad de los suelos. Se estima que los cerdos solo utilizan entre el 50% y el 60% de nutrientes alimenticios que ingieren diariamente, lo que convierte a sus excrementos en fuentes ricas en materia orgánica, calcio, potasio, y nitrógeno (Milera & Santana, 2022); sin embargo, durante el periodo de destete, los lechones presentan cambios a nivel nutricional y ambientales exponiéndose a diversas enfermedades; por lo cual, esta investigación surgió de la necesidad de caracterizar el estado sanitario de pequeñas explotaciones ganaderas, en particular, con respecto a la prevalencia de colibacilosis en lechones destetados, ya que, las pequeñas explotaciones representan el modelo de producción predominante en zonas rurales; sin embargo, la información sobre patógenos predominantes en la zona es mínima, dificultando el desarrollo de estrategias de prevención y control adaptadas a las condiciones locales. De tal modo, los pequeños productores reportan casos diarreicos durante y posterior al destete, sin diagnóstico confirmatorio ni caracterización de patógenos y la falta de diagnóstico microbiológico dificulta la toma de decisiones terapéuticas llevando a la persistencia del uso empírico de antibióticos y pérdida de producción. Entre estas enfermedades se destaca Colibacilosis,

causada por cepas patógenas de *Escherichia coli*, quien representa una de las principales causas de movilidad y mortalidad en esta etapa productiva, generalmente, su presencia recurrente a nivel intestinal en humanos y animales no causa afecciones y pasan a formar parte de la microbiota normal; no obstante, algunas cepas pueden desarrollar características patógenas, lo que plantea interrogantes sobre la circulación de cepas con potencial zoonótico en estas poblaciones animales (Velasco, 2021).

Escherichia coli shigatoxigénico (STEC), se encuentra identificada actualmente como un patógeno emergente y puede causar desde cuadros leves de diarrea hasta formas graves y sanguinolentas, debido a su mecanismo de transmisión, esta bacteria está caracterizada como una zoonosis que puede ser transmitida por alimentos, asociada principalmente a la ingesta de los mismos o aguas contaminadas con heces fecales proveniente de animales portadores, conllevando un abordaje integral que incluya tanto la salud animal como la humana para prevenir su diseminación (Bonino et al., 2021); en el ámbito pecuario, se ha demostrado que las crías porcinas pueden eliminar cepas de STEC a través de su desarrollo productivo, convirtiéndolos en reservorios potenciales del patógeno (Ortega, 2021). Teniendo en cuenta que estos tipos de bacterias continúan representando una amenaza para las poblaciones de todo el mundo y que en Colombia no son incluidas en los sistemas de vigilancia epidemiológica; frente a esta situación, se propuso caracterizar cepas de *E. coli* sorbitol negativo, marcador fenotípico asociados con cepas STEC, contribuyendo a un intento sistemático de documentar la prevalencia de cepas potencialmente patógenas y zoonóticas, por tanto, la finalidad de esta investigación es determinar la existencia de cepas de *E. coli* sorbitol negativo presente en lechones destetados en nueve granjas del municipio de Valledupar, Colombia

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La colibacilosis es considerada una infección bacteriana de origen entérico causada por cepas virulentas de *Escherichia coli*, y compromete principalmente a animales jóvenes, entre ellos lechones recién nacidos y en etapa de destete, representando un foco de alerta constante para las granjas que se dedican a la producción porcina por ser una fuente de pérdida económicas, debido a la alta tasa de mortalidad y déficit de crecimiento de los lechones, convirtiéndose en un potencial de zoonosis a gran escala (Velasco, 2021).

Esta enfermedad, catalogada como infección es responsable de una alta gama de problemas de salud en los cerdos, tales como septicemia, enfermedad de los edemas, diarrea neonatal, diarrea post destete, poliserositis, mastitis coliforme e infecciones del tracto urinario. Dentro de esta diversidad de afecciones, ciertas cepas de *Echerichia coli*, denominadas *E. coli* productora de toxina Shiga (STEC), son especialmente preocupantes, ya que causan enfermedades intestinales que resultan en diarrea neonatal y difusión eréctil. Estas infecciones son consideradas como las más críticas para la industria porcícola a nivel mundial, debido a la afectación en costos de producción ocasionados por la reducción de peso, morbilidad, mortalidad, aumento de costos de tratamiento, vacunas y suplementos alimenticios, entre otros (Barros et al; 2023). La colibacilosis, suele afectar a los lechones por el cambio de alimentación, luego de ser desprendidos de la madre; estudios previos han demostrado en los indicadores de bienestar animal cuando los cerdos son alimentados en dietas bajas de proteínas como medio para controlar la diarrea acuosa posterior al destete requiere que muchas dietas no comprometan el rendimiento de los lechones (Aguirre & Molina, 2022). La prevalencia de estos patógenos oscila entre el 8,9% en Colombia y el 49% en Brasil, destacando la

variabilidad de la incidencia de la enfermedad; esta problemática, presenta mayor complejidad cuando se considera la presencia del patógeno en los diferentes procesos de producción, en el cual, se han reportado casos de presencia del patógeno que van desde 6,3% hasta 46,8% en canales de países latinoamericanos (Villagómez et al., 2023). Por consiguiente, la ciudad de Valledupar presenta un escenario crítico para la evaluación del problema, debido a los altos sistemas productivos en dicha industria en condiciones tradicionales e intensivas.

Teniendo en cuenta lo anterior, la finalidad de esta investigación es responder el siguiente interrogante ¿Cuál es la prevalencia y caracterización fenotípica y molecular de *Escherichia coli* sorbitol negativo en lechones destetados, en granjas de traspatio en Valledupar, Colombia?

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad los análisis y registros sobre infecciones porcinas tienen mayor predominio en la defunción neonatal de la especie, afectando negativamente la rentabilidad y producción. De esta manera, la presente investigación está centrada en establecer la presencia de Colibacilosis porcina y su prevención para el mejoramiento del bienestar animal ya que, al generar evidencia sobre la circulación de cepas se pueden implementar medidas de bioseguridad específicas, protocolos de manejo sanitario apropiados, optimización de la producción, rentabilidad y calidad de estos. Los lechones recién nacidos, necesitan de calostro y leche de la madre para alcanzar su madurez, obteniendo nutrientes que aseguren su supervivencia; sin embargo, en su periodo de neonatos, necesitan de la maduración del sistema digestivo para satisfacer sus necesidades mediante la ingesta de alimentos sólidos, pasando por un proceso llamado destete. Dicho proceso de maduración impulsa la colonización microbiana (Parra et al., 2022), por ello, es necesario identificar la causa y elaborar estrategias que disminuyan el riesgo de mortalidad de las crías porcinas en el período de destete; de tal manera, la colibacilosis porcina ha sido el eje central de la problemática siendo una enfermedad prevalente de infecciones provenientes de la especie bacteriana, *Escherichia coli*, identificada como una bacteria oportunista, frecuentemente aisladas en granjas porcícolas que no causa efectos adversos significativos en la salud animal; a menos que se vea expuestos a factores contra productores como lo es la falta de calostro (Nieto et al., 2023), la cual se justifica debido a su prevalencia en la industria por las consecuencias económicas y sanitarias que conlleva. Esta bacteria se encuentra de forma recurrente en el intestino de los animales, pero, algunas de ellas pueden llegar a ser patógenas, afectando diferentes especies animales entre ellos lechones, durante los brotes agudos de esta enfermedad, la tasa de mortalidad en cerdos infectados puede llegar a ser del 20 al 30% en un periodo de dos a ocho semanas (Kim et al., 2022).

Estas muertes tempranas incluso cuando se emplean mecanismos avanzados que aportan al rendimiento de la producción animal, tienen un gran impacto económico, ya que las pérdidas que se asocian a la muerte de los neonatos pueden llegar a representar hasta un 10% del total invertido en la producción (Aguirre & Molina, 2022).

El número de cerdos en Colombia supera los seis millones, donde el 60% hace parte de animales tecnificados y el 40% corresponde al manejo convencional sin regulación alguna. Según Díez, (2022) se obtuvo un aumento mayor al 60% en importaciones porcinas, aumentando el consumo y la producción de estos, es decir, a mayor producción, mayor deben ser las regulaciones para tener en cuenta en la manipulación del animal para garantizar la sanidad y seguridad. De acuerdo con ello, el número total de la producción porcina equivalente al año 2022 está constituido por 192.828 predios de los cuales 78,9% hacen parte de predios de traspatio y el 21,1% es de producción comercial y tecnificada, en donde Antioquia, Valle del Cauca, Meta, Cundinamarca y Córdoba son los departamentos con más producción porcina en el país, con un valor de 64,3% (ICA, 2023).

A nivel social, la actividad porcícola se destaca por su avanzado impacto pecuniario, siendo un gestor de empleo que contribuye a la comunidad relacionada de forma directa e indirecta con esta industria: además, implica un movimiento de recursos a nivel local, nacional y mundial debido a su alta demanda de consumo, ya que la comercialización de productos porcinos es primordial para cumplir con la demanda alimenticia y derivados del mismo; de esta manera, la identificación y detección de la colibacilosis contribuye al aseguramiento, calidad sanitaria e inocuidad de los productos alimenticios (Amador et al., 2021).

Globalmente, estas acciones se enmarcan en el enfoque de Una Sola Salud, que reconoce que la salud humana, animal y ambiental, se encuentran entrelazadas; bajo este concepto, identificar *E. coli* patógeno en sistemas de producción porcina reduce el riesgo de transmisión al ser humano y limita la contaminación del entorno, ya que las prácticas de manejo y condiciones ecológicas influyen directamente en la aparición, persistencia y transmisión de patógenos; de tal modo se promueve la relación entre diferentes disciplinas como medicina humana, veterinaria, microbiológica, epidemiológica, producción ambiental y ciencias ambientales.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Detectar la presencia de *Escherichia coli* sorbitol-negativa en lechones destetados de nueve granjas traspatios en Valledupar - Cesar.

4.2. Objetivos específicos.

- Aislar cepas de *Escherichia coli* a partir de hisopados anales de lechones destetados mediante medios de cultivos selectivos, diferenciales y pruebas bioquímicas convencionales.
- Confirmar la identidad de las cepas aisladas mediante el análisis por espectrometría de masas MALDI-TOF.
- Detectar genes de virulencia asociados a *Escherichia coli* patógenas mediante el sistema molecular 3M™ MDS, con el fin de determinar la presencia de cepas productoras de toxinas Shiga (Stx) y genes de adherencia *eae*

6. METODOLOGÍA

6.1. Tipo de estudio y línea de investigación

El estudio fue de tipo descriptivo de corte transversal, ya que buscó analizar las características microbiológicas de cepas de *Escherichia coli* aisladas en un momento determinado sin manipular variables; además, el muestreo fue no probabilístico, seleccionado por conveniencia según la disponibilidad de granjas y porcinos destetados. Esta investigación se enmarca en la línea de epidemiología y enfermedades infecciosas al enfocarse en la identificación de patógenos de importancia sanitaria en animales de producción.

6.2. Universo y población (N), localización del estudio.

La población porcina del municipio de Valledupar según el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) estimó aproximadamente 11,040 animales en la producción comercial familiar durante el año 2023, con un incremento del 8% para el año 2024 (ICA, 2025); en la zona de la carrera cuarta con primera se estima una población de 6000 cerdos destetados (ICA, 2023).

Este estudio se realizó en nueve granjas porcinas ubicadas entre la carrera cuarta y primera de la ciudad de Valledupar, las cuales corresponden principalmente a explotaciones de tipo artesanal o de traspatios. En estos espacios los animales son criados bajo condiciones ambientales básicas, con infraestructura limitada y manejo rústico, predominando la alimentación tradicional y el contacto directo con el suelo; algunas de estas granjas destinan su producción a la venta directa o sacrificio local,

reflejando un sistema de producción representativo de las practicas porcinas no tecnificadas de la región.

6.3. Criterio de selección de muestras (n).

Para la determinar el tamaño óptimo de muestra, se empleó la formulación de poblaciones finitas, considerando una población total de 6.000 lechones destetados, un nivel de confianza del 95% y un error muestral del 10%, obteniendo un tamaño muestral aproximado de 94 animales; sin embargo, se ajustó a 90 lechones por conveniencia, distribuidos equitativamente en nueve granjas porcinas, garantizando representatividad de la población.

A cada lechón, se le realizó un hisopado rectal siguiendo la, metodología descrita por Tercero (2015), con modificaciones adaptadas al estudio, en los lechones escogidos para la investigación (Ver anexo 11), asegurando la identificación de cada muestra mediante un código. Por otra parte, previo a la toma de muestra, se realizó una desinfección de la zona ano-rectal, para minimizar la presencia de contaminantes externos y posteriormente, las muestras se almacenaron (OPS et al., 2017).

6.3.1. Transporte y conservación de muestras

A las muestras fueron almacenadas en tubos con medio de transporte Amies con carbón activado para conservar la viabilidad bacteriana, se transportaron en cajas isotérmicas rotuladas, cumpliendo con las normativas establecidas para la conservación de muestras microbiológicas hasta su procesamiento en el laboratorio.

6.3.2. Autorización para toma de muestras

Para la ejecución del estudio se solicitó autorización por escrito a los propietarios de las granjas involucradas (anexos 1-9). Este permiso formal garantizó la correcta ejecución del muestreo y evitar posibles inconvenientes relacionados con el manejo de las crías porcinas, además, durante la recolección de muestras, se aplicaron procedimientos que priorizaron el bienestar animal, minimizando el estrés y asegurando un manejo adecuado de los lechones conforme a las normativas vigentes.

6.4. Criterio de Inclusión

Se tomaron en cuenta lechones destetados de máximo 20 kilos que presentaban signos clínicos compatibles con colibacilosis, tales como, diarrea disminución de apetito, signos de deshidratación, entre otras, adicionalmente se consideraron algunos animales asintomáticos con el fin de evaluar posible presencia de *E. coli* en portadores subclínicos, dado a que estos pueden actuar como reservorios y diseminarse.

6.5. Criterios de exclusión

Se excluyeron a los animales lactantes, mayores de 20 kilos y crías con lesiones no compatibles con infecciones bacterianas.

6.6. Diseño metodológico

6.6.1 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se llevó a cabo en el laboratorio de investigación CINBIOS de la Universidad Popular del Cesar, siguiendo la metodología descrita por

Paba (2006), con modificaciones que se adaptaron a los requerimientos de la investigación; estas modificaciones fueron incluidas para optimizar el aislamiento e identificación de *Escherichia coli* sorbitol negativo (Ver anexo 10).

6.6.2. Recuperación de *Escherichia coli* empleando medios de enriquecimiento

Para el aislamiento de *Escherichia coli*, los hisopado rectales fueron inoculados en caldo EC (*Escherichia coli*), un medio de enriquecimiento selectivo que permite la recuperación de coliformes fecales y *E. coli* (Ver anexo 12); este procedimiento se realizó a partir de lo planteado por Dasharath et.,al. (2020), favoreciendo el crecimiento de *E. coli* y minimizar la proliferación de microorganismos no deseados.

6.6.3 Determinación de la presencia de *Escherichia coli* sorbitol negativo en medios de cultivo diferenciales y selectivos.

Una vez realizada la incubación en caldo EC, las muestras fueron inoculadas directamente en agar MacConkey con Sorbitol (SMAC) y se incubaron a 37°C por 24 horas, de acuerdo a la metodología descrita por Paba (2006); en esta fase se seleccionaron colonias sorbitol negativo, caracterizadas por su apariencia incolora o grisácea, las cuales fueron sembradas en agar EMB para su diferenciación, las colonias que presentaron brillo verde metálico, indicativo de fermentación de lactosa, fueron transferidas a agar nutritivo para su conservación y posterior análisis. Además, se realizó una evaluación morfológica mediante tinción Gram, observando bacilos Gram negativos cortos y delgados, característicos del género *Escherichia* (anexo 13); adicionalmente, se emplearon pruebas bioquímicas convencionales, incluyendo Sulfuro, Indol y Movilidad, Citrato de Simmons, Triple Azúcar Hierro, Rojo de Metilo y Voges-Proskauer para la identificación de los aislamientos obtenidos (Ver anexo 14).

6.6.4. Caracterización e identificación proteómica de *E. coli* por MALDI-TOF

Los aislados conservados en agar nutritivo fueron enviados a un laboratorio externo especializado, donde se realizó su identificación mediante espectrometría de masas MALDI-TOF (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization - Time of Flight), la cual permitió la confirmación de la presencia de *Escherichia coli*, basada en el análisis de sus perfiles proteicos característicos. La metodología utilizada siguió el protocolo establecido por la casa comercial del equipo MALDI-TOF, tomando una colonia aislada de cada muestra y siendo depositada sobre la placa de análisis MALDI, donde se añadió una matriz química para facilitar la ionización, luego, la muestra permaneció a temperatura ambiente hasta ser secada, antes de su análisis espectrométrico. Una vez en el equipo, las muestras fueron sometidas a irradiación con láser, lo que provocó la desorción y ionización de las proteínas bacterianas, en donde los iones generados fueron impulsados mediante un tubo de tiempo de vuelo (TOF) y detectados en función de su relación masa-carga (m/z), generando un espectro característico. Este espectro fue comparado con registros de datos de referencia, permitiendo la identificación precisa de las cepas analizadas.

6.6.5. Identificación por el sistema de Detección Molecular 3M™ (MDS)

Siguiendo la ficha indicativa del sistema MDS, se extrajo ADN a partir de colonias aisladas en agar nutritivo, bajo un protocolo de optimización para análisis microbiológico; la amplificación del material genético se realizó en condiciones de temperatura constante, lo que llevó a la replicación del ADN sin la utilización de ciclos térmicos. La detección se efectuó mediante el proceso de bioluminiscencia, el cual permite identificar de manera

específica la presencia o ausencia del microorganismo objetivo; dependiendo el kit utilizado el sistema 3M™ MDS permite la identificación de patógenos incluyendo seropitos de *E. coli*, así como otros géneros bacterianos. Este método permitió la identificación de la presencia de genes *stx* correspondientes a la toxina Shiga, así como genes *eae*, empleado según instrucciones del fabricante, empleando controles positivos y negativos.

6.6.7. Unidad de análisis

Este proyecto se llevó a cabo con 90 lechones en etapa de destete, de tres a cinco semanas de edad, provenientes de nueve granjas, en la que se incluyeron animales con síntomas de enfermedad entérica, como diarrea y pérdida de apetito, así como lechones que aparentemente estaban sanos; a cada uno se le realizó un examen microbiológico para detectar la presencia de *Escherichia coli* sorbitol negativo, considerando cada individuo como una unidad experimental.

Además del trabajo en campo y laboratorio, se realizó una consulta de estudios previos, incluyendo artículos de tipo científico, tesis y libros, respaldando los datos presentados. Los resultados fueron analizados mediante el software integrado de MALDI-TOF y el equipo MDS para realizar análisis multivariantes, completado con imágenes gráficas y tablas elaboradas en Microsoft Excel para facilitar su interpretación.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Recuperación de *Escherichia coli* empleando medios de enriquecimiento.

La recuperación microbiana de *E. coli*, se vio efectuada mediante el crecimiento positivo en el caldo de enriquecimiento EC, manifestado por la turbidez del caldo, indicando una proliferación microbiana activa para la recuperación de enterobacterias de origen fecal (tabla 1), la uniformidad de los resultados sugiere una alta carga en las muestras analizadas (anexo 12). Sin embargo, en esta fase no se determina aun la identificación específica del microorganismo, sino la recuperación de la flora microbiana objetiva como paso previo a la identificación selectiva.

Lo reportado por Huayanay et al., 2022, concuerda con lo visualizado en este estudio, ya que, en su investigación demuestra que su formulación, favorece la fermentación de la lactosa, inhibiendo el crecimiento de microorganismos no fecales, reafirmando condiciones adecuadas de pH y precisión osmótica, promoviendo el desarrollo de *E. coli*.

Las características de este medio permiten la recuperación de un gran número de serotipos de *E. coli*, con características similares que impiden la diferenciación entre sí, dado que la presencia del serotipo O157:H7 se encuentra identificado como uno de los más críticos y significativos en la producción animal, se han desarrollado variantes del caldo EC que optimiza su recuperación, mediante la reducción de sales biliares, quien reduce la interferencia de otras bacterias, permitiendo la separación de cepas con este serotipo (Gil, 2023).

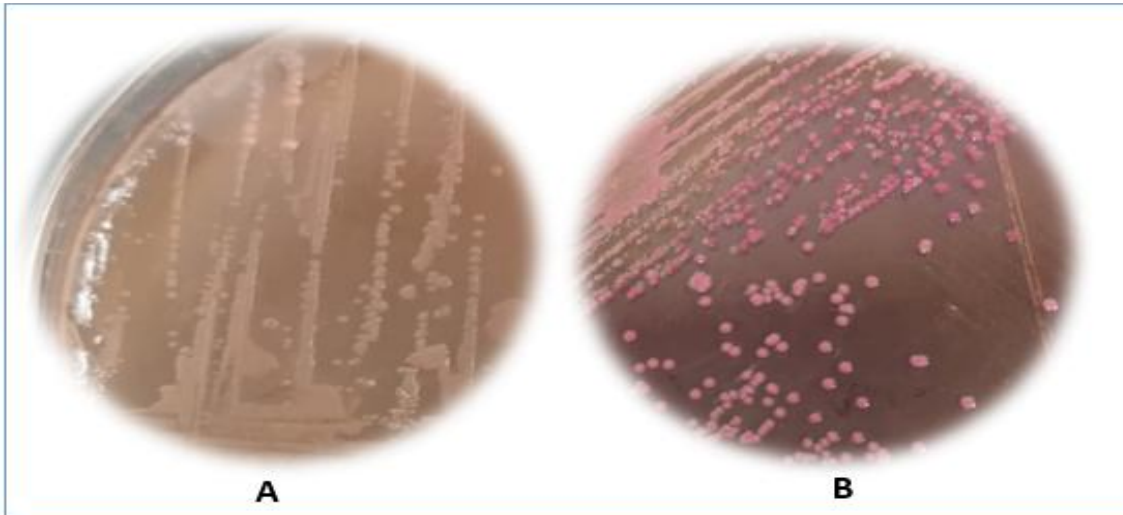
Tabla 1. Recuperación microbiana presuntiva mediante la observación de turbidez en caldo E.C

Nº de muestras	Observación en caldo EC	Interpretación
1-90	Turbidez evidente después del periodo de incubación	Crecimiento de coliformes (<i>E. coli</i> presuntiva)

7.2. Detección presuntiva de *Escherichia coli* sorbitol negativo en medios de cultivo selectivos y diferenciales.

La implementación de medios de cultivos específicos permitió la identificación de *E. coli*; entre estos el agar MacConkey Sorbitol (SMAC); tal forma, tras la inoculación de 90 muestras fecales en SMAC, se visualizó que el 40% de las colonias presentaron una morfología incolora, característica específica de cepas que no fermentan sorbitol; mientras que el 60% evidenció una coloración rosada, indicando la fermentación de este azúcar, como se visualiza en la figura 1. Según Ortega (2023), el aislamiento de *E. coli* en medios de cultivos selectivos es un paso importante para su identificación; el agar SMAC contiene sales biliares que actúan como inhibidores de Gram positivas, facilitando la diferenciación de *E. coli* y otras cepas de sorbitol negativo, que generan colonias incoloras. Además, según la ISO 16654:2001, SMAC actúa como uno de los primeros filtros en la detección de cepas asociadas a cuadros clínicos y epidemiológico; sin embargo, debido a las similitudes específicas entre bacterias es necesaria su confirmación.

Figura 1. Crecimiento microbiano en SMAC.



A) Crecimiento microbiano sin fermentación de sorbitol. B) Crecimiento microbiano con fermentación de sorbitol. Fuente: (Infante & Villegas, 2025)

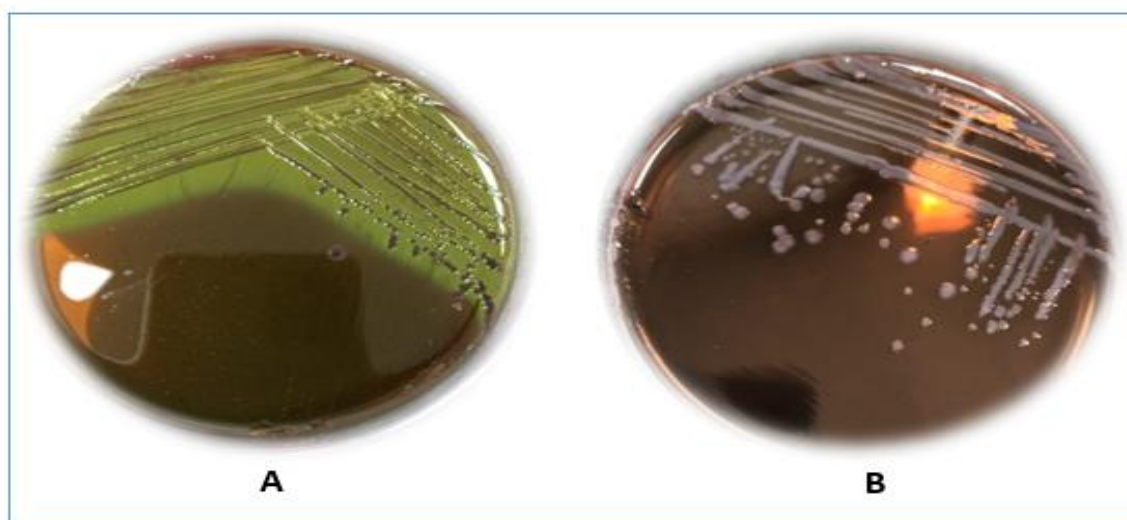
Para confirmar la identidad de los aislados que no fermentan sorbitol, se llevó a cabo su caracterización mediante pruebas bioquímicas; identificando cuatro aislados de sorbitol negativo reflejaron resultados negativos para la prueba citrato y positivos para la prueba indol, además, se presenció formación de gas sin generar sulfuro de hidrogeno (H_2S), mientras que para la prueba rojo de Metilo (MR) y Voges Proskauer (VP), los aislados presentaron reacción MR positiva y VP negativa (Tabla 1), un patrón indicativo de fermentación mixta con producción de ácidos estables a partir de glucosa, sin producción detectable de acetona. Por otra parte, en el medio de cultivo EMB se presentaron características específicas de *E. coli*, con colonias de brillo metálico color verde (Figura 2), debido a la producción de la acidificación del medio y la fermentación de la lactosa (Bedolla et al., 2021).

Tabla 2. Aproximación a identificación del género

Granja	Muestra	Citrato	TSI	Indol	MR-VP
G1	M2	Negativo (-)	A/A, Gas (+), H ₂ S (-)	Positivo (+)	MR (+), VP (-)
G2	M6	Negativo (-)	A/A, Gas (+), H ₂ S (-)	Positivo (+)	MR (+), VP (-)
G5	M5	Negativo (-)	A/A, Gas (+), H ₂ S (-)	Positivo (+)	MR (+), VP (-)
G6	M6	Negativo (-)	A/A, Gas (+), H ₂ S (-)	Positivo (+)	MR (+), VP (-)

Nota. Datos correspondientes a la caracterización bioquímica de aislamientos bacterianos obtenidos en las granjas porcinas. Fuente: Autores, 2025

Figura 2. Crecimiento microbiano en EMB



A) Presencia de brillo metálico característico de *E. coli*. B) Colonias sin reacción distintiva de EMB. Fuente: (Infante & Villegas, 2025).

7.3. Identificación de *Escherichia coli* sorbitol negativo mediante espectrofotometría de masas MALDI-TOF

Para poder identificar *Escherichia coli* sorbitol negativo se empleó MALDI-TOF (ionización por desorción láser asistida por matriz y tiempo de vuelo), una técnica de espectrofotometría de masas; el cual permite la identificación precisa y rápida a nivel microbiano, partiendo de análisis de sus perfiles proteicos comparados con bases históricas especializadas que identifican género y especie microbiano (Haider et al., 2023).

En total, las cuatro muestras que fueron sometidas a caracterización proteómica reflejaron una identificación positiva para *E. coli* (ver anexo 16-19), obteniendo puntuaciones de confiabilidad de 9.574, 9.444, 9.502, 9.448 (tabla 2), valores que indican una precisión alta en la determinación del microorganismo en estudio (Yun et al., 2019).

El sistema MALDI-TOF, presenta rapidez, precisión y capacidad de analizar una amplia variedad de especies de microorganismos, demostrando superioridad a métodos fenotípicos convencionales; este sistema logra identificar correctamente el 99.8% de los aislamientos microbianos en relación a género y un 98.2% a nivel de y especies determinando un diagnóstico microbiológico específico; además, este sistema optimiza el proceso de detección y control de ciertos patógenos, debido a su diagnóstico rápido que va desde las 8 a 10 horas.

Oviaño et al., 2019, afirma la veracidad de este sistema para la determinación de Bacterias Gram Negativas no Fermentadoras (BGNNF), Enterobacterias y otros patógenos a nivel clínico, entre ellos la identificación de especies como *Pseudomonas aeruginosas*, *Stenotrophomonas maltophilia*, y el complejo *Acinetobacter baumannii* asociadas a inmunosupresión e infecciones nosocomiales; para el caso de enterobacterias, esta identificación proteómica ha identificado géneros como

Acinetobacter, *Proteus*, *Yersinia* y *Escherichia* con niveles de precisión que sobrepasan el 98%. Dentro de este selectivo grupo de Enterobacterias, *Escherichia coli* genera signos de alarma debido a su presencia de patotipos con potencial zoonótico con capacidad de colonizar el tracto intestinal de animales y humanos (González, 2019).

Tabla 3. Confirmación de *E. coli*

Granja	Muestra	Score MALDI-TOF
G1	M2	9.574
G2	M6	9.444
G5	M5	9.502
G6	M6	9.448

Nota. Valores ≥ 2.000 indican identificación confiable a nivel de especie, entre 1.700 y 1.999 a nivel de género y menos a < 1.700 establecen identificación no confiable. Fuente: Autores, 2025

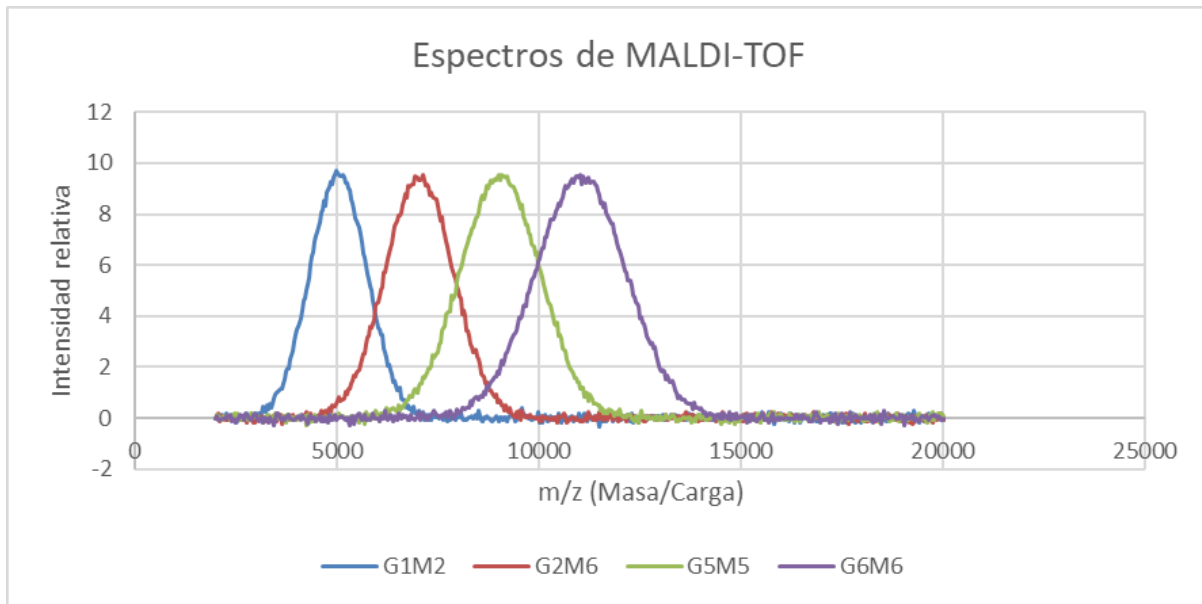
7.4 Espectros de MALDI-TOF

De acuerdo con lo anterior, el análisis mediante espectrofotometría de masas permitió la identificación de *E. coli*; los espectros generados mostraron una distribución de picos con un rango de Masa/carga (m/z) entre 4000 y 14000 (figura 3), datos que corresponden a proteínas que caracterizan a este tipo de microorganismo. Estos perfiles proteicos fueron comparados con bases de datos del equipo, proporcionando un puntaje de identificación entre 2.3 y 2.7; según las especificaciones de este sistema, un puntaje superior a 2.0 establece una identificación certera de la especie (Maldonado et al., 2018), indicando un puntaje dentro de un rango de detección específico para identificar colonias de *E. coli*, sorbitol negativo.

Además, el análisis de espectro también reveló una leve diferencia en la intensidad relativa de picos, estableciendo variaciones en ciertas proteínas de las cepas analizadas;

lo que se relaciona con diferencias fenotípicas o con expresiones de factores de virulencia de *Escherichia coli* sorbitol-negativa, como los que relacionados directamente con *Escherichia coli* O157:H7, productora de la toxina Shiga.

Figura 3. Curva de Identificación de *Escherichia coli* en sistema automatizado maldi-tof



Fuente: (Infante & Villegas, 2025)

7.5. Detección molecular de cepas de *Escherichia coli* sorbitol negativo mediante el sistema MDS 3M™

Este sistema permitió detectar genes de virulencia asociados a *E. coli* patógena, en las muestras identificadas como G1M2, G2M6 y G5M5, la detección molecular confirmó la presencia del gen *eae*, así como del gen *stx*, lo que indica la posible presencia de una cepa *STEC-Stx-eae* de *E. coli* enterohemorrágica (EHEC) (anexo 20-21).

quien se encuentra asociado directamente con la adherencia de *E. coli* enteropatógeno (EPEC) a las células del epitelio del huésped, reflejando la presencia del factor de virulencia que lleva a la colonización intestinal. En la figura 4 y 5, se visualizan las curvas de amplificación que corresponden a la detección del gen *eae*, en donde la señal indica

una amplificación del ADN diana, determinando de tal forma, la presencia de *E. coli*; además, la bioluminiscencia registrada muestra un incremento en la señal, característica de una reacción positiva.

Por otra parte, a diferencia de las muestras anteriores, en la muestra identificada como G6M6 no se detectó el gen *eae* (anexo 22), la figura 6 muestra la ausencia de una señal de detección significativa, reflejando una falta de replicación del ADN diana, estableciendo que la carga portadora de este gen es indetectable con la metodología utilizada, es decir, la señal registrada mantiene un nivel bajo característicos de una reacción negativa. Cabe destacar, que este sistema se basa en una amplificación isotérmica de ADN, mediante una señal luminométrica que proporciona la presencia del material genético objetivo.

La identificación de STEC con el perfil genético *stx-eae* tiene implicaciones en cuadros de colitis hemorrágica y síndrome urémico hemolítico en humanos; algunos estudios, han revelado que los porcinos pueden actuar como reservorios asintomáticos de *E. coli* O57:H7 y otras variantes STEC, que representan un riesgo zoonótico (Herrero et al., 2020).

Por otra parte, el sistema MDS 3M™, empleado en este estudio, permitió una detección amplia de un gran número de patógenos de importancia en la industria alimentaria, sin embargo, presenta sensibilidad y especificidad elevada en la detección, no solo de *E. coli* O157 y sus variantes, sino también de microorganismos como: *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Campylobacter*, *Listeria monocytogenes* y *Cronobacter*, que no solo se limitan a muestras de alimentos, también poseen la facilidad de alojarse en diversos ambientes (Ramírez, 2020).

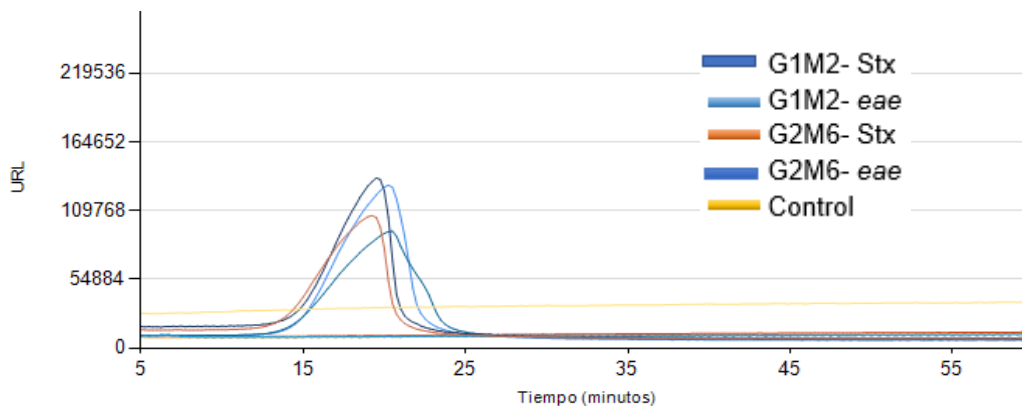
Lo anterior concuerda con lo planteado por Govindarajan et al., (2020), destacando además que los patotipos de *E. coli* evolucionan, adaptándose a diversidad

de reservorios y a su vez, su continua transmisión y diversificación genética, establece la capacidad de la especie para modificar sus mecanismos de adherencia y producción de toxinas. La aparición de estos genes indica la presencia de cepas con mecanismos virulentos activos son capacidad de generar infecciones entéricas severas, resaltando que *E. coli* no actúa de manera uniforme dentro de los sistemas biológicos, si no que presentan una diversidad de patotipos con estrategias de supervivencia específica, según el nicho ecológico donde se desarrollen.

Por otra parte, las investigaciones realizadas por Zarei et al., (2021), en muestras de carne cruda, identificaron aislamientos pertenecientes a diferentes patotipos de *E. coli*, entre ellos STEC, EPEC y cepas adherentes y eferentes (AEEC) con incidencias de 38,7%, 7,5% y 12,9% respectivamente, coincidiendo con la incidencia de cepas de resistencia de interés zoonótico con diversidad genética.

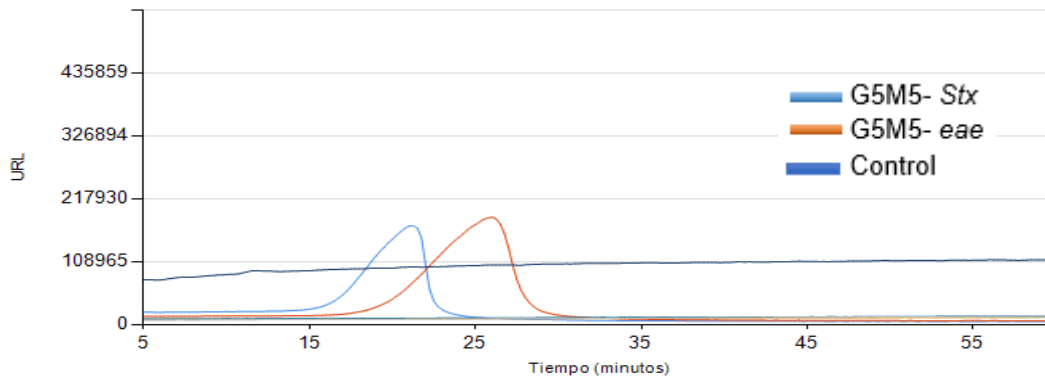
De tal forma, la presencia de genes de virulentos establece que estos patógenos pueden abrir espacios en la cadena alimentaria, es decir, su falta de control puede generar una transmisión a gran escala de animal a humano y viceversa, destacando la deficiencia en las prácticas de producción ganadera.

Figura 4. Detección por amplificación molecular de *E. coli* STEC (*stx*, *eae*) G1M2, G2M6



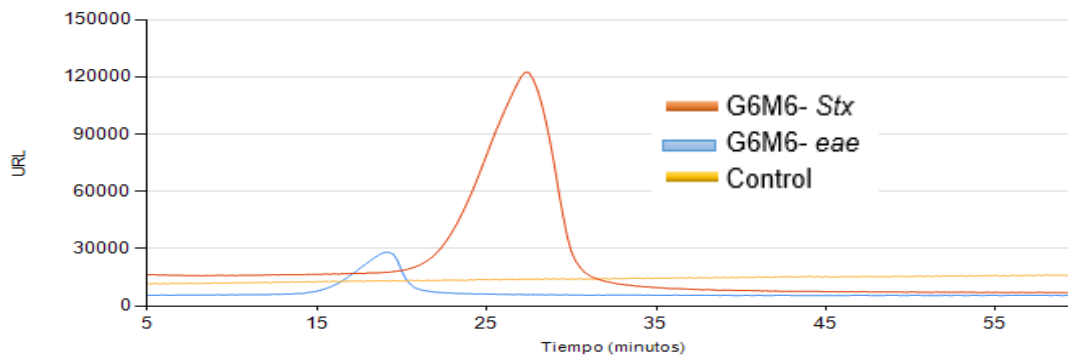
Nota: Curvas de amplificación obtenidas mediante el sistema 3M™ MDS para la detección de *Escherichia coli* sorbitol negativo. Las señales positivas se observan como picos de bioluminiscencia entre los 15 y 25 minutos, indicando presencia del ADN diana en las muestras analizadas.

Figura 5. Detección por amplificación molecular de *E. coli* STEC (*stx*, *eae*) G5M5



Nota: Curvas de amplificación obtenidas con el sistema 3M™ MDS, evidenciando la detección de *Escherichia coli*, donde los picos de fluorescencia se registran en un rango más amplio, entre los 15 y 30 minutos, indicando que la amplificación de los objetivos moleculares ocurrió en tiempos variables dependiendo de la carga microbiana inicial o la eficiencia del proceso de extracción de ADN.

Figura 6. Detección por amplificación molecular de *E. coli* STEC (*stx*, *eae*) G6M6



Nota: Curvas de amplificación obtenidas mediante el sistema 3M™ MDS para la identificación de *Escherichia coli* sorbitol negativo. En esta corrida se observan dos picos definidos: uno

alrededor de los 18 minutos y otro cercano a los 27 minutos, lo cual refleja la detección de la bacteria en diferentes muestras o réplicas.

Las condiciones observadas en las crías evaluadas indican que el ambiente y los factores asociados al destete pueden favorecer la persistencia y diseminación de cepas patógenas de *E. coli*, por la capacidad de este microorganismo para adaptarse al tracto intestinal de los lechones incrementa el riesgo de infección y su propagación dentro de la explotación porcina, afectando la productividad y generando pérdidas económicas; de tal forma, la identificación de cepas de *E. coli* portadoras de genes de virulencia como *eae* y toxinas *Stx* representan la presencia de factores genéticos que aumentan su potencial patogénico.

Estos genes como mecanismo de adherencia permiten la formación de lesiones características conocidas como “adherentes y eferentes (A/E)”, alterando la integridad de la mucosa intestinal y facilitando la colonización microbiana; por su parte, la detección del gen *STEC-Stx-eae* indica la producción de toxinas Shiga capaces de intervenir con la síntesis proteica de la célula huésped, provocando daños tisulares severos, siendo responsables de cuadros clínicos graves como colitis hemorrágica y Síndrome Urémico Hemolítico (SUH) (Moxley et al., 2020).

Desde el punto de vista epidemiológico, estas identificaciones son una señal de alerta, ya que, ya que demuestra la capacidad que tiene el ganado porcino para actuar como reservorios naturales de cepas patógenas con potencial zoonótico; aunque los portadores pueden no evidenciar sintomatologías clínicas evidentes, son capaces de eliminar las bacterias a través de sus heces, favoreciendo la contaminación de agua, suelos, alimentos y otros animales, contribuyendo a una vía indirecta de transmisión hacia el ser humano.

8. CONCLUSIONES

Se logró identificar *Escherichia coli* sorbitol negativo en lechones postdestete de granjas de traspatio en Valledupar, Cesar, empleando medios de cultivos selectivos y diferenciales junto con pruebas bioquímicas convencionales, permitiendo la diseminación de cepas fermentadoras y no fermentadoras de sorbitol potenciales de serotipos patógenos.

A su vez, se confirmó la presencia de cepas aisladas mediante la técnica de espectrometría de masas MALDI-TOF, permitiendo validar la alta confiabilidad de los resultados obtenidos, reflejando los perfiles proteicos característicos de la especie, coincidiendo con los patrones de referencia del sistema con los aislados seleccionados.

En cuanto a la detección de la presencia de genes de virulencia asociados a *Escherichia coli* patógena, se identificaron genes *stx* y *eae*, indicando la presencia de cepas potencialmente productores de toxinas Shiga y con capacidad de adherencia intestinal.

En conjunto, los resultados obtenidos en esta investigación evidencian la importancia de implementar estrategias de diagnóstico que convienen métodos convencionales y sistemáticos para la detección de *Escherichia coli* patógena en predios de producción animal y aumentos en los controles microbiológicos durante las etapas tempranas de destete en las cadenas de producción, dado a su potencial riesgo para la salud pública e inocuidad alimentaria.

9. RECOMENDACIONES

- Establecer programas de monitoreo sistemático en granjas porcinas que detecten oportunamente la presencia de *E. coli* y otros patógenos de interés, de tal manera, identificar tendencias en la diseminación de microorganismos y mejorar las estrategias de control.
- Estandarizar y optimizar métodos de aislamiento y detección de *E. coli* sorbitol negativo, comparando técnicas convencionales y sistemáticas
- Investigar los factores ambientales y de manejo que podrían favorecer la colonización y persistencia de *E. coli* en las explotaciones porcinas, evaluando desde su alimentación hasta el lugar que habitan
- Implementar el uso de probióticos que puedan ayudar a modular la microbiota intestinal y reducir la colonización por bacterias con potencial patógeno.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Aguila, A., Rodríguez, A., Fernández, A., Cruz, Y., Bravo, L., Hernández, J., Blanco, S., & Bebelagua, D. (2020). *Escherichia coli* diarrogénicos, identificación de patotipos y fenotipos de resistencia antimicrobiana en aislados cubanos. SciELO Cuba. Retrieved March 8, 2025, from http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s0375-07602020000100008&script=sci_arttext
- Aguirre, M., & Molina, D. (2022). Estudio de la presencia de *Escherichia coli* en la granja porcina “Los Chanchos Felices” departamento de Granada, Nicaragua, noviembre 2021-enero 2022 - Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria. Repositorio UNA. Retrieved July 21, 2023, recuperado de: <https://repositorio.una.edu.ni/4591/>
- Amador, G., Rebbeca, E., Jullieth, E., & Herrera, R. (2021). *Escherichia coli* en lechones en la granja, Dirección de Unidades Educativas y Productivas DUEP-UNA, periodo marzo -abril 2020. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria. Retrieved July 21, 2023, from <https://repositorio.una.edu.ni/4384/>
- Arias & Valencia, J. (2019). Ciencias Agropecuarias. Análisis de los planes de manejo sanitario en granjas porcícolas en el municipio de Donmatías, Antioquia. Recuperado de: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1848/Arias-Silva%20%282019%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ashfaq, M. Y., Da'na, D. A., & Al-Ghouti, M. A. (2022). Application of MALDI-TOF MS for identification of environmental bacteria: A review. *Journal of Environmental Management*, 305(114359), 114359. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114359>
- Alvarez, B., Bello, A., Mora, D., & Jeny, L. (2019). Perfiles bioquímicos atípicos de cepas de *Escherichia coli* de origen ambiental mediante el empleo del sistema Entero Well D–One. EBSCO.

https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A4%3A33569252/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A140056803&crl=c&link_origin=scholar.google.es

Barros, M., Castro, J., Araújo, D., Campos, A., Oliveira, R., Silva, S., Outor, D., & Almeida, C. (2023). Antibiotics | Free Full-Text | Swine Colibacillosis: Global Epidemiologic and Antimicrobial Scenario. MDPI. Retrieved August 4, 2023, from <https://www.mdpi.com/2079-6382/12/4/682>

Baek KH, Tangchang W, Choi EJ, Lee WK, Lee KH, Lee HK, Byun JW, Son HY. Experimental infection of post-weaned pigs with F18-encoding enterotoxigenic and enterotoxigenic/shigatoxigenic *Escherichia coli* strain isolated from the diarrheic feces in Korea. Open Vet. doi: 10.5455/OVJ. 2023.v13.i6.5. Epub 2023 Jun 7. PMID: 37545702; PMCID: PMC10399650.

Bedolla, C., Bedolla, J., & Córdova, A. (2021). Diagnosis of mastitis in sheep. Cabidigitallibrary. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20220194964>

Bergen, W.G. (2022). Pigs (*Sus Scrofa*) in Biomedical Research. In: Wu, G. (eds) Recent Advances in Animal Nutrition and Metabolism. Advances in Experimental Medicine and Biology, vol 1354. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85686-1_17

Bielaszewska, M., Aldick, T., Bauwens, A., & Karch, H. (2014). Hemolysin of enterohemorrhagic *Escherichia coli*: structure, transport, biological activity and putative role in virulence. PubMed. Retrieved August 8, 2023, recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24933303/>

Bonino, M., Broglio, A., Sanin, M., Cundon, C., Betancor, A., Rumi, M., & Blanco, X. (2021). *Estudio de reservorios, portadores y fuentes de infección de Escherichia coli shigatoxigénico en diversos contextos geopolíticos de Argentina.* https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1668-34982021000200005&script=sci_arttext#aff2

BritaniaLab. (2021). E.M.B. Agar (con Eosina y Azul de Metileno). Ficha técnica del Medio E.M.B. https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6054e713a290e.pdf

- BritaniaLab. (2021). Simmons Citrato Agar. Ficha técnica del Agar citrato.
https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_607092758cfa8.pdf
- BritaniaLab. (2021). E. C Medio. Ficha técnica del Medio E.C.
https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6092dcb116850.pdf
- BritaniaLab. (2021). MR-VP Medio. Ficha técnica del Medio MR-VP.
https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6070751064820.pdf
- Condalab. (2022). Medio de Transporte Amies con Carbón. condalab. Retrieved August 13, 2023, recuperado de:
https://www.condalab.com/int/es/index.php?controller=attachment&id_attachment=24518
- Dasharath B. Shinde, Surbhi Singhvi, Santosh S. Koratkar, and Sunil D. Saroj. (2020). Isolation and characterization of *Escherichia coli* serotype O157:H7 and other verotoxin-producing *E. coli* in healthy Indian cattle. *Mundo veterinario*. 13(10): 2269–2274
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7704306/Vargas,J;>
- Day, C. J., Lo, A. W., Hartley-Tassell, L. E., Argente, M. P., Poole, J., King, N. P., Tiralongo, J., Jennings, M. P., & Schembri, M. A. (2021). Discovery of bacterial fimbria-glycan interactions using whole-cell recombinant *Escherichia coli* expression. *mBio*, 12(1).
<https://doi.org/10.1128/mBio.03664-20>
- Govindarajan, D. K., Viswalingam, N., Meganathan, Y., & Kandaswamy, K. (2020). Adherence patterns of *Escherichia coli* in the intestine and its role in pathogenesis. *Medicine in Microecology*, 5, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.medmic.2020.100025>
- Díez, D. (2022). El sector porcino en Colombia. *Veterinaria Digital*. Retrieved July 29, 2023, from <https://www.veterinariadigital.com/articulos/el-sector-porcino-en-colombia/>

Essendoubi, S., Yang, X., King, R., Keenlside, J., Bahamon, J., Diegel, J., Lu, P., Cassis, R., Gensler, G., Stashko, N., & Rolheiser, D. (2020). Prevalence and characterization of *Escherichia coli* O157:H7 on pork carcasses and in swine colon contents from provincially licensed abattoirs in Alberta, Canada. *Journal of Food Protection*, 83(11), 1909–1917. <https://doi.org/10.4315/JFP-20-146>

Erosa, M. (2023). Análisis de la regulación del gen nleH1 mediada por GrlA en *E. coli* enteropatógena. Buap.mx. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/46ca9d15-f0c4-4f79-a0d1-71aa97cae14c/content>

Escalante, D., Montalvo, K., Álvarez, L., Surco, R., Palomino, J., Calle, S., & Suice, J. (2022). Detección de genes de resistencia antimicrobiana en aislados de *Escherichia coli* de cerdos de producción con cuadros diarreicos. *SciELO Perú*. Retrieved August 23, 2023, from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172022000500017&script=sci_arttext

Fenavi. (2019). Decreto 2270 de 2012 - El cual modifica parcialmente el Decreto 1500 de 2007 - FENAVI - Federación Nacional de Avicultores de Colombia. <https://fenavi.org/documentos/decreto-2270-de-2012-el-cual-modifica-parcialmente-el-decreto-1500-de-2007/>

García, I. (2019). Estudio del grupo clonal pandémico ST131 de *Escherichia coli* y de cepas enteropatógenas porcinas (ETEC, VTEC, ETEC/VTEC y AEPEC) resistentes a colistina | Documentos - Universidad Complutense de Madrid. Portal de Producción Científica de la UCM. Retrieved August 23, 2023, from <https://produccioncientifica.ucm.es/documentos/5dbc1aba2999521984cd1a6b>

Gil, M. (2023). Caldo EC. Sociedad venezolana de Microbiología. Caldo EC: qué es, fundamento, preparación y uso (lifeder.com)

- González, C. (2019). Microbiota nativa del tracto reproductor bovino: caracterización de cepas de *Escherichia coli* patogénicas y sensibilidad frente a extractos vegetales naturales. Riconicet. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/82832>
- Guillen, E., & Rios, E. (2020). *Escherichia coli* en lechones en la granja Dirección de Unidades Educativas y Productivas DUEP-UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/4384/1/tnl73g958.pdf>
- Haider, A., Ringer, M., Kotroczó, Z., Mohácsi-Farkas, C., & Kocsis, T. (2023). The Current Level of MALDI-TOF MS Applications in the Detection of Microorganisms: A Short Review of Benefits and Limitations. MDPI. <https://www.mdpi.com/2036-7481/14/1/8>
- Hilarión G. (2020). Susceptibilidad antimicrobiana de cepas *Escherichia coli* o157:h7 y *Escherichia coli* enteropatógena aisladas en niños menores de cinco años con diarrea. [TESIS]. Universidad Peruana Cayentano Heredia. Lima, Perú.
- Herrera Arias, F., Santos Buelga, J., & Villamizar Gallardo, R. (2019). Primer reporte de *Escherichia coli* Productora de Toxina Shiga no O157 que codifica el gen de la enterohemolisina en carne cruda en Colombia. Archivos Latinoamericanos De Nutrición (ALAN), 69(1), 59–67. Recuperado a partir de http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_alan/article/view/17172
- Herrero, E. R., Vergara, M. R. C., & Hernández, N. O. (2022). Resistencia fenotípica y genotípica en los patotipos Aiec, Stec y Eaec de *E. coli*. In Anales de veterinaria de Murcia (Vol. 36).
- Huayanay-Quevedo C, Aldoradin-Basilio V & Guerra-Santa Cruz A. Presencia de *Escherichia coli* en la playa Pucusana, Lima y su potencial efecto en la Salud Pública. Acta Med Perú. 2022; 39(1): 031-9. doi: <https://doi.org/10.35663/amp.2022.391.2305>
- Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. (2007). “Por la cual se reglamentan las condiciones sanitarias y de inocuidad en la producción primaria de ganado porcino destinado a sacrificio para consumo humano”. MINCIT. Retrieved 2023, from <https://www.mincit.gov.co/getattachment/8ad6f08d-7024-4088-b0f3-e9594b244f99/Resolucion-2640-del-28-de-septiembre-de-2007-Por-l.aspx>

- Instituto Colombiano Agropecuario-ICA (2020). Buenas prácticas ganaderas BPG en la producción porcina. Resolución N°076509. ICA. Portal corporativo ICA. <https://www.ica.gov.co/getattachment/af26e0f9-18bb-4fd7-8100-ba74f386ee28/2020R76509.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario-ICA (2023). CENSO PORCINO, Censos Pecuarios Nacional. Portal corporativo ICA. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/bol/epi/boletines-seccionales/2021-1/censo-porcinos-2023-filtros-habilitados.aspx>
- ICA. (2025). ¿Sabes qué hacer para que no ingrese esta enfermedad al país? Portal Corporativo ICA. <https://www.ica.gov.co/noticias/colombia-libre-peste-porcina-africana>
- ICA. (2007). Resolución 002640. Mincit. <https://www.mincit.gov.co/getattachment/8ad6f08d-7024-4088-b0f3-e9594b244f99/Resolucion-2640-del-28-de-septiembre-de-2007-Por-I.aspx>
- ISO. (2023). EN ISO 16654:2002/A2:2023 Microbiología de los alimentos p... UNE. Retrieved March 9, 2025, from <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0072279>
- Jaramillo Puebla, A., & Puebla Jiménez, L. (2024). Optimización técnico-económico de partos en una granja porcina tecnificada. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/141445>
- Jung, B., & Hoilat, G. J. (2024). MacConkey medium. En StatPearls. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557394/>
- Kim, K., Song, M., Liu, Y., & Ji, P. (2022). Enterotoxigenic *Escherichia coli* infection of weaned pigs: Intestinal challenges and nutritional intervention to enhance disease resistance. NCBI. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9389069/>
- Koratkar, S. S., Shinde, D., Singhvi, S., & Saroj, S. (2020). Isolation and characterization of *Escherichia coli* serotype O157:H7 and other verotoxin-producing *E. coli* in healthy Indian cattle. NCBI. from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7704306/>

- Magalhães, H. I. R., Barcelos, J. B., Romão, F. B., Borges, T. R. J., Carvalho-Barros, R. A. de, Miglino, M. A., Silva, F. O. C. E., & Ribeiro, L. de A. (2021). Comparative study of the digastric and the stylohyoid muscles between wild boars (*Sus scrofa scrofa*) and domestic swine (*Sus scrofa domesticus*): revisiting the gross anatomy. *Anatomy & Cell Biology*, 54(2), 202–211. <https://doi.org/10.5115/acb.20.30>
- Maldonado, N., Robledo, C., & Robledo, J. (2018). La espectrometría de masas MALDI-TOF en el laboratorio de microbiología clínica. *Revistainfectio*. https://revistainfectio.org/P_OJS/index.php/infectio/article/view/703?utm_source=chatgpt.com
- Martínez, D. (2021). Caracterización de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) en cepas de *Escherichia coli* aisladas de humanos y cerdos. Untitled. RIAA Principal. Retrieved July 31, 2023, from <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3190/MATDRN08.pdf?sequence=1>
- Milera Rodríguez, M. de la C., & Santana Martínez, I. M. (2022). Manejo agroecológico sostenible de la producción porcina en el trópico. *Avances en investigación agropecuaria*, 26(1). <https://doi.org/10.53897/revaia.22.26.25>
- Miranda, R., Miranda, J., & Mainegra, D. (2020). La producción porcina familiar: experiencias en la capacitación desde el Centro Universitario Municipal. *SciELO Cuba*. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2310-340X2020000200329&script=sci_arttext
- Miranda, S. (2017). Caracterización clínico, bioquímica y hormonal de pacientes con disfunción eréctil atendidos en la consulta de andrología. Caracterización clínico, bioquímica y hormonal de pacientes con disfunción eréctil atendidos en la consulta de andrología. Retrieved March 8, 2025, from <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rcsp/v26n2/1409-1429-rcsp-26-02-189.pdf>

- Minagricultura. (2020). Manual de bienestar animal. Gov.co. https://www.minagricultura.gov.co/SIG/DocumentosSIG/12GESTION_DE_INNOVACION_DE_ES_TECN_Y_PROTECCION_SANITARIA/Manual-Bienestar-Animal-Especies-V1.pdf
- Molina, N. B., Oderiz, S., López, M. A., Basualdo, J. Á., & Sparo, M. D. (2024). Molecular characterization of diarrheagenic *Escherichia coli* from an outpatient pediatric population with diarrhea attended in two hospitals from Buenos Aires, Argentina. *Revista Argentina de microbiología*, 56(1), 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.002>
- Moxley, R. A., Bargar, T. W., Kachman, S. D., Baker, D. R., & Francis, D. H. (2020). Intimate Attachment of *Escherichia coli* O157:H7 to Urinary Bladder Epithelium in the Gnotobiotic Piglet Model. *Microorganisms*, 8(2), 263. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020263>
- MDC. (2024). Series de identificación bioquímica. Mdmcientifica.com. <https://mdmcientifica.com/wp-content/uploads/2021/03/IS-24-SERIES-DE-IDENTIFICACION-BIOQUIMICA.pdf>
- MDM. (2022). CITOTEST® Ficha técnica. Mdmcientifica.com. https://mdmcientifica.com/wp-content/uploads/2021/02/21_28_FICHA-TECNICA-AMIES-CON-CARBON-2.pdf
- Naranjo, D., Piedrahita, J., & Pérez, M. (2021). Patotipos de referenciación & afectación en la colibacilosis presente en lechones pre & post destete. Repository ucc <https://repository.ucc.edu.co/items/1bfc7331-eb13-47cb-93a9-21134cee25e3>
- Nieto, S., García, A., Gutiérrez, J., Borbolla, V., & González, G. (2023). Una de las patologías digestiva más prevalente causada por *Escherichia coli*. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*. from <https://www.revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/469>
- Organización de las Naciones Unidas-FAO para la Alimentación y la Agricultura (2023). Food safety and quality: Prevención de la *Escherichia coli* en los alimentos. FAO. from <https://www.fao.org/food/food-safety-quality/a-z-index/e-coli0/es/>
- Opapeju, F.O., Rademacher, M., Payne, R.L., Krause, D.O., & Nyachoti, C.M. (2010, January 16). Inflammation-associated responses in piglets induced with post-weaning colibacillosis are

influenced by dietary protein level. sciencedirect. Recuperado de:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141310000892?via%3Dihub#preview-section-cited-by>

OPS, & OMS. (2017). Manual Veterinario de Toma y Envío de Muestras. IRIS PAHO. from
<https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/34527/01016970MT13-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ortega Garcia, V. (2021). *Evaluación de la capacidad fagocítica de macrófagos porcinos tipificados frente al patógeno Escherichia coli*. Edu.co.
<https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/b1bb80a5-d7d2-465d-9f13-e3bbf3315115/content>

Ortega Moreno, J. (2023). Characterisation of antibiotics resistance and susceptibility patterns on porcine *Escherichia coli* isolates: implication on Public Health. Zaguan.
<https://zaguan.unizar.es/record/127356/files/TAZ-TFG-2023-2195.pdf>

Ostergaard, E., Kudirkienė, E., Ejlersgaard, A., Viuf, M., Rosager, N., Nødtvedt, A., Peter, J., Top, K., Skade, L., Larsen, L. E., Pankoke, K., Elmerdahl, J., Elvang, H., & Steen, K. (2021). Post-weaning diarrhea in pigs weaned without medicinal zinc: risk factors, pathogen dynamics, and association to growth rate. link.springer. Recuperado de:
<https://link.springer.com/article/10.1186/s40813-021-00232-z>

Oviaño, M., Rodríguez, B., Caballero, J., & Muñoz, J. (2019). Aplicaciones de la espectrometría de masas MALDI-TOF en Microbiología Clínica. Seimc.
<https://seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimientomicrobiologia65.pdf>

Paba, C. (2006). Determinación por PCR de *E. coli* enterohemorrágica y *E. coli* O157H:7. Edu.Co.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/2d02667f-c594-4443-8934-4e724b1cfaba/content>

- Pabón, O. V., López, K., Casas, G. A., Mogollón, J. D., & Serna, L. (2023). Adhesion factors and antimicrobial resistance of *Escherichia coli* strains associated with colibacillosis in piglets in Colombia. *Veterinary World*. from <https://www.veterinaryworld.org/Vol.16/June-2023/7.pdf>
- Paredes-Orozco, M. P., Rojas-Oviedo, L., Carrasco-Poma, J. L., & Delgado-Mena, F. A. (2024). Evaluación de diferentes niveles del óxido de zinc para el control de diarrea post destete en lechones traspatio. En *Agroindustria, Sociedad y Ambiente* (Vol. 1, Número 22, pp. 134–146). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.12788100>
- Parra, E., Hijuitl, T., Mariscal, G., & Cesárea, T. (2022). Concentrado de proteína de papa: una posible alternativa al uso de antibióticos en las dietas para lechones destetados. *Revisión. SciELO México. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242022000200510*
- Pérez, G. (2019). sensibilidad de *Escherichia coli* obtenida de urocultivos en pacientes de 11 a 40 años de edad. *utmach*. https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14687/1/E-11264_PEREZ%20CEDILLO%20GLENDA%20ESTEFANIA.pdf
- Ramírez, S. (2021). Evaluación de la calidad microbiológica de la empresa de lácteos Freskaleche S.A.S sede Aguachica Cesar. *Edu.co*. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/3641/1/Ram%C3%ADrez_2021_TG.pdf
- Rodríguez, G., Jiménez, J., Serrano, H., López, H., Sánchez, P., & Montenegro, O. (2021). Manejo no tecnificado de cerdos (*Sus scrofa*) en las regiones Andina, Amazónica y Orinoquía de Colombia | *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1902>
- Rossato, N. (2021). Dificultades, logros y desafíos para el 2021. *Org.ar*. https://sap.org.ar/storage/app/media/docs/publicaciones/archivosarg/2021/2021_119_1.pdf#page=79

- Rüter, C., & Bielaszewska, M. (2020). Secretion and Delivery of Intestinal Pathogenic *Escherichia coli* Virulence Factors via Outer Membrane Vesicles. PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32211344/>
- Sacchetta, R. (2019). Efecto del estrés post-destete sobre el eje Hipotálamo-Hipófiso-Adrenal y parámetros inmunes en un sistema de crianza porcina intensivo. Repodigital.unrc. Retrieved March 31, 2024, from <https://repositorio.unrc.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/77939/77939.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sanz López, L. (2021). *Estudio de factores de virulencia en Escherichia coli*. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/48444/TFG-M-N2387.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Secretaría Jurídica Distrital. (2015). Decreto 1648 de 2015. Alcaldía.bogotá. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=71291>
- Songphasuk, T., Imklin, N., Sriprasong, P., Woonwong, Y., Sajapitak, S., & Nasanit, R. (2022). Bacteriophage efficacy in controlling swine enteric colibacillosis pathogens: An in vitro study. PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36718320/>
- Suarez, S. (2020). Identificación y caracterización de *E. coli* aisladas de conejos con sintomatología diarreica. Uva.es. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/42209/TFG-M-N2031.pdf?sequence=1>
- Tamayo-Legorreta, Elsa, García-Radilla, Alejandro, Moreno-Vázquez, Eduardo, Téllez-Figueroa, Fabián, & Alpuche-Aranda, Celia M. (2021). Diarrheogenic *Escherichia coli* pathotypes isolated from a swine farm in a region of Morelos state, Mexico. *Salud Pública de México*, 63(1), 34-41. Epub 15 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.21149/11268>

- Tercero, D. V. (2016). Manual: Toma, conservación y envío de muestras representativas al Laboratorio de Diagnóstico Veterinario. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria. Recuperado de: <https://repositorio.una.edu.ni/3235/>
- Vargas, J., Clavo, N., & Mattar, S. (2004). Detección de *Escherichia coli* 0157: H7 y *Salmonella* spp., en cerdos del departamento de Córdoba. MVZ-Córdoba 2004; 9:(1), 386-392. (PDF) Detección de *Escherichia coli* 0157: H7 y *Salmonella* spp en cerdos en del departamento de Córdoba (researchgate.net)
- Velasco, B. (2021). *Aplicación de MALDI-TOF para el análisis rápido de Escherichia coli verotoxigénica.* UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/54647/TFG-M-M2581.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vélez, M. V., Colello, R., Etcheverría, A. I., & Padola, N. L. (2023). *Escherichia coli* productora de toxina Shiga: el desafío de adherirse para sobrevivir. Revista Argentina de microbiología, 55(1), 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2022.04.001>
- Villagómez, S., Vinueza, P., Suarez, A., & Maldonado, T. (2023). *Infectious and Parasitic Diseases of Pigs in Ecuador: A Literary Review.* <https://sifisherliessciences.com/journal/index.php/journal/article/view/27/23>
- Wang, W., Wang, Y., Hao, X., Duan, Y., Meng, Z., An, X., & Qi, J. (2020, July 14). Dietary fermented soybean meal replacement alleviates diarrhea in weaned piglets challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli* K88 by modulating inflammatory cytokine levels and cecal microbiota composition. NCBI.
- Wang, L., Wu, Y., Xu, J., Huang, Q., Zhao, Y., Dong, S., Wang, X., Cao, X., Wang, C., Wu, A., Zhou, D., Chen, C., Yang, H., Li, J., Konstantinos, P., Tu, Q., Zhang, G., & Yin, J. (2022). Colicins of *Escherichia coli* Lead to Resistance against the Diarrhea-Causing Pathogen

- Enterotoxigenic *E. coli* in Pigs. *Microbiology Spectrum*, 10(5).
<https://doi.org/10.1128/spectrum.01396-22>
- Yun, T., Chiang, C., & Hua, S. (2019). Current status of MALDI-TOF mass spectrometry in clinical microbiology. *ScienceDirect*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1021949819300146>
- Zheng, X., Nie, K., Xu, Y., Zhang, H., Xie, F., Xu, L., Yim, Z., Zhang, Z., Ding, Y., & Zhang, X. (2023). Fecal Microbial Structure and Metabolic Profile in Post-Weaning Diarrheic Piglets. MDPI. from <https://www.mdpi.com/2073-4425/14/6/1166>
- Zarei, O., Shokoohizadeh, L., Hossainpour, H., & Alikhani, M. Y. (2021). The prevalence of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* and enteropathogenic *Escherichia coli* isolated from raw chicken meat samples. *International Journal of Microbiology*, 2021, 3333240.
<https://doi.org/10.1155/2021/3333240>
- Zhu, W., Lin, Y., & Zhou, B. (2021). Pathogenic *Escherichia coli*-Specific Bacteriophages and Polyvalent Bacteriophages in Piglet Guts with Increasing Coliphage Numbers after Weaning. NCBI. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8357296/>