

**CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE ESCHERICHIA COLI, KLEBSIELLA
PNEUMONIAE Y SALMONELLA SPP., AISLADAS DE MUESTRAS DE QUESO
COSTEÑO COMERCIALIZADO EN VALLEDUPAR, COLOMBIA.**

KATERI LILIAM GÓMEZ HERNÁNDEZ

VALERIA ISABEL RODRÍGUEZ AYALA

**Universidad Popular Del Cesar
Facultad de Ciencia básicas
Programa de Microbiología
Valledupar - César
2025**

RESUMEN

El queso costeño artesanal es uno de los alimentos con mayor acogida en la región Caribe colombiana. Sin embargo, a veces, su proceso de elaboración, almacenamiento y distribución, no cumple con los criterios de inocuidad debido a la no implementación de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). La baja calidad en la materia prima y su inadecuada manipulación favorecen el crecimiento de microorganismos causantes de infecciones microbianas. El objetivo de esta investigación fue caracterizar fenotípicamente *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Salmonella* spp., aisladas a partir de muestras de queso costeño comercializado en expendios de Valledupar, Colombia. Se aislaron diferentes *Enterobacterales* usando métodos tradicionales y automatizados, además de determinar la resistencia mediante la técnica de difusión de disco. Se aislaron un total de 100 bacterias, de las cuales el 34% correspondió a *Escherichia coli*, el 32% a *Klebsiella pneumoniae*, el 1% a *Salmonella* spp., y el 33% a otras *Enterobacterales* de diferentes géneros como *Enterobacter* spp., *Citrobacter* spp., *Proteus* spp., y *Providencia* spp. Además, se pudo observar que los aislados de *Escherichia coli* presentaron mayor resistencia a cefalotina con un 61,1% y cefotaxima con un 55,5%; *Klebsiella pneumoniae* fue más resistente a ampicilina con un 91,6%; *Enterobacter* spp., presentó más resistencia a cefalotina con un 93,8%. Así mismo, *Salmonella* spp., y *Citrobacter* spp., fueron resistentes solo a dos antibióticos. Se logró concluir que los aislados de *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella* spp., *Enterobacter* spp. y *Citrobacter* spp., presentaron resistencia a dos grupos de antibióticos, mientras que *Escherichia coli* mostró resistencia un

solo grupo de antibióticos, lo que evidencia un riesgo potencial para la salud pública.

Palabras claves: Aislamientos, Antibióticos, *Enterobacterales*, MALDI-TOF, Queso, Resistencia.

ABSTRACT

Artisanal coastal cheese is one of the most popular foods in the Colombian Caribbean region. However, sometimes its production, storage and distribution process does not meet safety criteria due to the non-implementation of Good Manufacturing Practices (GMP). The low quality of the raw material and its inadequate handling favor the growth of microorganisms that cause microbial infections. The objective of this research was to phenotypically characterize *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* and *Salmonella* spp. isolated from samples of coastal cheese marketed in stores in Valledupar, Colombia. Different Enterobacteriaceae were isolated using traditional and automated methods, in addition to determination resistance using the disk diffusion technique. A total of 100 bacteria were isolated, of which 34% corresponded to *Escherichia coli*, 32% to *Klebsiella pneumoniae*, 1% to *Salmonella* spp. and 33% to other enterobacteria of different genera such as *Enterobacter* spp, *Citrobacter* spp, *Proteus* spp and *Providencia* spp,. In addition, it was observed that *Escherichia coli* isolates presented greater resistance to cephalothin with 61.1% and cefotaxime with 55.5%; *Klebsiella pneumoniae* was more resistant to ampicillin with 91.6%; *Enterobacter* spp. presented more resistance to cephalothin with 93.8%. Likewise, *Salmonella* spp. and *Citrobacter* spp. were resistant to only two antibiotics. It was possible to conclude that the isolates of *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella* spp., *Enterobacter* spp. and *Citrobacter* spp.. showed resistance to two groups of antibiotics, while *Escherichia coli* showed resistance to only one group of antibiotics, which shows a potential risk for public health.

Keywords: Isolations, Antibiotics, *Enterobacterales*, MALDI-TOF, Cheese, Resistance.

Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. OBJETIVOS	17
4.1. OBJETIVOS GENERAL	17
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
5. MARCO TEÓRICO	19
5.1. ANTECEDENTES	19
5.2. MARCO CONCEPTUAL	23
5.2.1. Queso costeño	23
5.2.2. Bacterias de importancia en inocuidad alimentaria	24
5.2.2.1. Orden Enterobacterales.	24
5.2.3. Enterobacterias más comunes asociadas a ETAS	24
5.2.3.1. <i>Escherichia coli</i> .	24
5.2.3.2. <i>Klebsiella pneumoniae</i> .	25
5.2.3.3. <i>Salmonella</i> spp.	25
5.2.4. Antibióticos	26
5.2.4.1. Antibióticos betalactámicos.	26
5.2.4.2. Antibióticos quinolonas y fluoroquinolonas.	27
5.2.4.3. Antibióticos aminoglucósidos.	28

5.2.4.4. Antibióticos antagonistas de la vía del folato.	28
5.2.5. Mecanismos de resistencia antibiótica	29
5.2.6. Espectrometría de masas (MALDI-TOF)	29
5.3. MARCO LEGAL	30
6. METODOLOGÍA	31
6.1. Tipo de estudio y línea de investigación	31
6.2. Universo y población	31
6.3. Tamaño de la muestra	31
6.4. Diseño metodológico	32
6.4.1. Aislamiento de bacterias a partir de muestras de queso costeño.	32
6.4.2. Identificación de aislados	33
6.4.2.1 Identificación bioquímica.	34
6.4.2.2. Identificación de los aislados por espectrometría de masas MALDI-TOF.	34
6.4.3. Determinación de la susceptibilidad antimicrobiana de los aislamientos.	34
6.5. Unidad de análisis	35
6.5.1. Técnica de obtención de información	35
6.5.2. Técnica de análisis de resultados	36
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
7.1. Aislamiento de <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> y <i>Salmonella</i> spp.	37
7.2. Prueba confirmatoria (MALDI-TOF)	44

7.3. Susceptibilidad y resistencia de las cepas aisladas	46
8. CONCLUSIÓN	59
9. RECOMENDACIONES	61
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
11. ANEXOS	81

Índice de tabla

Tabla 1. Pruebas bioquímicas realizadas a las diferentes cepas aisladas de muestras de queso costeño.	43
--	-----------

Índice de figuras

Figura 1. <i>Resultado de los 100 aislamientos obtenidos del queso costeño.</i>	37
Figura 2. <i>Cultivo en placa de agar MacConkey pasadas las 24 horas.</i>	38
Figura 3. <i>Cultivo en placa de agar SS y XLD pasadas las 24 horas.</i>	40
Figura 4. <i>Pruebas bioquímicas realizadas a Escherichia coli y Klebsiella pneumoniae.</i>	41
Figura 5. <i>Pruebas bioquímicas realizadas a Salmonella spp.</i>	42
Figura 6. <i>Identificación de Escherichia coli por MALDI-TOF</i>	45
Figura 7. <i>Identificación de Klebsiella pneumoniae por MALDI-TOF</i>	45
Figura 8. <i>Identificación de Salmonella spp. por MALDI-TOF.</i>	45
Figura 9. <i>Prueba de susceptibilidad de Escherichia coli frente a 15 discos de antibióticos.</i>	46

Figura 10. <i>Número de aislados de Escherichia coli frente a los 15 antibióticos empleados</i>	48
Figura 11. <i>Prueba de susceptibilidad de Klebsiella pneumoniae frente a 15 discos de antibióticos.</i>	50
Figura 12. <i>Número de aislados de Klebsiella pneumoniae frente a los 15 antibióticos empleados.</i>	51
Figura 13. <i>Prueba de susceptibilidad de Salmonella spp., frente a 4 discos de antibióticos.</i>	54
Figura 14. <i>Perfil de resistencia de Salmonella spp., frente a 4 antibióticos.</i>	55
Figura 15. <i>Número de aislados de Enterobacter spp., frente a los 15 antibióticos empleados.</i>	56

1. INTRODUCCIÓN

El queso costeño es un producto lácteo artesanal de gran importancia en la región Caribe Colombiana, este producto es particularmente vulnerable a la contaminación microbiológica debido a su elaboración tradicional que no sigue estrictamente normas de higiene y pasteurización, la combinación de estos factores junto con el uso de leche cruda, el manejo inadecuado durante su producción y la exposición a el ambiente puede facilitar la proliferación de patógenos (Mladenović et al., 2021).

Los *Enterobacterales* pertenecen a un extenso grupo de bacterias Gram negativas, las cuales tienen gran impacto en la salud pública, siendo así, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Salmonella* spp., las bacterias más comunes transmitidas por alimentos de origen animal (Bautista et al., 2025).

Estas bacterias poseen una gran importancia en la seguridad alimentaria y la producción de factores de virulencia, como enzimas encargadas de destruir los antibióticos, obteniendo aislamientos de cepas que presentan porcentajes muy variados en la resistencia (Tepeli & Demirel, 2018). En este contexto, los *Enterobacterales* resistente a carbapenémicos y productores de betalactamasas de espectro extendido ha sido reconocido como una prioridad crítica por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024).

Los *Enterobacterales* se han convertido en un desafío en salud pública a nivel mundial debido a su prevalencia en las infecciones multirresistentes, siendo tratadas mayormente con antibióticos betalactámicos; sin embargo, la amenaza

de la resistencia de estas bacterias a los antibióticos se ha extendido debido al continuo uso inadecuado de los mismos (Elawady et al., 2024; De Souza et al., 2024). Esto ha complicado el tratamiento de infecciones comunes, aumentando la morbilidad y mortalidad en todo el mundo (Tacconelli et al., 2018).

En este contexto, el propósito de este estudio fue caracterizar fenotípicamente *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Salmonella* spp., aisladas de muestras de queso costeño comercializado en Valledupar, empleando métodos tradicionales y automatizadas, así como de determinar la resistencia mediante la técnica de difusión de disco.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El queso costeño es uno de los derivados lácteos con mayor acogida en la región caribe colombiana, sin embargo, su producción no cumple con los criterios de inocuidad por la no implementación de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM); la baja calidad en la materia prima y su inadecuada manipulación, favorecen el crecimiento de microorganismos causantes de infecciones microbianas (Gutiérrez et al., 2017; Pacheco et al., 2016). Estos alimentos actúan como reservorios y diseminadores de cepas patógenas portadoras con relevancia clínica, que son propagada a través de la cadena alimentaria (Bhardwaj et al., 2021; Barilli et al., 2020; Dantas & Neto, 2020; Sivarman et al., 2020; Montso et al., 2019; Vásquez et al., 2017; Yaici et al., 2017).

En las últimas décadas se ha acelerado la aparición y propagación de microorganismos multirresistentes debido a la concurrencia de varios factores, como la globalización que han contribuido a aumentar tanto el número de infecciones como su transmisión y, por consiguiente, la necesidad de uso de antimicrobianos (OMS, 2018). Es por ello que es importante que todos los productores y expendedores coloquen en práctica e implementen las buenas prácticas de manufactura, para reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) (Prada, J. et al., 2023), debido a que son requerimientos generales de higiene en la manipulación, preparación, elaboración, almacenamiento, transporte y distribución del queso, para garantizar que el producto cumpla con las condiciones sanitarias adecuadas por la normativa (INVIMA, 2020).

Este tipo de alimento en el departamento del Cesar se produce de manera artesanal en condiciones mínimas de higiene, utilizando leche cruda como materia prima, lo que genera un alimento contaminado de bacterias, posiblemente resistentes a los antimicrobianos (Plan de Desarrollo del Cesar, 2020; Guzmán, 2013).

En Colombia y especialmente en la región Caribe Colombiana, existe escasa información acerca del estado actual de la resistencia antimicrobiana en miembros de la familia *Enterobacteriaceae* procedentes de alimentos de origen animal como el queso costeño, es por eso que se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿El queso costeño fresco comercializado en los expendios de la ciudad de Valledupar están expuestos a la presencia de *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Salmonella* spp. resistentes a antibióticos?

3. JUSTIFICACIÓN

El queso costeño es un producto elaborado y distribuido en la región Caribe Colombiana, siendo un producto importante en el desarrollo económico del sector agropecuario y tiene una alta demanda en torno a este producto; diario se producen alrededor de 1 millón de litros de leche en el Cesar, en el cual, el 44% está destinado para la producción del queso costeño, así mismo, el consumo per cápita del queso en toda Colombia es de 1,5 kilos, siendo la región caribe con el mayor consumo debido a la importancia gastronómica y cultural de este producto, sin embargo, debido a las mínimas condiciones higiénicas sanitarias que estos poseen, aumenta el riesgo de infecciones e intoxicaciones alimentaria y lo hace un sustrato conveniente para el crecimiento de diferentes microorganismos de origen alimentario, debido a que la calidad del queso se ve afectada por el tratamiento térmico, lo que provoca cambios en las propiedades fisicoquímicas (Fedegan, 2018; Arteaga-Márquez et al., 2020; González et al., 2022; Portafolio, 2024).

Así mismo, varios estudios reportan la presencia de microorganismos en el queso costeño, señalando que si no se tienen los cuidados adecuados incrementa el crecimiento de estos microorganismos, resaltando la presencia de *Enterobacterales*, como *Salmonella* spp. y *Escherichia coli* (Escobar et al., 2023). Estas bacterias, junto con *Klebsiella pneumoniae* son portadores de enzimas que degradan los antibióticos, lo que les confiere resistencia a este tipo de medicamentos; esto es un factor importante para comprender el impacto de los antibióticos en las poblaciones bacterianas. (Ramatlan et al., 2024).

En este contexto, este trabajo de investigación surge de la preocupación, como microbiólogos, por la presencia de bacterias resistentes a los antibióticos en el queso costeño que se comercializa en los diferentes expendios de Valledupar, convirtiéndolo así en un riesgo para la salud pública, ya que actúa como un posible vehículo de bacterias como *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Salmonella* spp., las cuales pueden comprometer la salud del consumidor (Elawady et al., 2024).

Así mismo, con este trabajo, se pretende tener un impacto social, mediante la concientización acerca de las implicaciones de la resistencia microbiana del queso costeño.

Además, a pesar de las búsquedas relacionadas, en la región Caribe Colombiana no existe información de estudios similares que aborden la presencia de bacterias resistentes en el queso costeño. Esta falta de datos subraya la relevancia de la presente investigación, que busca llenar este vacío de conocimiento.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVOS GENERAL

Caracterizar fenotípicamente *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Salmonella* spp., aisladas a partir de muestras de queso costeño comercializado en expendios de Valledupar, Colombia.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aislar *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Salmonella* spp., a partir de muestras de queso costeño, mediante medios de cultivo y pruebas bioquímicas convencionales.
- Caracterizar los aislados fenotípicamente por espectrometría de masas a través de MALDI-TOF.
- Determinar la susceptibilidad antimicrobiana de los aislamientos frente a diferentes antibióticos mediante la técnica de difusión en disco (Kirby-Bauer).

5. METODOLOGÍA

6.1. Tipo de estudio y línea de investigación

Tipo de investigación: Descriptiva de corte transversal

Línea de investigación: Resistencia

6.2. Universo y población

La investigación fue realizada en la ciudad de Valledupar en el departamento del Cesar, las muestras se tomaron en 100 expendios de queso costeño.

6.3. Tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra para la determinación de la susceptibilidad antimicrobiana mediante la técnica de difusión en disco (Kirby-Bauer) se utilizó la fórmula de poblaciones finitas.

$$n = \frac{N * Z^2 * P * Q}{(N - 1) * E^2 + Z^2 * P * Q}$$

Donde:

N: Tamaño de la población (100)

Z: Nivel de confianza (95%)

P: Frecuencia reportada de genes detectados responsables de resistencia (3,3%)

Q: proporción complementaria de fracaso, Q=1-p (0,967)

E: Error permisible (5%)

La muestra del trabajo se calculó de la siguiente manera:

$$n = \frac{100 * 1,96^2 * 0,033 * 0,967}{(100 - 1) * 0,05^2 + 1,96^2 * 0,033 * 0,967}$$

$$n = 33$$

Por lo tanto, la muestra mínima considerada en este estudio es de 33.

6.4. Diseño metodológico

El estudio se desarrolló en 3 etapas descritas a continuación:

- Inicialmente se tomaron 100 muestras en total y fueron transportadas al laboratorio del grupo de Investigación CINBIOS del programa de Microbiología de la Universidad Popular del Cesar donde fueron procesadas y se realizaron los medios de cultivos selectivos y diferenciales para la detección presuntiva de *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Salmonella* spp.
- Para la identificación de las cepas microbianas, se llevó a cabo la identificación bioquímica e identificación por espectrometría de masa (MALDI-TOF).
- Se determinaron la susceptibilidad antimicrobiana microbiana de las cepas aisladas por la técnica de difusión en disco (Kirby-Bauer).

6.4.1. Aislamiento de bacterias a partir de muestras de queso costeño.

Se tomaron aproximadamente 250 g de cada muestra y se transportaron en condiciones de refrigeración al laboratorio de Microbiología de la Universidad Popular del Cesar, para realizar los análisis microbiológicos en un periodo no mayor a 2 horas.

Para la selección de *E. coli* y *K. pneumoniae* se pesaron 10 gramos de cada muestra de queso costeño y se diluyeron en 90 ml de agua peptonada 0,1%, homogeneizando durante 2 minutos; se incubó a 37°C durante 24 horas. Se extendieron con la ayuda de un asa de Drigalsky alícuotas de 100 µL sobre placas

de Agar VRBG (bilis, rojo violeta, glucosa). Se incubó a 37° C durante 24 h, en condiciones aeróbicas. Se repicaron las colonias presuntas (rojas o púrpuras con un halo de precipitación) en cajas de Agar MacConkey. Se transfirió una colonia de cada placa a cajas con agar nutritivo, incubando durante 24 h a 37°C (ISO 21528-1 2017).

Para el aislamiento de *Salmonella* spp. se siguió la Norma ISO 6579-1:2017/Amd. 1:2020, en donde se hizo primero un pre-enriquecimiento de las muestras de queso, para esto, se pesaron 25 gramos y se diluyeron en 225 ml en agua peptonada y se incubó a 37°C por 18 horas. Seguido a esto se hizo un enriquecimiento en medio Rappaport vassiliadis adicionando 0,1 ml de la solución anterior, esto se incubó a 41,5°C por 24 horas. Finalmente se realizó una siembra en medios selectivos, como el Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD) y Agar Salmonella shigella (SS), y se incubó a 37°C por 24 horas. Las colonias presuntivas se transfirieron a cajas con agar nutritivo y se incubaron durante 24 horas a 37°C.

Todos los aislados obtenidos se conservaron en TSA y glicerol al 80% a -80.0°C para futuros análisis.

6.4.2. Identificación de aislados

Se realizó la identificación bioquímica y prueba confirmatoria mediante MALDI-TOF de las cepas de *E. coli*, *K. pneumoniae*, *Salmonella* spp. aisladas con medios de cultivo selectivos.

6.4.2.1 Identificación bioquímica. A partir de los aislados se realizó un cultivo en medio TSA para la identificación bioquímica, mediante la prueba de oxidasa, fermentación de azúcares en agar hierro triple azúcar (TSI), prueba para la producción de sulfuro de hidrógeno, indol y movilidad (SIM), rojo de metilo (RM) y Voges-Proskauer (VP).

6.4.2.2. Identificación de los aislados por espectrometría de masas MALDI-TOF. Una vez finalizada la identificación bioquímica, se procedió a realizar una confirmación mediante el equipo VITEK MS para la identificación microbiana de género y especie mediante la espectrometría de masas y tecnología MALDI-TOF.

6.4.3. Determinación de la susceptibilidad antimicrobiana de los aislamientos.

Para la determinación de la susceptibilidad, se utilizaron antibióticos: ampicilina (10µg), amoxicilina/ácido clavulánico (20/10µg), piperacilina/tazobactam (100/10µg), cefalotina (30µg), cefuroxima (30µg), cefotaxima (30µg), ceftazidima (30µg), ceftriaxona (30µg), cefepima (30µg), ácido nalidíxico (30µg), ciprofloxacina (5µg), gentamicina (10µg), amikacina (30µg), meropenem (10µg), y trimethoprim/sulfamethoxazole (1,25/3,75µg), siguiendo los protocolos establecidos en CLSI (2024). Se usaron placas de Mueller Hinton, a partir de un cultivo puro en una placa de TSA. Posteriormente, se llevaron a cabo los pasos establecidos mediante la técnica de difusión en disco (Kirby-Bauer):

- Preparación del inóculo: Se dispersaron varias colonias en solución salina hasta lograr una suspensión uniforme de una turbidez comparable al valor 0,5 de la escala de McFarland.
- Inoculación de las placas: La suspensión se utilizó antes de transcurrir 15 minutos

una vez preparada. Se introdujo un hisopo de algodón en la suspensión, eliminando el exceso de líquido presionando el hisopo contra las paredes del tubo. Seguido se distribuyó el inóculo uniformemente sobre la superficie de la placa sembrando en tres direcciones.

- Aplicación de los discos: Se colocaron en un plazo inferior a 15 minutos tras la inoculación de las placas, procurando que contacten bien con la superficie del medio y con una distribución adecuada de forma que los halos de inhibición, de las cepas sensibles, no se superpongan.
- Incubación: Se incubaron durante un período de 16-20 horas a 37°C. Tras la incubación, se midió los halos de inhibición utilizando un calibre y también una hoja de cálculo para discriminar entre cepas sensibles (S), intermedias (I) y resistentes (R) en función de los diámetros que se presentaron.

6.5. Unidad de análisis

6.5.1. Técnica de obtención de información

Los datos fueron obtenidos de los quesos comercializados en los expendios de las diferentes comunas de Valledupar. Posteriormente, utilizando los equipos, instrumentos o herramientas descritos anteriormente en el desarrollo del proyecto, se realizó una exhaustiva investigación bibliográfica por medio de revistas científicas, artículos científicos y de revisión, tesis, proyectos de grado, libros que han sido publicados en internet.

6.5.2. Técnica de análisis de resultados

Para el análisis de los hallazgos se hizo uso de Microsoft Office Professional Plus 2019 para el desarrollo de gráficos y tablas.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Aislamiento de *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Salmonella* spp.

Se analizaron un total de 100 muestras de queso costeño comercializadas en diferentes expendios en la ciudad de Valledupar, en donde se obtuvo un total de 100 bacterias del orden *Enterobacterales*, de los cuales 34 fueron *Escherichia coli*, 32 *Klebsiella pneumoniae*, 1 *salmonella* spp., 25 *Enterobacter* spp., 3 *citrobacter* spp., 1 *Escherichia hermannii*, 3 *proteus* spp., 1 *providencia stuartii*.

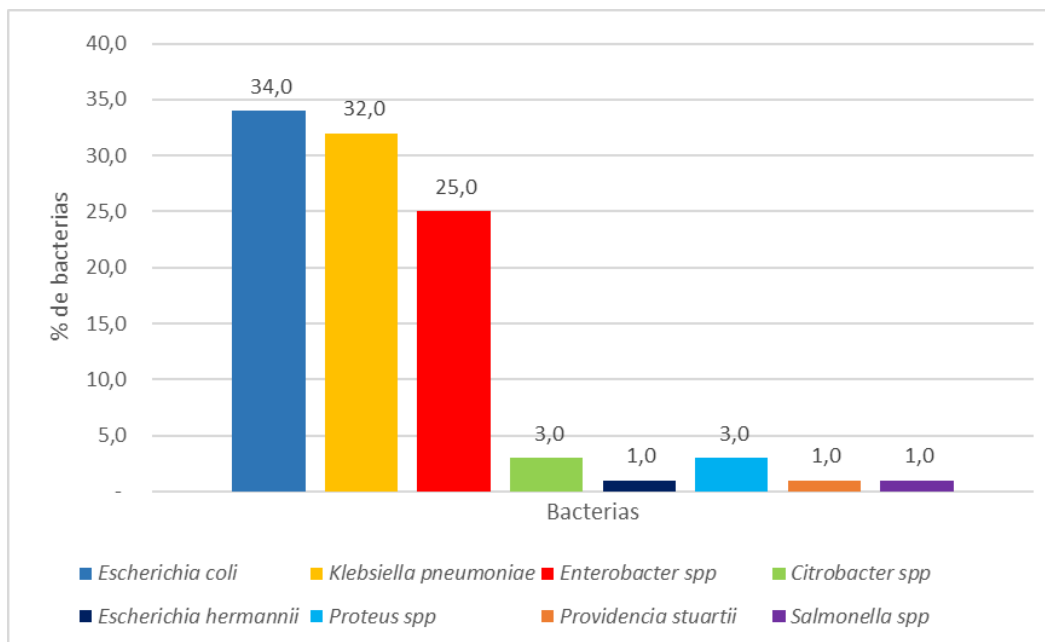


Figura 1. Resultado de los 100 aislamientos obtenidos del queso costeño.

Fuente: Gómez & Rodríguez, 2024.

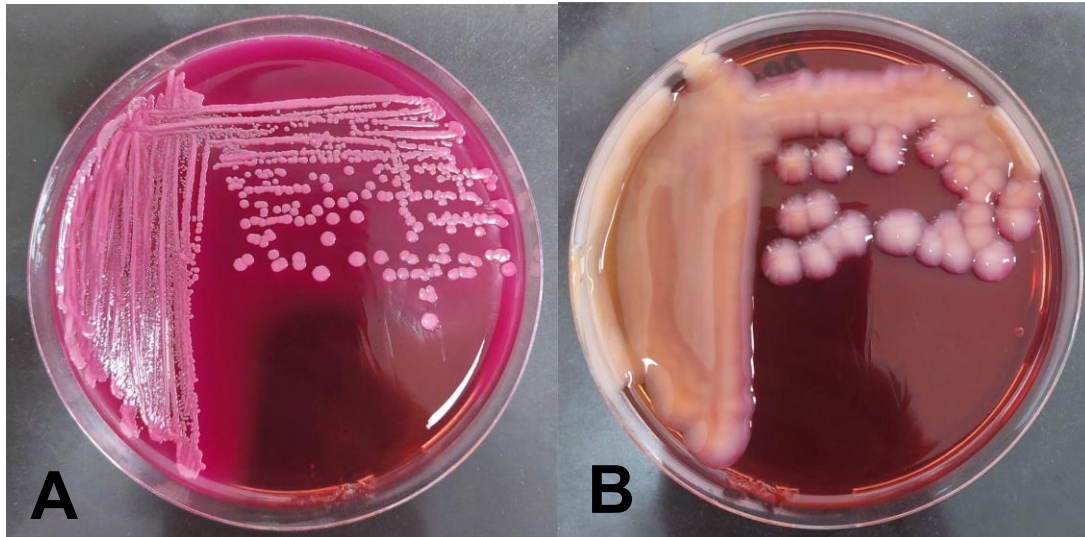


Figura 2. Cultivo en placa de agar MacConkey pasadas las 24 horas.

*A) Colonias típicas de *Escherichia coli* de color rosado, redondas, brillantes y cremosas de tamaño medianas. B) Colonias típicas de *Klebsiella pneumoniae* de color rosado, redondas, brillantes y mucosas de tamaño grande. Fuente: Gómez & Rodríguez, 2024.

A partir de la metodología realizada para aislar *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*, se logró aislar un total de 34 *Escherichia coli*, obteniendo así una mayor frecuencia de esta bacteria en los expendios muestreados, es decir un 34,0%, así mismo, se logró aislar 32 *Klebsiella pneumoniae*, lo que quiere decir que se obtuvo una frecuencia del 32% para esta bacteria (Figura 1).

Las características fenotípicas permitieron la caracterización y diferenciación de las distintas colonias aisladas en agar VRBG y agar MacConkey (Figura 2). En los aislamientos obtenidos en agar VRBG se observaron colonias rojo púrpura y esto ocurre porque el medio de cultivo contiene glucosa y las bacterias son capaces de fermentar este hidrato de carbono, lo que produce la acidificación del medio,

además el rojo neutro es el indicador de pH, lo que lleva a un viraje rojo púrpura; en caso de no fermentar la glucosa, las colonias serán incoloras (Rossi, 2021). Las colonias en agar MacConkey contiene un indicador de pH que se vuelve rosa en condiciones ácidas, por lo tanto las bacterias fermentadoras de lactosa forman colonias rosadas, esto se debe a que la fermentación de lactosa genera subproductos ácidos que reducen el pH, lo cual provoca que el indicador se torne rosado (Jung & Hoilat, 2022).

Requena *et al.* (2021) estudió la detección fenotípica y genotípica de la producción de carbapenemasas en enterobacterias inoculándolos en agar MacConkey e incubando a una temperatura de 37°C durante 24 y 48 horas. Requena, explica que la morfología macroscópica de las colonias es de color roja a rosada indicando la metabolización de la lactosa debido al rojo neutro (indicador de pH). Sin embargo, Ogura *et al.* (2018) evaluó el crecimiento de enterobacterias en agar VRBG formando colonias color púrpura rojo, con un tamaño de aproximadamente de 0,5 mm y la presencia de precipitación de un complejo compuesto de rojo neutro y sales biliares.

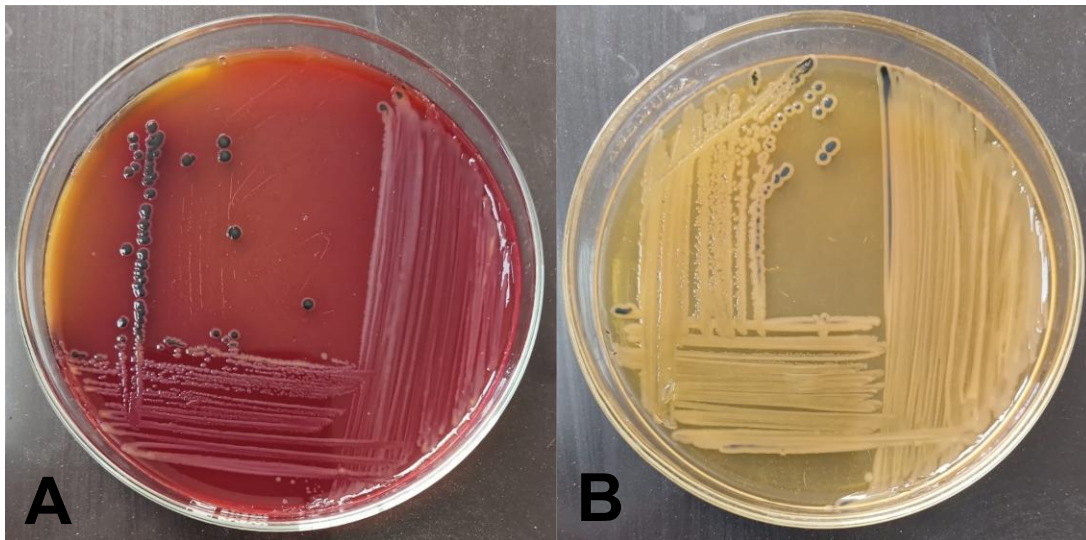


Figura 3. Cultivo en placa de agar SS y XLD pasadas las 24 horas.

*A) Colonias típicas de *Salmonella* spp., de color rojo con centro negro de tamaño medianas en placa de agar XLD B) Colonias típicas de *Salmonella* spp., ligeramente coloreada de beige similar a un ojo. Fuente: Gómez & Rodríguez, 2024.

Salmonella spp., fue la bacteria menos frecuente de los microorganismos objetivos en este estudio, ya que solo se logró aislar en una muestra de todos los quesos analizados, lo cual representa una frecuencia del 1% entre los aislados obtenidos (Figura 1).

Las características fenotípicas permitieron la caracterización y diferenciación de las distintas colonias aisladas en agar SS y agar XLD (Figura 3). En el caso de agar SS, *Salmonella* spp., no fermenta lactosa por esta razón presenta colonias incoloras con centro negro, de igual manera, las colonias presentes en agar XLD son colonias rojas con centro negro debido a la producción de ácido sulfhídrico (H₂S), este puede producir colonias con un centro negro grande o colonias casi completamente negras (González et al., 2014). Karim et al. (2020) coincide con la

información al reportar que *Salmonella* spp., formó colonias lisas, pequeñas y redondas con centro negro en agar SS. Evangelopoulou et al. (2024) estudió las expresiones culturales distintivas de enterobacterias que interfieren con el aislamiento de *Salmonella* inoculados en agar SS y XLD. Evangelopoulou explica que las características fenotípicas de las colonias en agar SS son transparentes con centro negro, así mismo, en agar XLD son de color rojo con centro negro debido a la producción de H₂S. Esta información coincide con Suhartono et al. (2021) que en su estudio aislaron *Salmonella* en agar SS presentando colonias incoloras lisas y opacas o traslucida con centros negro.

En un análisis comparativo de las pruebas bioquímicas realizadas, se observaron diferencias clave entre *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Salmonella* spp.

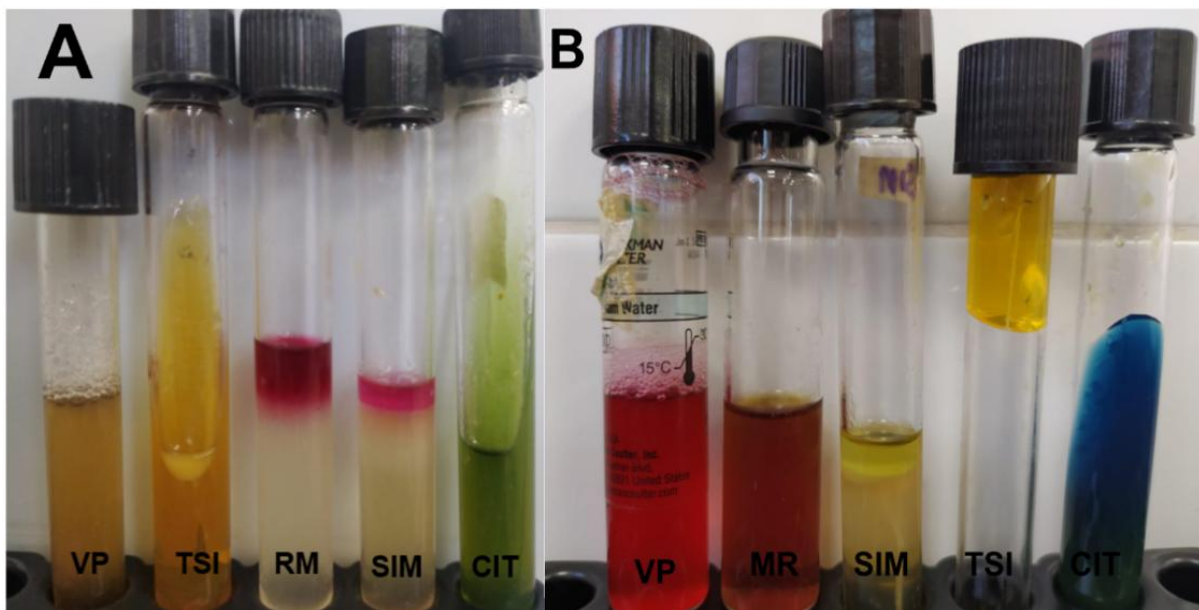


Figura 4. Pruebas bioquímicas realizadas a *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*.

VP: voges proskauer, TSI: triple azúcar hierro, RM: rojo de metilo, SIM sulfuro de hidrógeno, indol, movilidad y CIT: citrato. A) *Escherichia coli*. B) *Klebsiella pneumoniae*. Fuente: Gómez & Rodríguez,

2024.

Los aislados de *Escherichia coli* fueron positivos en las pruebas de indol, rojo de metilo, movilidad y en la prueba de triple azúcar hierro, donde se evidenció la producción de ácido y gas, mientras que resultaron negativos en las pruebas de oxidasa, Voges-Proskauer, citrato y en la producción de H₂S. Por otro lado, *Klebsiella pneumoniae* mostró resultados negativos para indol, rojo de metilo, movilidad, y en la prueba de de triple azúcar hierro no se evidenció producción de gas, ni H₂S, aunque sí se evidenció la producción de ácido; en contraste, fue positiva para las pruebas de Voges-Proskauer y citrato.

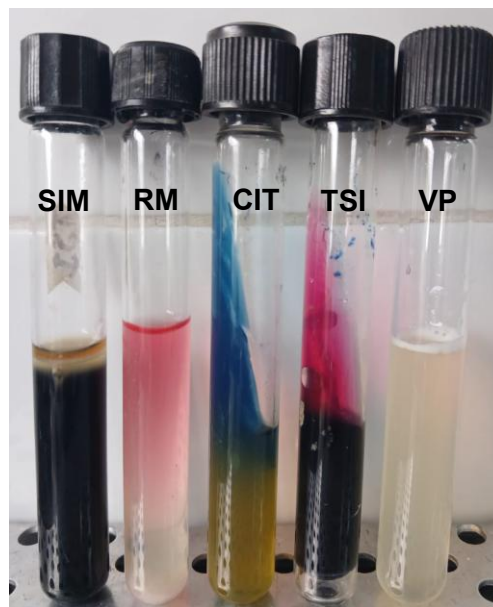


Figura 5. Pruebas bioquímicas realizadas a *Salmonella* spp.

VP: voges proskauer, TSI: triple azúcar hierro, RM: rojo de metilo, SIM: sulfuro de hidrógeno, indol, movilidad y CIT: citrato. Fuente: Gómez & Rodríguez, 2024.

Finalmente, los aislados de *Salmonella* spp., resultaron positivos en las pruebas de rojo de metilo, movilidad, citrato y en la prueba de triple azúcar hierro, donde se observó

producción de ácido, gas y H₂S; sin embargo, fueron negativos para indol, Voges-Proskauer y oxidasa.

Tabla 1. Pruebas bioquímicas realizadas a las diferentes cepas aisladas de muestras de queso costeño.

Especie identificada	Pruebas bioquímicas									
	OXI	IND	VP	MR	CIT	MOV	TSI	GAS	H ₂ S	
<i>Escherichia coli</i>	-	+	-	+	-	+	A/A	+	-	
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	-	-	+	-	+	-	A/A	-	-	
<i>Salmonella</i> spp	-	-	-	+	+	+	K/A	-	+	
<i>Enterobacter cloacae</i>	-	-	+	+	+	+	A/A	+	-	
<i>Enterobacter cloacae complex</i>	-	-	+	-	+	+	A/A	+	-	
<i>Enterobacter hormaechei</i>	-	-	+	+	+	+	A/A	+	-	
<i>citrobacter freundii</i>	-	-	-	+	+	+	K/A	+	+	
<i>citrobacter braaki</i>	-	+	-	+	+	+	A/A	-	-	
<i>Enterobacter kobei</i>	-	-	+	-	+	+	A/A	-	-	
<i>Escherichia hermani</i>	-	+	-	+	-	+	A/A	+	-	
<i>Proteus mirabilis</i>	-	-	-	+	-	+	K/A	-	+	
<i>Providencia stuartii</i>	-	+	-	+	+	+	A/A	-	+	
<i>Proteus hauseri</i>	-	+	-	+	+	+	K/A	-	+	

(+): Positivo, (-): Negativo, OXI: oxidasa, IND: indol, VP: voges proskauer, MR: rojo de metilo, CIT: citrato, MOV: movilidad, TSI: agar hierro triple azúcar. Fuente: Gómez & Rodríguez, 2024.

El queso costeño al ser un alimento susceptible a la contaminación debido

a sus métodos de producción y almacenamiento, la presencia de bacterias patógenas siendo las comunes las Enterobacteriaceae. Las enterobacterias capaces de fermentar lactosa pueden realizar fermentaciones indeseables pero de igual manera Centeno & Carballo (2023) observaron una gran diversidad de bacterias como *Proteus*, *Morganella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Hafnia* y *Serratia*; así mismo Possas et al. (2021) menciona que *L. Monocytogenes*, *Salmonella* spp., *S. aureus* y *Escherichia coli* son los principales patógenos transmitidos por alimentos según diferentes estudios, siendo la leche cruda la principal razón de la presencia de bacterias en el producto.

7.2. Prueba confirmatoria (MALDI-TOF)

Se llevaron a identificar por medio de MALDI-TOF los 100 aislamientos obtenidos, posterior a la realización de las pruebas bioquímicas convencionales, de estos 100 aislamientos se obtuvieron 34 *Escherichia coli*, 32 *Klebsiella pneumoniae* y 1 *Salmonella* spp., además se aisló 1 *Escherichia hermannii*, 25 bacterias del género *Enterobacter*, 3 del género *Citrobacter*, 3 del género *Proteus* y 1 del género *Providencia*.

Figura 6.

Identificación de Escherichia coli por MALDI-TOF

Microorganismo aislado:	Escherichia coli
Método de identificación:	MALDI-TOF

Figura 7.

Identificación de Klebsiella pneumoniae por MALDI-TOF

Microorganismo aislado:	Klebsiella pneumoniae
Método de identificación:	MALDI-TOF

Figura 8.

Identificación de Salmonella spp. por MALDI-TOF.

Microorganismo aislado:	Salmonella spp
Método de identificación:	MALDI-TOF

Con el uso de la Matrix assisted Laser Desorption ionization - Time Of Flight (MALDI-TOF) se ha evolucionado el diagnóstico microbiológico para la identificación rápida y precisa de microorganismos patógenos. Estudios recientes han demostrado que MALDI-TOF tiene una alta precisión en la identificación de especies bacterianas, con tasas de concordancia aproximadas al 95% en comparación con métodos fenotípicos estándar (Haider et al., 2023).

Elbehiry et al. (2022) menciona que la tecnología es mucho más precisa y rápida en la identificación de microorganismo que otras técnicas convencionales y moleculares pero la detección por MALDI-TOF puede verse afectada si hay especies que son similares entre sí y las que no se encuentran en la base de

datos, de igual manera Chen et al. (2021) menciona que la espectrometría de masas MALDI-TOF puede identificar correctamente a la mayoría de bacterias patógenas debido a la calidad de la base de datos utilizada y la capacidad que tiene para actualizarse, sin embargo, se ha encontrado que este método presenta dificultades en la identificación de especies con espectro de masas muy similares.

7.3. Susceptibilidad y resistencia de las cepas aisladas

Del total de las cepas aisladas e identificadas se evaluaron 61 bacterias con el fin de observar el comportamiento ante las pruebas de susceptibilidad frente 15 discos de antibióticos, expresando los resultados en categoría de interpretación de: sensible (S), intermedio (I) y resistente (R) con base en el diámetro de los halos formados alrededor de cada uno de los sensidiscos según el Instituto de Estándares clínicos y de Laboratorio (CLSI) (Anexo 5).

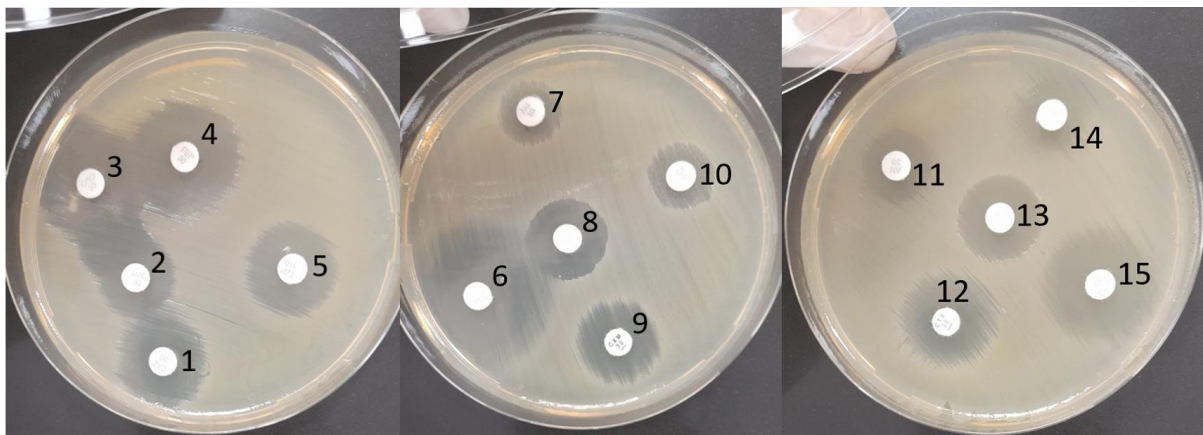


Figura 9. Prueba de susceptibilidad de *Escherichia coli* frente a 15 discos de antibióticos.

1. Ceftazidima (CAZ), 2. Amoxicilina/ácido clavulánico (AMC), 3. Ceftriaxona (CRO), 4. Cefepima (FEP), 5. Piperacilina/tazobactam (TZP), 6. Ciprofloxacina (CIP), 7. Ampicilina (AMP), 8. Ácido nalidíxico (NAL),

9. Cefuroxima (CXM), 10. Cefalotina (CEP), 11. Amikacine (AMK), 12. Cefotaxima (CTX), 13. Trimetoprim/sulfamethoxazole (SXT) 14. Gentamicina (GEN), 15. Meropenem (MEM).

Fuente: Gómez & Rodríguez, 2024.

De los aislados de *Escherichia coli* se evaluó un total de 18 cepas (n=18), donde se pudo observar un perfil de resistencia bastante variado, es decir para ampicilina (8/18), amoxicilina/ácido clavulánico (2/18), piperacilina/tazobactam (4/18), cefalotina (11/18), cefepima (2/18), cefuroxima (4/18), cefotaxima (10/18), ceftazidima (5/18), ceftriaxona (1/18), ácido nalidíxico (2/18), ciprofloxacina (9/18), gentamicina (4/18), amikacine (9/18), meropenem (2/18) y trimetoprim/sulfamethoxazole (4/18), (Figura 10).

Además, se logró evidenciar que 15 de los 18 aislados de *Escherichia coli*, fueron resistentes por lo menos a un antibiótico, observándose mayor frecuencia de resistencia a cefalotina con un 61,1%, seguido de a cefotaxima, en donde las bacterias aisladas presentaron una resistencia del 55,5%, así mismo, el antibiótico con mayor efectividad fue ceftriaxona, ya que el 88,89% de los aislados fueron sensibles a este.

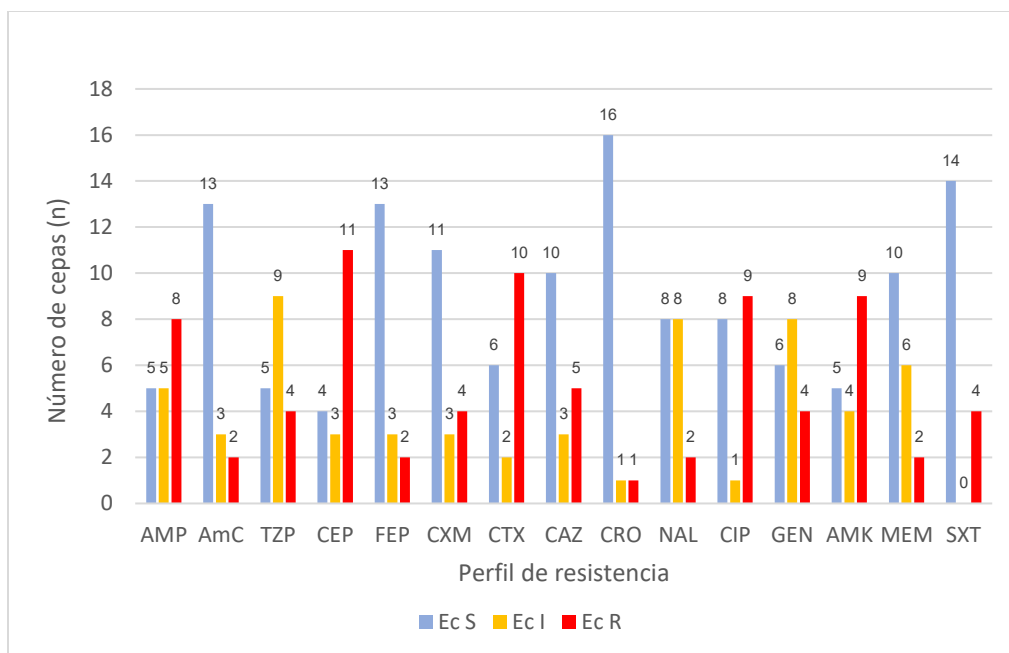


Figura 10. Número de aislados de *Escherichia coli* frente a los 15 antibióticos empleados

Fuente: Gómez & Rodríguez, 2024.

Así mismo se logra observar con los resultados obtenidos que el 44,4% fueron multidrogoresistente (MDR) (Anexo 2). lo que quiere decir que las cepas fueron resistente al menos a un antibiótico de 3 clases (Melano, 2017).

La susceptibilidad antimicrobiana de los aislados de *Escherichia coli* revelaron una variabilidad en la respuesta de las cepas aisladas frente a los distintos antimicrobianos, estos resultados se pueden comparar con unas investigaciones realizadas por Adzitey et al. (2022) quienes estudiaron la susceptibilidad antimicrobiana de *Escherichia coli* revelando una alta tasa de resistencia a antibiótico como amoxicilina pero fueron susceptibles a ciprofloxacina, gentamicina, trimetoprim/sulfamethoxazole y ceftriaxona, lo cual fue similar a las

observaciones realizadas por Adzitey (2020) quien investigó muestras en Ghana mostrando susceptibilidad a amoxicilina/ácido clavulánico, ceftriaxona, ciprofloxacina, gentamicina y trimetoprim/sulfamethoxazole.

Pakbin et al. (2021) realizaron un estudio donde investigaron el patrón de resistencia de *E. coli* obtenidas de muestras de leche cruda y distintos alimentos en Irán. Dentro de este estudio realizaron la prueba de susceptibilidad por la técnica de difusión en disco de Kirby-Bauer, demostrando que los aislamientos de *E. coli* fueron altamente resistente a trimetoprim/sulfamethoxazole (70,8%) y amoxicilina/ácido clavulánico (62,5%); caso similar de esta investigación, donde la mayoría de los aislados de *E. coli* resultaron sensible a trimetoprim/sulfamethoxazole (77,8%) y amoxicilina/ácido clavulánico (72,2%).

La resistencia de *Escherichia coli* a diferentes antibióticos es de gran preocupación debido a que estos cumplen un papel importante en el tratamiento de infecciones bacterianas al disminuir la mortalidad y morbilidad, sin embargo, el uso inadecuado de estos mismos puede ser contraproducente (Intra et al., 2023). Anteriormente esta bacteria solía ser susceptible a casi todos los antibióticos relevantes utilizados en clínica, pero en los últimos años debido al uso continuo de estos antibióticos ha generado genes de resistencia, lo cual se ha convertido en una problemática alarmante (Musa et al., 2020).

La susceptibilidad antimicrobiana de *Klebsiella pneumoniae* se evidenció con un halo alrededor del sensidisco, lo que indica si la bacteria es sensible o resistente a los diferentes antibióticos empleados.

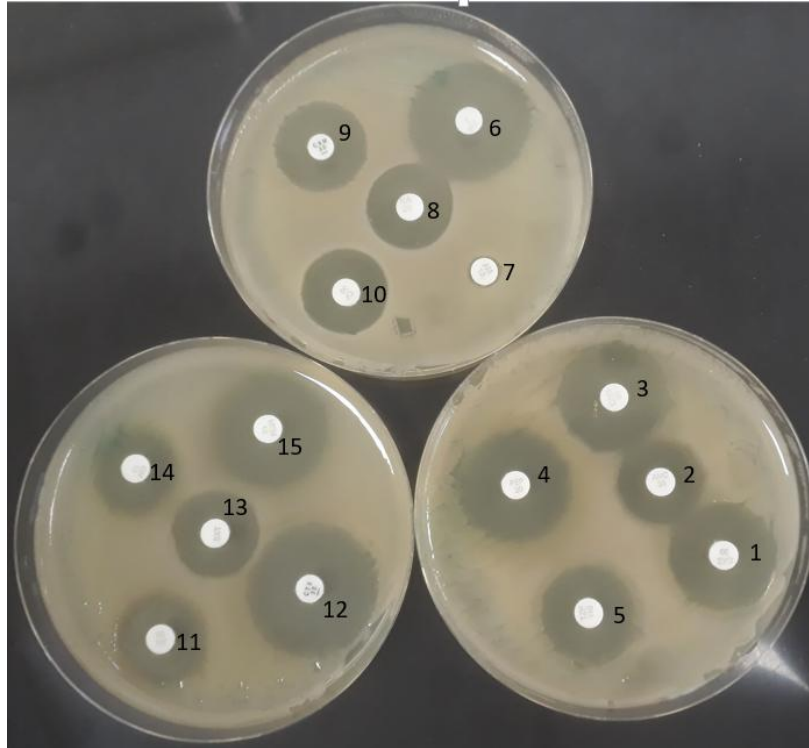


Figura 11. Prueba de susceptibilidad de *Klebsiella pneumoniae* frente a 15 discos de antibióticos.

1. Ceftazidima (CAZ), 2. Amoxicilina/ácido clavulánico (AMC), 3. Ceftriaxona (CRO), 4. Cefepima (FEP), 5. Piperacilina/tazobactam (TZP), 6. Ciprofloxacina (CIP), 7. Ampicilina (AMP), 8. Ácido nalidíxico (NAL), 9. Cefuroxima (CXM), 10. Cefalotina (CEP), 11. Amikacina (AMK), 12. Cefotaxima (CTX), 13. Trimetoprim/sulfametoxazole (SXT) 14. Gentamicina (GEN), 15. Meropenem (MEM).

Fuente: Gómez & Rodríguez, 2024.

Para *Klebsiella pneumoniae* se evaluaron 24 cepas (n=24), las cuales mostraron un amplio espectro de resistencia a ampicilina (22/24), es decir, el 91,6% de los aislados fueron resistentes a este antibiótico. Así mismo, el 50% de esta bacteria fue resistente para cefotaxima (12/24), sin embargo, los aislados mostraron una resistencia con menos del 50% para los demás antibióticos empleados, es decir, amoxicilina/ácido clavulánico (6/24), piperacilina/tazobactam

(11/24), cefalotina (11/24), cefepima (2/24), cefuroxima (8/24), ceftazidima (2/24), ceftriaxona (5/24), ácido nalidíxico (10/24), ciprofloxacina (9/10), gentamicina (8/24), amikacine (10/24), meropenem (8/24) y trimetoprim/sulfamethoxazole (7/24). Además, se logró observar que los antibióticos con más efectividad fueron trimetoprim/sulfamethoxazole, amoxicilina/ácido clavulánico y ceftazidima, esto debido a que los aislados presentaron una sensibilidad del 83,3% a estos tres antibióticos. (Figura 12).

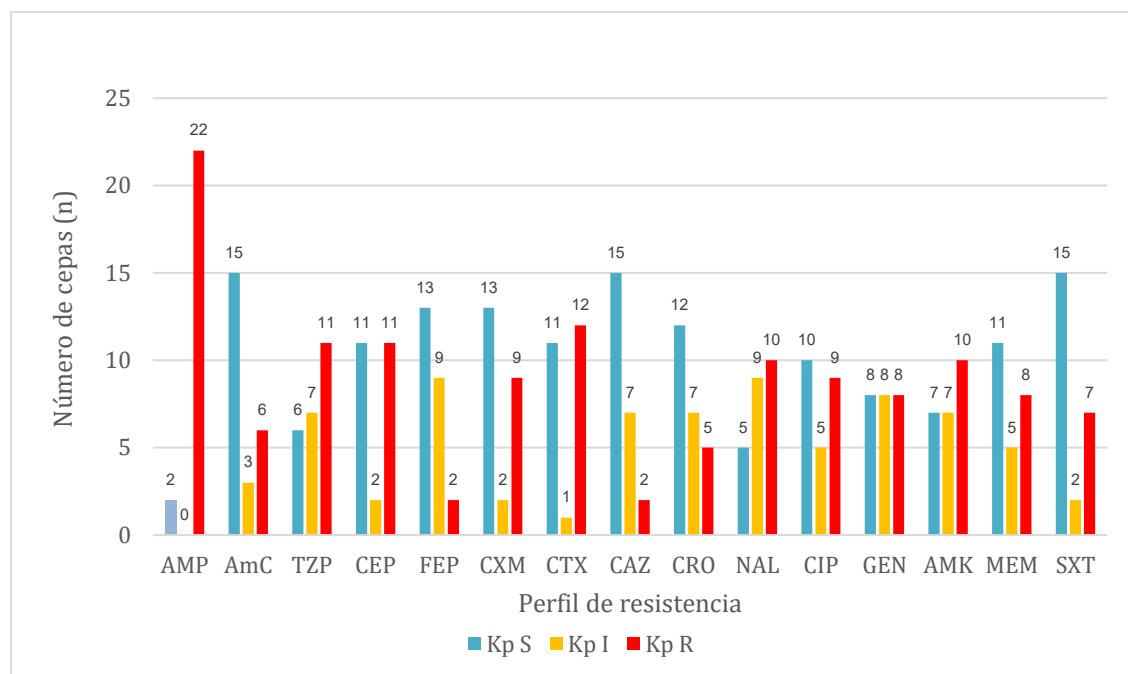


Figura 12. Número de aislados de *Klebsiella pneumoniae* frente a los 15 antibióticos empleados.

Fuente: Gómez & Rodríguez, 2024.

De los aislados de esta bacteria el 37,5% fueron multidrogoresistentes (MDR) y el 12,5% fueron tuvieron resistencia extrema (XDR), lo que quiere decir que fueron resistentes al menos a un antibiótico en todas las clases a excepción

de 2 (Melano, 2017).

Las cepas de *Klebsiella pneumoniae* son consideradas como uno de los patógenos oportunistas involucrados en la diseminación de la resistencia antimicrobiana. Esto ha generado preocupación en ámbitos clínicos y ambientales, incluyendo la industria alimentaria, debido al potencial de riesgo que tiene de ser transmitida a través de los alimentos. Håkonsholm et al. (2020) evaluó la resistencia antimicrobiana de *Klebsiella pneumoniae*, observando resistencia a cefuroxima y cefotaxima, lo que subraya su relevancia en la diseminación de resistencia antimicrobiana a través de los alimentos. De manera similar, Rodríguez et al. (2022) estudiaron la prevalencia de *Klebsiella pneumoniae* en productos alimenticios, sometiéndolos a pruebas de resistencia antimicrobiana, y observaron una alta tasa de resistencia a trimetoprim/sulfamethoxazole.

Sin embargo, nuestros resultados difieren de estos estudios, ya que observamos una alta susceptibilidad de *Klebsiella pneumoniae* a trimetoprim/sulfamethoxazole y resistencia a ampicilina y cefotaxima en los aislamientos obtenidos.

Esta bacteria tiene la capacidad de degradar la ampicilina gracias a mecanismo llamado resistencia natural o intrínseca, en donde un gen que codifica una enzima específica y anula la efectividad del antibiótico (OMS, 2024). Sin embargo de las 24 muestras estudiadas para *Klebsiella pneumoniae* 2 fueron sensibles a antibióticos algo inusual pero que puede darse por algunas mutaciones, por ejemplo, un estudio realizado por Fu et al (2007) en una provincia de china, lograron evidenciar que de las muestras analizadas de *Klebsiella pneumoniae* 20

de ellas (14,2%) fueron sensibles a ampicilinas, 19 de estas no contaban con el gen *bla_{shv}* por mutaciones puntuales en los nucleótidos y en la otra cepa se encontró un codón de terminación prematuro, esto pasa cuando un codón normal se convierte en un stop, lo que hace que se detenga la síntesis proteica y se tiene una proteína truncada. De manera similar otro estudio realizado por Ibrahim et al (2020) en Irakú, hicieron un estudio sobre la resistencia de esta bacteria frente varios antibióticos y demostraron que de las cepas aisladas el 3,1% era sensible a ampicilina.

Además, se logró observar que el 33,3% (8/24) de los aislados de *Klebsiella pneumoniae* fueron resistente a Meropenem, lo cual es un hallazgo significativo ya que esto limita severamente las opciones de tratamiento ya que este se trata de un grupo de última línea frente a infecciones severas (Karampatakis, 2023).

Sin embargo, podemos ver que éstas cepas resistentes a meropenem fueron sensibles a otros antibióticos, lo cual es un caso muy inusual teniendo en cuenta que es un antibiótico de amplio espectro, así mismo, muchas cepas no producen carbapenemasas, pero puede exhibir resistencia a los carbapenémicos a través de una combinación de mutaciones cromosómicas, como mutación del gen de porina, sobreproducción de bomba de eflujo y/o alteraciones en la estructura celular como la proteína de unión (Lee et al., 2024).

Un estudio realizado por Elkady (2024) en Egipto, ellos lograron aislar el 54% de *Klebsiella pneumoniae* resistentes a meropenem y sensibles a otros antibióticos, además, 12 de los aislados obtenidos no presentaron el gen carbapenemasas lo

cual puede explicar por qué algunos son sensibles a otros antibióticos.

La susceptibilidad antimicrobiana de *Salmonella* spp., es un tema importante debido a su capacidad para causar enfermedades en humanos a través del consumo de alimentos contaminados, por esta misma razón es importante que se evalúe y se lleve a cabo un monitoreo de las diferentes etapas del proceso de producción de alimentos, para así evitar infecciones causadas por este microorganismo patógeno (Tîrziu et al., 2020).

La cepa obtenida de *Salmonella* spp., también se evaluó con el fin de observar el comportamiento ante las pruebas de susceptibilidad frente 4 discos de antibióticos.

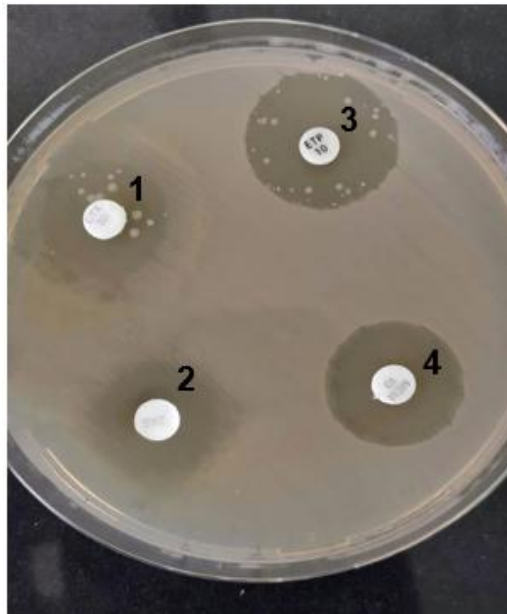


Figura 13. Prueba de susceptibilidad de *Salmonella* spp., frente a 4 discos de antibióticos.

1. Cefotaxima (CTX), 2. Trimetoprim/sulfametoxazole (SXT), 3. Ertapenem (ETP), 4. Meropenem (MEM)

Fuente: Gómez & Rodríguez, 2024.

El perfil de resistencia de *Salmonella* spp., muestra una resistencia a cefotaxima y ertapenem, sin embargo, presentó susceptibilidad intermedia a meropenem y trimetoprim/sulfamethoxazole (Figura 14).

Especie bacteriana	CTX	MEM	SXT	ETP
<i>Salmonella</i> spp	R	I	I	R

Fuente: Gómez & Rodríguez, 2024.

Figura 14. Perfil de resistencia de *Salmonella* spp., frente a 4 antibióticos.

Las bacterias del género *salmonella*, es uno de los principales patógenos transmitido por alimentos y con un gran impacto en la salud pública; varios estudios describen el aumento del perfil de resistencia de *salmonella* a diferentes antibióticos empleados en clínica, lo cual se ha convertido en una problemática preocupante ya que esto puede repercutir tanto en la salud humana y animal, por ende, también afectar el sector económico (Ortiz, 2021). Por esta misma razón es importante que se evalúe y se lleve a cabo un monitoreo de las diferentes etapas del proceso de producción de alimentos, para así evitar infecciones causadas por este microorganismo patógeno (Tîrziu et al., 2020).

Una investigación realizada en el país de Chile, aislaron *salmonella enterica* de alimentos y evaluaron el perfil de resistencia de esta bacteria frente a betalactámicos, en donde el 96% de las cepas estudiadas fueron resistentes a Ampicilina; en este estudio también se menciona que todas las cepas evaluadas contenían el gen *bla*_{CTX-M}, el cual es responsable de conferir esta resistencia a antibióticos betalactámicos. (Paredes et al., 2020).

Nuestro estudio difiere con uno realizado por Valencia, G. (2022) en donde se describe que los aislamientos de *Salmonella* obtenidos a partir de huevos de gallinas, fueron resistentes a antibióticos como trimetoprima-sulfametoxazol, además, el autor afirma que estas características de *Salmonella* puede deberse a la captación de un nuevo material genético o a mutaciones en el cromosoma bacteriano, así mismo, dice que esta problemática ha avanzado progresivamente en los últimos años gracias al uso inadecuado de los antimicrobianos.

Así mismo, también se evaluó la susceptibilidad antimicrobiana de los aislados de *Enterobacter* spp., y *Citrobacter* spp. (Figura 15).

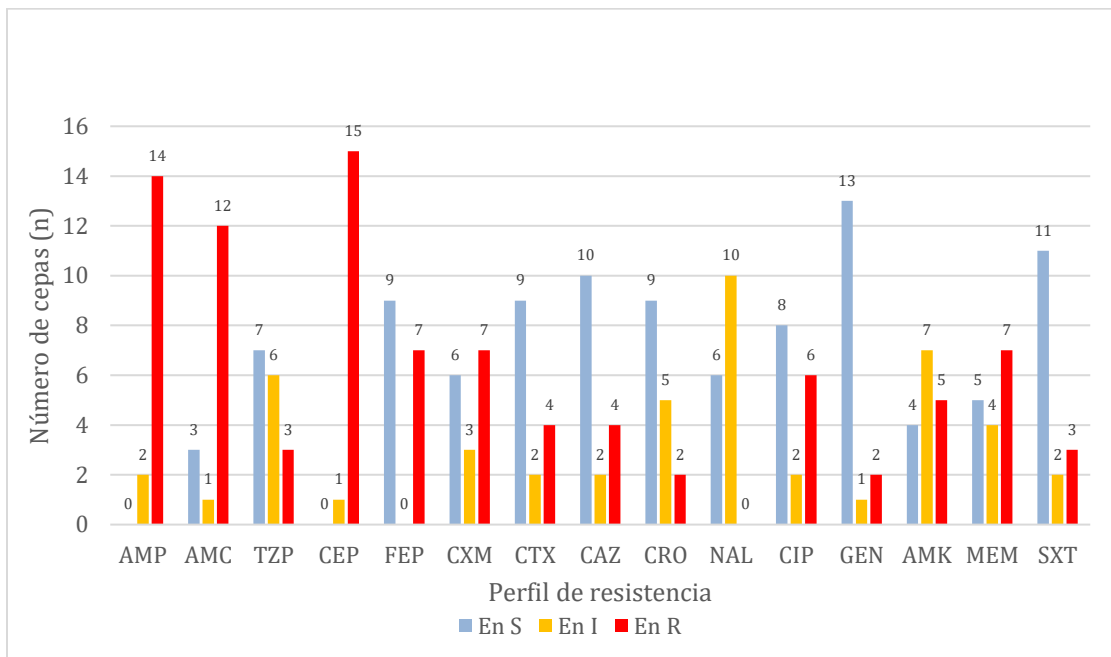


Figura 15. Número de aislados de *Enterobacter* spp., frente a los 15 antibióticos empleados.

Para *Enterobacter* spp., se evaluaron 16 cepas (n=16), las cuales

mostraron un amplio espectro de resistencia a ampicilina (14/16), es decir, el 87,5% de los aislados fueron resistentes a este antibiótico; de igual manera, presentó que el 93,8% fue resistente para cefalotina (15/16). Sin embargo, estas cepas presentaron una sensibilidad del 81,3%, a gentamicina (13/16/) y el 68,6% a trimetoprim/sulfamethoxazole (11/16).

Los aislamientos de *Citrobacter* spp. mostraron un perfil de resistencia del 100% para ampicilina (2/2) y 100% para cefalotina (2/2), así mismo, los antibióticos con mayor efectividad fue cefuroxima y ciprofloxacina, ya que el 100% de los aislados fueron sensibles a estos antibióticos.

La producción de betalactamasas es uno de los mecanismos más comunes de resistencias de estas bacterias ya que impiden la actividad antimicrobiana hidrolizando el anillo betalactámico, el cual es parte de la estructura central de varios grupos de antibióticos (Lepe et al., 2022). La resistencia de estas bacterias también puede relacionarse a otros factores, como el mecanismo de eflujo de antibióticos, que en el caso de las bacterias gram negativas su membrana externa es una de las claves para este tipo de resistencia, gracias a los lipopolisacáridos (Parmanik et al., 2022). Este último, también es uno de los mecanismos fundamentales que usan las bacterias frente a los aminoglucósidos, además de la modificación de su punto diana, limitando la unión de los antibióticos a este sitio. (Lepe et al., 2022).

La resistencia bacteriana a los antibióticos representa una amenaza, ya que limita la eficacia de los tratamientos y aumenta el riesgo de infecciones graves, como

consecuencia a esto, aumenta la morbimortalidad; esto es la principal causa de la aparición de bacterias resistentes por el uso excesivo e indebido de los antibióticos (OMS, 2024).

8. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos se pudo observar que en las 100 muestras analizadas se logró aislar en mayor cantidad *Escherichia coli* con un 34% y *Klebsiella pneumoniae* con un 32%, sin embargo, *Salmonella* spp., solo se logró aislar en el 1% de las muestras estudiadas.

En cuanto a la prueba de susceptibilidad, se logró evidenciar que los aislados de *Escherichia coli* fueron más resistentes a cefalotina y cefotaxima, de igual forma, los aislados de *Klebsiella pneumoniae* presentaron más resistencia a ampicilina y cefotaxima, cabe destacar que todos los aislados de *Klebsiella pneumoniae*, fueron resistente a por lo menos 1 antibiótico. Así mismo, la cepa de *Salmonella* spp., fue resistente a 2 de los 4 antibióticos empleados, es decir a cefotaxima y ertapenem.

Esto resalta la importancia de reforzar el control en el uso inadecuado de antibióticos en la industria, así como de adoptar medidas de higiene en la producción y manipulación del queso para minimizar la carga microbiana, ya que esto representa un riesgo significativo para la salud pública, debido a la presencia de patógenos resistentes a los antibióticos que pueden limitar las opciones de tratamiento para las enfermedades transmitidas por alimentos, lo que puede llevar al aumento de la morbilidad y mortalidad.

También se observó que la técnica automatizada (MALDI-TOF) usada en la identificación de los microorganismos fue eficiente, obteniendo la identificación de las 100 cepas de Enterobacterales como *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*,

Salmonella spp., y demás Enterobacterales.

Los resultados obtenidos en esta investigación aportan conocimiento sobre la resistencia de los microorganismos aislados en alimentos frente a los diferentes antibióticos empleados en clínica, problemática que puede ser atribuida al uso indiscriminado de antibióticos en el ganado bovino, lo que favorece la selección de cepas resistentes.

9. RECOMENDACIONES

Verificar la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en el proceso de elaboración del queso costeño, con el objetivo de prevenir la contaminación por bacterias patógenas resistentes a los antibióticos y su diseminación a lo largo de la cadena alimentaria.

Implementar programas de monitoreo de calidad microbiológica para detectar a tiempo la presencia de patógenos y una evaluación periódica de la higiene de los trabajadores.

Realizar un estudio más amplio sobre la determinación de susceptibilidad con nuevos antimicrobianos en diferentes tipos de queso costeño.

Realizar pruebas moleculares para la identificación de los genes de resistencia de bacterias aisladas en muestras de alimentos.

Llevar a cabo la determinación de BLEE en *Enterobacterales* aislados en muestras de queso.

Extender los estudios microbiológicos a otros alimentos asociados al queso y otras bacterias patógenas, con el fin de tener una visión más amplia sobre la importancia de la resistencia de las bacterias a los antibióticos en el sector alimentario.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, D., Jaimes, J. D.C.& Espitia, C. R. (2015). Efecto de la adición de lactosuero al queso costeño amasado. *Información Tecnológica*, 26 (2), 11-16. https://doi.org/10.4067/S0718_07642015000200003.
- Adeolu, M., Alnajar, S., Naushad, S., & S. Gupta, R. (2016). Genome-based phylogeny and taxonomy of the 'Enterobacteriales': proposal for Enterobacterales ord. nov. divided into the families Enterobacteriaceae, Erwiniaceae fam. nov., Pectobacteriaceae fam. nov., Yersiniaceae fam. nov., Hafniaceae fam. nov., Morganellaceae fam. nov., and Budviciaceae fam. nov. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 66(12), 5575-5599.
- Adzitey, F. (2020). Incidence and antimicrobial susceptibility of Escherichia coli isolated from beef (meat muscle, liver and kidney) samples in Wa Abattoir, Ghana. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), 1718269. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1718269>
- Adzitey, F., Yussif, S., Ayamga, R., Zuberu, S., Addy, F., Adu-Bonsu, G., Huda, N., & Kobun, R. (2022). Antimicrobial Susceptibility and Molecular Characterization of Escherichia coli Recovered from Milk and Related Samples. *Microorganisms*, 10(7), 1335. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10071335>
- Aguilar Martínez, Á. P., & Picón Illescas, C. I. (2024). Determinación de antibióticos betalactámicos en sangre de bovino, mediante cromatografía líquida reversa [Tesis de pregrado. Universidad Politécnica Salesiana].

[.http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28379](http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28379)

Aliño Santiago, M., López Esquirol, J., Navarro Fernandez, R. y Duperval Maletá, P. (2007). Aminoglucósidos: mirada actual desde su historia. *Revista Cubana de Pediatría*, 79(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-7531200700020000

Alós, J. I. (2009). Quinolones. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 27(5), 290-297. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2009.03.001>

Arteaga-Márquez, M. R., Hernández-Hernández, H. L., & Peñate-Quiroz, C. D. (2020). Elaboración de un queso procesado tipo untable obtenido a partir de queso costeño. *Información Tecnológica*, 31(2), 187-194. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642020000200187>

Barilli, E., Vismarra, A., Frascolla, V., Rega, M., & Bacci, C. (2020). *Escherichia coli* strains isolated from retail meat products: evaluation of biofilm formation ability, antibiotic resistance, and phylogenetic group analysis. *Journal of Food Protection*, 83(2), 233-240.

Bautista Romero, K. L., Hernández Cruz, E., Poblete López, T. M., & Cruz Navarrete, E. (2025). Detección de Enterobacterias en Hortalizas Expendidas en Mercados Populares de dos Municipios de Guerrero. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 7737-7751. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15459

Bhardwaj, K., Shenoy, S., Baliga, S., Unnikrishnan, B., Baliga, B. S., & Shetty, V. K. (2021). Research Note: Characterization of antibiotic resistant phenotypes and

- linked genes of *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* from healthy broiler chickens, Karnataka, India. *Poultry Science*, 100(6), 101094.
- Boussekey, N., & Alfandari, S. (2007). Aminoglucósidos. *EMC - Tratado de Medicina*, 11(1), 1-4. [https://doi.org/10.1016/s1636-5410\(07\)70656-6](https://doi.org/10.1016/s1636-5410(07)70656-6)
- Brouwers, R., Vass, H., Dawson, A., Squires, T., Tavaddod, S., & Allen, R. J. (2020). Stability of β -lactam antibiotics in bacterial growth media. *PloS one*, 15(7), e0236198. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236198>
- Bush, K., & Jacoby, G. H. (2010). Updated Functional Classification of β -Lactamases. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 54(3), 969-976. <https://doi.org/10.1128/aac.01009-09>
- Carrillo Alduenda, J. L., Flores Muerrieta, F. J., & Rodríguez Alcocer, A. N. (2018). Actualización en la prescripción de fluoroquinolonas. *Medicina Interna de México*, 34(1). <https://doi.org/10.24245/mim.v34i1.1429>
- Celestino, C. A., Rocca, M. F., Ayala, S. M., Irazú, L., & Escobar, G. I. (2023). First Argentine database for the accurate identification of *Brucella* to species level by MALDI-TOF MS. *Acta Tropica*, 248, 107036. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2023.107036>
- Centeno, J. A., & Carballo, J. (2023). Current Advances in Cheese Microbiology. *Foods*, 12(13), 2577. <https://doi.org/10.3390/foods12132577>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2019). Antibiotic resistance threats in the United States, 2019. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services,

CDC; 2019.

Chen, X., Hou, X., Xiao, M., Zhang, L., Cheng, J., Zhou, M., Huang, J., Zhang, J., Xu, Y., & Hsueh, P. (2021). Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time of Flight Mass Spectrometry (MALDI-TOF MS) Analysis for the Identification of Pathogenic Microorganisms: A Review. *Microorganisms*, 9(7), 1536. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9071536>

Clinical and Laboratory Standards Institute. (28 de febrero de 2024). *M100. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing*. https://www.darvashco.com/wp-content/uploads/2024/07/CLSI-2024_compressed-1.pdf

Dantas-Palmeira & Neto-Ferreira HM. (2020). Extended-Spectrum beta-lactamase (ESBL)-Producing Enterobacteriaceae in cattle production - a threat around the world. *Heliyon*, 6(1), 20. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03206>.

Decreto 616 de 2006 [Ministerio de la Protección Social]. Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendia, importe o exporte en el país. 26 de febrero de 2006.

Elawady, B. A., Mahmoud, N. R., Badawi, H. E., Badr, A. E. E., & Gohar, N. M. (2024). Antimicrobial activity of cefepime-tazobactam combination against extended spectrum beta-lactamase and/or AmpC beta-lactamase-producing gram-negative bacilli. *BMC Infectious Diseases*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12879-024->

09296-y

Elbehiry, A., Aldubaib, M., Abalkhail, A., Marzouk, E., ALbeloushi, A., Moussa, I., Ibrahim, M., Albazie, H., Alqarni, A., Anagreyyah, S., Alghamdi, S., & Rawway, M. (2022). How MALDI-TOF Mass Spectrometry Technology Contributes to Microbial Infection Control in Healthcare Settings. *Vaccines*, 10(11), 1881. <https://doi.org/10.3390/vaccines10111881>

Elkady, F. M., Badr, B. M., Alfeky, A.-A. E., Abdulrahman, M. S., Hashem, A. H., Al-Askar, A. A., AbdElgayed, G., & Hashem, H. R. (2024). Genetic Insights on Meropenem Resistance Concerning *Klebsiella pneumoniae* Clinical Isolates. *Life*, 14(11), 1408. <https://doi.org/10.3390/life14111408>

Escobar, S., Albuja, A., Tene, K., Jara, H., & Ramírez, J. (2023). ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO y RESISTENCIA a ANTIMICROBIANOS DEL QUESO FRESCO QUE SE EXPENDE EN UN MERCADO, DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA. *Perfiles*, 1(30), 13-23. <https://doi.org/10.47187/perf.v1i30.223>

European Food Safety Authority, & European Centre for Disease Prevention and Control. (2021). The European Union Summary Report on Antimicrobial Resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2018/2019. *EFSA Journal*, 19(4), e06490.

Evangelopoulou, G., Burriel, A. R., & Solomakos, N. (2024). Distinctive Culture Expressions of Enterobacteria Interfering with Isolation of *Salmonella* spp. during the Application of the Recommended ISO 6579-1:2017. *Applied Sciences*, 14(3),

953. <https://doi.org/10.3390/app14030953>

Farfán, A., Ariza, S., Vargas F., Vargas L. (2016). Mecanismos de virulencia de *Escherichia coli* enteropatógena. *Revista Chilena Infectol*, 33(4), 438-450. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rci/v33n4/art09.pdf>

Fernández-Villa, D., Aguilar, M. R., & Rojo, L. (2019). Folic Acid Antagonists: Antimicrobial and Immunomodulating Mechanisms and Applications. *International Journal Of Molecular Sciences*, 20(20), 4996. <https://doi.org/10.3390/ijms20204996>

FEDEGAN. (2024). Queso de contrabando cuesta 66,6 % menos que el formal en el Cesar. FEDEGAN. https://www.fedegan.org.co/noticias/queso-de-contrabando-cuesta-666-menos-que-el-formal-en-el-cesar?utm_source

Fu, Y., Zhang, F., Zhang, W., Chen, X., Zhao, Y., Ma, J., Bao, L., Song, W., Ohsugi, T., Urano, T., & Liu, S. (2007). Differential expression of bla(SHV) related to susceptibility to ampicillin in *Klebsiella pneumoniae*. *International journal of antimicrobial agents*, 29(3), 344–347. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2006.10.015>

García Rincón, P. A., Grajales Zuleta, A.A, Rodríguez Pérez, W., Ortega Montealegre, M.D, Guaracas Gutiérrez, Y. A. (2021). Determinación de *Salmonella* spp. en expendios de quesillo y queso picado salado destinados para consumo humano en el Caquetá-Colombia. *Revista de ingeniería univalle*. https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competiti

[idad/article/view/11074/15044](#)

- Gómez, J. García Vázquez, E. Hernández Torres, A. (2015). Los betalactámicos en la parte clínica. *Medes. Revista Española de Quimioterapia*, 28(1), 1-9. <https://seq.es/wp-content/uploads/2015/02/gomez.pdf>
- González, J., Pereira, N., Soto, Z., Hernández, E. y Villareal, J. (2014).. Aislamiento microbiológico de *Salmonella* spp. y herramientas moleculares para su detección. *Salud, Barranquilla*, 30(1), pp.73-94. ISSN 2011-7531.
- González, R. E., Dunoyer, A. T., & Mendoza, J. P. (2022). Modelo de crecimiento microbiano para predecir el comportamiento de *Salmonella* spp. en queso costeño colombiano. *Información Tecnológica*, 33(1), 225-234. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000100225>
- Gücüköglu, A., Uyanik, T., Çadirci, Ö., Uğurtay, E., Kanat, S., & Bölükbaş, A. (2023). Determination of extended spectrum β -lactamase-producing Enterobacteriaceae in raw water buffalo milk and dairy products by conventional multiplex and real-time PCR. *International Dairy Journal*, 140, 105581. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105581>
- Guo, Y., Zhou, H., Qin, L., Pang, Z., Qin, T., Ren, H., Pan Z., & Zhou, J. (2016). Frequency, antimicrobial resistance and genetic diversity of *Klebsiella pneumoniae* in food samples. *PLoS One*, 11(4), e0153561.
- Gutiérrez Castañeda, C., Quintero Peñaranda, R., Burbano Caicedo, I., & Simancas Trujillo, R. (2017). Craft cheese factory under a distinctive sign in the colombian

Caribbean: Atlántico case. *Revista Lasallista de Investigación*, 14(1), 72-83.

Guzmán-Finol, K. (2013). La industria de lácteos en Valledupar: primera en la región Caribe. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana; No. 184. https://doi.org/10.48713/10336_36026.

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. *Microbiology Research*, 14(1), 80-90. <https://doi.org/10.3390/microbiolres14010008>

Håkonsholm, F., Hetland, M. A. K., Svanevik, C. S., Sundsfjord, A., Lunestad, B. T., & Marathe, N. P. (2020). Antibiotic Sensitivity Screening of *Klebsiella* spp. and *Raoultella* spp. Isolated from Marine Bivalve Molluscs Reveal Presence of CTX-M-Producing *K. pneumoniae*. *Microorganisms*, 8(12), 1909. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8121909>

Hilal Dandan, R. y Brunton L. (2013). Manual de farmacología y terapéutica. McGraw hill. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1468§ionid=93489639>

Ibrahim Abdulqader Naqid, Nawfal Rasheed Hussein, Amer A Balatay, Kurdistan Abdullah Saeed, Hiba A Ahmed. (2020). The Antimicrobial Resistance Pattern of *Klebsiella pneumoniae* Isolated from the Clinical Specimens in Duhok City in Kurdistan Region of Iraq.J Kermanshah Univ Med Sci.2020;24(2):e106135.<https://doi.org/10.5812/jkums.106135>.

Institución Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. (21 de diciembre de 2020). *Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) sinónimo de responsabilidad e inocuidad en los alimentos*. <https://www.invima.gov.co/buenas-practicas-de-manufactura-bpm-sinonimo-de-responsabilidad-e-inocuidad-en-los-alimentos>

Intra, J., Carcione, D., Sala, R. M., Siracusa, C., Brambilla, P., & Leoni, V. (2023). Antimicrobial Resistance Patterns of *Enterobacter cloacae* and *Klebsiella aerogenes* Strains Isolated from Clinical Specimens: A Twenty-Year Surveillance Study. *Antibiotics*, 12(4), 775. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12040775>

ISO (2017). Microbiology of the food chain — Horizontal method for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae — Part 1: Detection of Enterobacteriaceae (ISO 21528-1:2017). International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/55228.html>

ISO (2020) Microbiology of the food chain — Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella* — Part 1: Detection of *Salmonella* spp. (ISO 6579-1:2017/Amd.1:2020). International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/76671.html>

Jiménez, L., Tejedo, R., Leyva, V. y Hernández, M. (2021). Evaluación de la calidad microbiológica en quesos frescos artesanales mediante métodos tradicionales y dos kits rápidos. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 31(1),13. <https://link.gale.com/apps/doc/A663462494/IFME?u=anon~298802d5&sid=googleScholar&xid=91209c17>

Jordana-Lluch, E., Martró, E., & Ruiz, V. A. (2012). La espectrometría de masas en el

- laboratorio de microbiología clínica. *Enfermedades Infecciosas Y Microbiología Clínica*, 30(10), 635–644. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2012.01.012>
- Jung, B., & Hoilat, G. J. (2022, 26 septiembre). *MacConkey Medium*. StatPearls - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557394/>
- Karampatakis, T., Tsergouli, K., & Behzadi, P. (2023). Carbapenem-Resistant *Klebsiella pneumoniae*: Virulence Factors, Molecular Epidemiology and Latest Updates in Treatment Options. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 12(2), 234. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12020234>
- Karim, S. J. I., Islam, M., Sikder, T., Rubaya, R., Halder, J., & Alam, J. (2020). Multidrug-resistant *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. isolated from pigeons. *Veterinary World*, 13(10), 2156-2165. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2156-2165>
- Kocsis, B., Domokos, J. y Szabo, D. (2016). Chemical structure and pharmacokinetics of novel quinolone agents represented by avarofloxacin, delafloxacin, finafloxacin, zabofloxacin and nemonoxacin. *Annals Of Clinical Microbiology And Antimicrobials*, 15(34). <https://doi.org/10.1186/s12941-016-0150-4>
- Lee, Y. Q., La Sri Ponnampalavanar, S. S., Wong, J. H., Kong, Z. X., Ngoi, S. T., Karunakaran, R., Lau, M. Y., Jabar, K. A., & Teh, C. S. J. (2024). Investigation on the mechanisms of carbapenem resistance among the non-carbapenemase-producing carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*. *Frontiers In Cellular And Infection Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2024.1464816>
- Lepe, J. A., & Martínez-Martínez, L. (2022). Mecanismos de resistencia en bacterias

gramnegativas. *Medicina intensiva*, 46(7), 392-402.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0210569122000341>

Leyva, A. (2023). Interacciones moleculares carbapenémicos y betalactamasa de tipo a: descripción fisicoquímica de la resistencia bacteriana por química computacional. [Tesis de Maestría, universidad autónoma de chihuahua]. <http://repositorio.uach.mx/id/eprint/560>

Lirola, L., Ávila, A., Fernández, M., Reinoso, Á y Martínez, S. (2022). La resistencia bacteriana. Generalidades, carbapenemasas y actualidad: una revisión narrativa. Universidad de Granada. <http://hdl.handle.net/10481/75043>

Macas Paltin, K y Paltin Pindo, M. (2017). Uso racional de antibióticos betalactámicos en pacientes de medicina interna y cirugía del hospital Maria Loperena Serrano Aguilar [Tesis de grado. Universidad Tecnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11429>

Maldonado, N., Robledo, C. y Robledo, J. (2018). La espectrometría de masas MALDI-TOF en el laboratorio de microbiología clínica. *Infectio*, 22(1), 35-45.

Martínez Tadeo, J. A. (2021). Aspectos epidemiológicos de la alergia a penicilinas en canarias y tolerancia a otros betalactámicos. [Tesis doctoral. Universidad de la Laguna]. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/25611>

Melano, R. (2017). Detección y notificación de patógenos multi-resistentes, con resistencia extrema o pan-resistentes. Definiciones provisionales para la resistencia adquirida Public Health Ontario Laboratories. <https://www3.paho.org/hq/dmdocuments/2017/2017-charlavra-melano-pardo-8-a.pdf>

- Merchán, N., Zurymar, S., Niño, L., & Urbano, E. (2019). Determinación de la inocuidad microbiológica de quesos artesanales según las normas técnicas colombianas. *Revista chilena de nutrición*, 46(3), 288-294. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182019000300288&script=sci_arttext
- Mladenović, K. G., Grujović, M. Ž., Kocić-Tanackov, S. D., Bulut, S., Iličić, M., Degenek, J., & Semedo-Lemsaddek, T. (2021). Serbian Traditional Goat Cheese: Physico-Chemical, Sensory, Hygienic and Safety Characteristics. *Microorganisms*, 10(1), 90. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10010090>
- Molina, J., Cordero, E., Palomino, J. y Panchón, J. (2009). Aminoglucósidos y polimixinas. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 27(3), 178-188. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2009.02.001>
- Montso, K. P., Dlamini, S. B., Kumar, A., & Ateba, C. N. (2019). Antimicrobial resistance factors of extended-spectrum beta-lactamases producing *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* isolated from Cattle Farms and Raw Beef in North-West Province, South Africa. *BioMed research international*, 2019.
- Mueller, M y Tainter, C. (2023, 5 febrero). *Escherichia Coli*. StatPearls - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564298/>
- Musa, L., Proietti, P. C., Branciarri, R., Menchetti, L., Bellucci, S., Ranucci, D., Marenzoni, M. L., & Franciosini, M. P. (2020). Antimicrobial Susceptibility of *Escherichia coli* and ESBL-Producing *Escherichia coli* Diffusion in Conventional, Organic and Antibiotic-Free Meat Chickens at Slaughter. *Animals*, 10(7), 1215.

<https://doi.org/10.3390/ani10071215>

Norma técnica colombiana 750 de 2000. Productos lácteos. Queso.

Ogura, A., Iwasaki, M., Ogihara, H., & Teramura, H. (2018). Evaluation of the Novel Dry Sheet Culture Method for the Enumeration of *Enterobacteriaceae* *Biocontrol Science*, 23(4), 235-240. <https://doi.org/10.4265/bio.23.235>

Organización Mundial de la Salud – OMS (2024). Resistencia a los antimicrobianos, *Klebsiella pneumoniae* hipervirulenta - Situación mundial. [https://www-who-int.translate.google/emergencies/disease-outbreak-news/item/2024-DON527?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=Gram%2Dnegative%20bacteremia.-,K.,enzyme%20\(%CE%B2%2Dlactamase\).](https://www-who.int.translate.google/emergencies/disease-outbreak-news/item/2024-DON527?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=Gram%2Dnegative%20bacteremia.-,K.,enzyme%20(%CE%B2%2Dlactamase).)

Organización Mundial de la Salud - OMS (2018). Resistencia a los antimicrobianos. Disponible en: who.int/es/nepachecow-room/fact-sheets/detail/resistencia-a-los-antimicrobiano

Organización Mundial de la salud (OMS) (27 de febrero de 2017). *La OMS publica la lista de las bacterias para las que necesitan urgentemente nuevos antibióticos.* <https://www.who.int/es/news/item/27-02-2017-who-publishes-list-of-bacteria-for-which-new-antibiotics-are-urgently-needed>

Organización Mundial de la salud (OMS) (17 de mayo de 2024). *La OMS pone al día la lista de bacterias farmacorresistentes más peligrosas para la salud humana.* <https://www.who.int/es/news/item/17-05-2024-who-updates-list-of-drug-resistant->

bacteria-most-threatening-to-human-health

Organización Mundial de la Salud (OMS) (7 de febrero de 2018). *E coli*.

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>

Oviaño, M., & Rodríguez-Sánchez, B. (2021). MALDI-TOF mass spectrometry in the 21st

century clinical microbiology laboratory. *Enfermedades Infecciosas Y*

Microbiología Clínica, 39(4), 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2020.02.027>

Pacheco, J. E. R., Sandoval, L. M. B., Medellín, M. O. P., & Corredor, D. J. G. (2016).

Calidad microbiológica en quesos frescos artesanales distribuidos en plazas de mercado de Tunja, Colombia. *Revista cubana de Higiene y Epidemiología*, 53(3).

Pakbin, B., Allahyari, S., Amani, Z., Brück, W. M., Mahmoudi, R., & Peymani, A. (2021).

Prevalence, Phylogroups and Antimicrobial Susceptibility of Escherichia coli Isolates from Food Products. *Antibiotics*, 10(11), 1291.

<https://doi.org/10.3390/antibiotics10111291>

Paredes-Osses et al., (2020). Estudio Piloto de Vigilancia Integrada de susceptibilidad

fenotípica y presencia de genes de resistencia a antimicrobianos β -lactámicos en

cepas de Salmonella enterica subsp. enterica serovar Infantis aisladas desde

alimentos en Chile. *Revista Del Instituto De Salud Pública De Chile*, 4(2).

<https://doi.org/10.34052/rispch.v4i2.112>

Parmanik, A., Das, S., Kar, B., Bose, A., Dwivedi, G. R., & Pandey, M. M. (2022).

Current treatment Strategies against Multidrug-Resistant Bacteria: a review.

Current Microbiology, 79(12). <https://doi.org/10.1007/s00284-022-03061-7>

Plan de Desarrollo del Cesar. (2020). Plan de desarrollo departamental. <https://cesar.gov.co/d/index.php/es/menvertpolpla/menvertplandes/232-artmenplandes>.

Portafolio. (2024). Mercado del queso crece a buen ritmo: consumo es de 1,5 kilos al año por persona. https://www.portafolio.co/negocios/industrias/cuanto-queso-consume-un-colombiano-al-ano-611059?utm_source

Possas, A., Bonilla-Luque, O. M., & Valero, A. (2021). From Cheese-Making to Consumption: Exploring the Microbial Safety of Cheeses through Predictive Microbiology Models. *Foods*, 10(2), 355. <https://doi.org/10.3390/foods10020355>

Prada Herrera, J. C., Vizcaíno Bermejo, M. R., Bolaños Contreras, C. C., Jiménez Ochoa, T., & García, C. (2023). Calidad microbiológica de queso costeño artesanal expendidos en la comuna cuatro de Valledupar-Colombia. *Revista de Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 1387-1406. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5409

Quino, W., Hurtado, C. V., Meza, A. M., Zamudio, M. L., & Gavilan, R. G. (2020). Patrones de resistencia a los antimicrobianos en serovares de *Salmonella enterica* en Perú, 2012-2015. *Revista chilena de infectología*, 37(4), 395-401.

Ramatla, T., Tutubala, M., Motlhaping, T., De Wet, L., Mokgokong, P., Thekiso, O., & Lekota, K. (2024). Molecular detection of Shiga toxin and extended-spectrum beta-lactamase (ESBL)-producing *Escherichia coli* isolates from sheep and goats. *Molecular Biology Reports*, 51(1). <https://doi.org/10.1007/s11033-023-08987-0>

Requena, D., Vásquez, Y., Gil, A., Cedeño, J., Chabin, M., Delgado, E., Díaz, D. y Dos Santos, J. (2021). Detección fenotípica y genotípica de la producción de carbapenemasas tipo NDM-1 y KPC en enterobacterias aisladas en un laboratorio clínico en Maracay, Venezuela. *Revista Chilena de Infectología*, 38(2), 197-203. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182021000200197>

Resolución número 1804 de 1989 [Ministerios de Salud]. Por el cual se modifica la Resolución No 02310 de 1986, (24 de febrero) que reglamenta parcialmente el título V de la Ley 9 de 1979. 3 de febrero de 1989.

Resolución número 2310 de 1986 [Ministerios de Salud]. Por lo cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 09 de 1979, en lo referente a procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de los Derivados Lácteos.

Resolución número 2674 de 2013 [Ministerio de Salud y Protección Social]. Por lo cual se reglamenta el artículo 126 del Decreto Ley 019 de 2012 y se dictan otras disposiciones.

Rodríguez, C., Hauser, K., Cahill, N., Ligowska-Marzęta, M., Centorotola, G., Cornacchia, A., Fierro, R. G., Haenni, M., Nielsen, E. M., Piveteau, P., Barbier, E., Morris, D., Pomilio, F., & Brisse, S. (2022). High Prevalence of *Klebsiella pneumoniae* in European Food Products: a Multicentric Study Comparing Culture and Molecular Detection Methods. *Microbiology Spectrum*, 10(1). <https://doi.org/10.1128/spectrum.02376-21>

Rodríguez Palomares, C. y Obrador Vera, G. (2013) Fichero farmacológico. McGraw hill. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1510§ionid=98>

009253

Rodriguez Carranza, R. (2013). Vademécum Académico de Medicamentos. McGraw hill.

<https://accessmedicina.mhmedical.com/book.aspx?bookid=1552>

Rossi, A. (2021). Violeta Rojo y Bilis Glucosa Agar.

https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_60709f0994149.pdf

f

Ruiz, R., Menco, N., & Chams, Linda (2017). Valoración microbiológica de queso costeño

artesanal y evaluación higiénico-locativa de expendios en Córdoba, Colombia.

Rev. Salud publica 10.15446/resp. V19 n3. 54853.

Singh, R., Malhotra, A., & Bansal, R. (2023). *Synthetic cytotoxic drugs as cancer*

chemotherapeutic agents. En Elsevier eBooks (pp. 499-537).

<https://doi.org/10.1016/b978-0-323-90575-6.00010-7>

Soria, R. (2020). *Evaluación de la calidad microbiológica en queso fresco y adobera, de*

la región Tierra Caliente del estado de Michoacán. [Tesis de Maestro de Ciencias

biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]

[http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/2](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/2035/FQFB-R-M-2020-0245.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[035/FQFB-R-M-2020-0245.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/2035/FQFB-R-M-2020-0245.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Suárez, C y Gudiol, F. (2008). Antibióticos betalactámicos. *Enfermedades infecciosas y*

microbiología clínica, 27(2), 116-129. [10.1016/j.eimc.2008.12.001](https://doi.org/10.1016/j.eimc.2008.12.001)

Suhartono, S., Ismail, Y. S., & Aini, Z. (2021). Distribution of multidrug-resistant

Salmonella spp. recovered from aquatic environment of Banda Aceh, Indonesia.

Tepeli SO, Demirel NN. (2018). Frequency of Extended-Spectrum B-lactamase (ESBL)- and AmpC B-lactamase-producing Enterobacteriaceae in a Cheese production process. *Pubmed. J. DairySci*; 101 (4): 2906-2914. [doi.10.3168/jds.2017-13878](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13878)

Tîrziu, E., Bărbălan, G., Morar, A., Herman, V., Cristina, R. T., & Imre, K. (2020). Occurrence and Antimicrobial Susceptibility Profile of Salmonellaspp. in Raw and Ready-To-Eat Foods and Campylobacterspp. in Retail Raw Chicken Meat in Transylvania, Romania. *Foodborne Pathogens And Disease*, 17(8), 479-484. <https://doi.org/10.1089/fpd.2019.2738>

Treviño, N y Molina, N. (2022). Antibióticos: mecanismos de acción y resistencia bacteriana. *Repositorio institucional de la UNLP*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/136280>

Valencia Meneses, G. D. (2022). Determinación de resistencia de Salmonella spp., a partir de huevos de gallinas que se comercializan en los mercados del cantón Latacunga [Tesis de pregrado, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)].

Vásquez, A. Salhuana, J, Jiménez, L & Abanto, L. (2018). Evaluación de la calidad bacteriológica de quesos frescos en Cajamarca. Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cajamarca. *Ecología Aplicada*, 17(1), 45-51. <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i1.1172>

Vásquez, L., Ramírez, N. F., Akineden, Ö., & Fernández-Silva, J. A. (2017). Presence of extended-spectrum beta-lactamase (ESBL)-producing Enterobacteriaceae in bulk-tank milk of bovine dairy farms in Antioquia, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 30(2), 85-100.

Yaici, L., Haenni, M., Métayer, V., Saras, E., Zekar, F. M., Ayad, M., Touati, A., & Madec, J. Y. (2017). Spread of ESBL/AmpC-producing *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* in the community through ready-to-eat sandwiches in Algeria. *International journal of food microbiology*, 245, 66-72.