



# UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

Carrera de Medicina Veterinaria

### **Tema:**

DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD ANTIMICROBIANA  
CON DIFERENTES ANTIBIÓTICOS CONTRA *Campylobacter spp*  
AISLADAS EN MUESTRAS CÁRNICAS DE BOVINOS

**Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Médico Veterinario,  
otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias  
Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Medicina  
Veterinaria.**

### **Autores:**

Dennise Michelle Peñaloza Vera

Kevin Serafín Villacis Villagómez

### **Tutor:**

Dr. Danilo Fabian Yáñez Silva M. Sc.

**GUARANDA – ECUADOR**

2025

DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD ANTIMICROBIANA CON DIFERENTES ANTIBIÓTICOS CONTRA *Campylobacter spp* AISLADAS EN MUESTRAS CÁRNICAS DE BOVINOS.

**REVISADO Y APROBADO POR:**

  
.....  
DANILO FABIAN YANEZ SILVA M. Sc

**TUTOR**

  
.....  
ISIDRO FAVIAN BAYAS MOREJÓN Ph. D

**PAR LECTOR**

  
.....  
EDISON RIVELIÑO RAMON CURAY M. Sc

**PAR LECTOR**

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Dennise Michelle Peñaloza Vera y Kevin Serafín Villacis Villagómez, con CI 1751636448 y 0604865162, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

  
.....

Dennise Michelle Peñaloza Vera


CI: 1751636448



  
.....

Kevin Serafín Villacis Villagómez

CI: 0604865162

  
.....

Danilo Fabián Yáñez Silva M. Sc

TUTOR

ESCRITURA N°20250201004P00480

DECLARACIÓN JURAMENTADA

OTORGAN:

DENNISE MICHELLE PEÑALOZA VERA Y  
KEVIN SERAFIN VILLACIS VILLAGOMEZ

CUANTÍA: INDETERMINADA

Di 2 COPIA

P.A.

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy martes a los tres días del mes de junio del año dos mil veinticinco, ante mí **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA**, comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, la señorita **DENNISE MICHELLE PEÑALOZA VERA**, de estado civil soltera y el señor **KEVIN SERAFIN VILLACIS VILLAGOMEZ**, de estado civil soltero, ambas por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatorianos, mayores de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación estudiantes ambas partes, domiciliada la primera, en la parroquia La Ecuatoriana, cantón Quito, Provincia Pichincha y de paso por este cantón Guaranda, provincia Bolívar, con número celular cero nueve seis uno seis uno nueve cero tres cuatro; y, con correo electrónico [dpenaloza@mailes.ueb.edu.ec](mailto:dpenaloza@mailes.ueb.edu.ec); y, el segundo, domiciliado en la parroquia Velasco, cantón Riobamba, provincia Chimborazo y de paso por este cantón de Guaranda, provincia de Bolívar, con número celular cero nueve nueve uno tres siete seis siete tres ocho; y, con correo electrónico [kvillacis@mailes.ueb.edu.ec](mailto:kvillacis@mailes.ueb.edu.ec), hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocerles doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí, agrego a esta escritura, a petición de la compareciente se adjunta sus documentos personales como es la cedula y de votación, como documentos habilitantes. Advertidas las comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinadas que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidos sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada. Nosotros: la señorita **DENNISE MICHELLE PEÑALOZA VERA**, de estado civil soltera y el señor **KEVIN SERAFIN VILLACIS VILLAGOMEZ**, de estado civil soltero, declaramos bajo juramento que los criterios e ideas emitidos en el presente proyecto de investigación, es de nuestra absoluta autoría, titulado: **DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD ANTIMICROBIANA CON TRES DIFERENTES ANTIBIÓTICOS CONTRA Campylobacter spp AISLADAS EN MUESTRAS CÁRNICAS DE BOVINOS**, previo a la obtención del título de Médicos Veterinarios, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recurso Naturales y del Ambiente, carrera de Medicina Veterinaria.- Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad.- Para su otorgamiento se observaron los preceptos de ley y leída que les fue a los comparecientes íntegramente por mí la Notaria, aquellos se afirman y ratifican en la aceptación de su total contenido y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo lo cual doy Fe.



SRTA. DENNISE MICHELLE PEÑALOZA VERA.

C.C. 175163644-8



SR. KEVIN SERAFIN VILLACIS VILLAGOMEZ.

C.C. 0604865162



DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION.  
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA



# Dennise Peñaloza; Kevin Villacis

## Determinación de la susceptibilidad antimicrobiana con diferentes antibióticos contra Campyloba

- My Files
- My Files
- Universidad Estatal de Bolívar

### Detalles del documento

Identificador de la entrega  
trn:oid::3117:464148043

83 Páginas

Fecha de entrega  
2 jun 2025, 4:06 p.m. GMT-5

17.642 Palabras

Fecha de descarga  
2 jun 2025, 4:19 p.m. GMT-5

100.799 Caracteres

Nombre de archivo  
Determinación de la susceptibilidad antimicrobiana con diferentes antibióticos contra Camp....pdf

Tamaño de archivo  
1.5 MB

  
.....  
Dr. DANILO FABIAN YANEZ SILVA M.Sc  
TUTOR

## 5% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

### Filtered from the Report

- Submitted works
- Internet sources
- Crossref database

### Exclusions

- 5 Excluded Sources

### Top Sources

- 0%  Internet sources
- 5%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

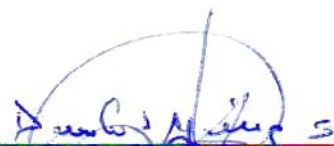
### Integrity Flags

#### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.



---

**Dr. DANILO FABIAN YANEZ SILVA MSc.**  
TUTOR

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación va dedicado a las personas más importantes de mi vida y de mi carrera. A mis padres Darwin y Carmita, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo incondicional, por su perseverancia, confianza, amor y dedicación para alcanzar este logro. A mis hermanos: Brenda, Fernanda, Julián, Doménica, por ser mi apoyo y fortaleza en los días difíciles, A mis tíos, Efraín y Diana, por su apoyo constante, por ser parte importante y fundamental dentro de mi carrera.

A mis abuelos: Mery, Blanca y Celso por velar por mi bienestar y siempre darme un consejo cuando lo necesitaba. A mi esposo, por ser quien ha estado día a día apoyándome y dándome palabras de aliento cuando ya no podía más, por recordarme siempre que hay alguien que seguirá nuestros pasos. A mi hijo Alessandro el ser que amo con toda mi alma, fue el motor principal para poder seguir y no rendirme fácilmente.

A mi amigo y actual colega Kevin que durante toda la carrera deposite mi confianza en él y hasta el momento no me ha defraudado, sé que no fue fácil esta etapa de nuestras vidas, pero hemos podido salir adelante, hoy todo este esfuerzo será cosecha de nuestros desvelos, lagrimas, buenos y malos momentos. Sin más que decir este esfuerzo y sacrificio va dedicado a todos ustedes porque desde hoy puedo decir lo logre, uno de mis sueños que lo único que causa en mi es felicidad.

Dennise Michelle Peñaloza Vera

Agradezco a dios fuente de toda sabiduría y fortaleza para poder dedicar este trabajo de investigación a mis amados padres, Juan Villacís e Imelda Villagómez, mi eterno agradecimiento. A mi padre, Juan, por inculcarme desde temprana edad el amor y respeto por los animales, por enseñarme el valor del sacrificio y la perseverancia durante mi carrera, y por transmitirme valores invaluable como la humildad. A mi madre, Imelda, por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles, por sus sabios consejos y por ser mi guía constante. Este logro es también suyo, gracias por creer siempre en mí. Con profunda emoción, dedico este trabajo a la memoria de Serafín y Margarita, quienes desde el cielo han sido mi guía y protección constante. A mi Papito Serafín, le agradezco por su legado incondicional de ser una mejor persona y su ayuda constante a los demás. A mi amada Mamita Margarita, le agradezco profundamente por inculcarme el amor por el campo, por brindarme un amor incondicional siendo mi abuela y madre a la vez, por sus consejos diarios que me enseñaron a hacer las cosas correctamente. A mis abuelitos maternos, Roberto y María, les doy las gracias por ser una inspiración en mí día a día y por sus valiosos consejos que han iluminado mi camino. Este trabajo es un tributo a su amor eterno y a las enseñanzas que me han legado.

A mis queridos padrinos, Bolívar y Beatriz, les expreso mi más profundo amor por su apoyo incondicional al animarme a perseguir mis estudios fuera de la ciudad. Sus consejos sabios y el apoyo laboral que me brindaron me enseñaron el valor del esfuerzo y la responsabilidad. A Lenin, por estar siempre pendiente en la lucha día a día como hermano y amigo. A mis hermanos Daniela, Andy y Mayte, les agradezco por su paciencia y amor durante esta etapa de mi vida. A mi tío Arnulfo por estar pendiente en que nunca deje morir los sueños para seguir adelante en mi vida profesional. A todos mis tíos de la familia Villacis Hidalgo y Villagómez Hidalgo. A mis mejores amigas, Michelle y Brenda Peñaloza, les estoy eternamente agradecido por su amistad y apoyo en los momentos más difíciles. Finalmente, a todos mis amigos, les doy las gracias por las incontables aventuras y anécdotas compartidas que atesoraré por siempre. Su presencia hizo de esta etapa de mi vida una experiencia inolvidable.

Kevin Serafín Villacis Villagómez

## **AGRADECIMIENTO**

Los resultados de este trabajo, merecen expresar un profundo agradecimiento, a aquellas personas que de alguna forma son parte fundamental de nuestra culminación académica, quienes, con su ayuda, apoyo y comprensión nos alentaron a lograrlo. Nuestro agradecimiento va dirigido A Dios, por su presencia en cada paso y momento de nuestras vidas. A nuestros padres, quienes nos han apoyado arduamente día tras día. A la Universidad Estatal de Bolívar, facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Medicina Veterinaria, especialmente al Laboratorio de Investigación por todas las enseñanzas recibidas en sus aulas. A mis docentes, quienes han impartido sus conocimientos y experiencia para formarnos como profesionales. A nuestros familiares que fueron parte esencial de nuestro paso por la Universidad, y aportar en nosotros buenos valores y perseverancia. A nuestro Tutor de Tesis Dr. Danilo Yáñez por su asesoramiento constante, y persistencia en este trabajo de investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Pág.

### Capítulo I. Introducción

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1.1. Introducción .....          | 1 |
| 1.2. Problema .....              | 3 |
| 1.3. Objetivos                   |   |
| 1.3.1. Objetivo General.....     | 5 |
| 1.3.2. Objetivos Específico..... | 5 |
| 1.4. Hipótesis .....             | 6 |

### Capítulo II. Marco Teórico

|  |    |
|--|----|
| 2.1. Actividad antimicrobiana .....                                    | 7  |
| 2.2. <i>Campylobacter</i> spp  |    |
| 2.2.1. Generalidades .....   | 8  |
| 2.2.2. Taxonomía .....   | 9  |
| 2.2.3. Epidemiología .....   | 10 |
| 2.2.4. Patogenia y síntomas .....                                      | 13 |
| 2.2.5. Diagnóstico e identificación .....                              | 15 |
| 2.2.6. Resistencia antimicrobiana .....                                | 17 |
| 2.2.7. Implicaciones en salud pública .....                            | 19 |
| 2.3. Antibióticos evaluados  |    |
| 2.3.1. Penicilina G (generalidades, acción, espectro, resistencia) ... | 21 |
| 2.3.2. Gentamicina .....   | 24 |
| 2.3.3. Sulfametoxazol–Trimetoprim .....                                | 27 |
| 2.4. Aislamiento microbiológico  |    |
| 2.4.1. Cultivo y condiciones .....                                     | 30 |
| 2.4.2. Identificación .....  | 32 |

|  |    |
|--|----|
| 2.4.3. Bioseguridad .....                        | 34 |
| 2.4.4. Problemas específicos en el cultivo ..... | 35 |

### **Capítulo III. Marco Metodológico**

|  |    |
|--|----|
| 3.1. Ubicación y situación de la investigación ..... | 36 |
| 3.2. Metodología                                     |    |
| 3.2.1. Material experimental .....                   | 37 |
| 3.2.2. Diseño experimental .....                     | 38 |
| 3.2.3. Métodos de evaluación .....                   | 39 |
| 3.2.4. Preparación e inoculación de muestras .....   | 40 |
| 3.2.5. Observación y prueba disco-placa .....        | 41 |

### **Capítulo IV. Resultados y Discusión**

|   |    |
|---|----|
| 4.1. Análisis de prevalencia .....                | 42 |
| 4.2. Resultados microbiológicos .....             | 43 |
| 4.3. Evaluación de actividad antimicrobiana ..... | 44 |
| 4.4. Resultados estadísticos (ADEVA, Tukey) ..... | 45 |

### **Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones**

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 5.1. Conclusiones .....    | 46 |
| 5.2. Recomendaciones ..... | 47 |

### **Bibliografía**

## ÍNDICE DE TABLAS

| <b>N.º</b> | <b>Contenido</b>   | <b>Pág.</b> |
|------------|--|-------------|
| 1          | Situación geográfica y edafoclimática.   | 9           |
| 2          | Tratamientos en estudio.   | 36          |
| 3          | Detalle del ANOVA.   | 38          |
| 4          | Identificación de <i>Campylobacter</i> spp mediante técnicas bioquímicas y microscópicas.  | 45          |
| 5          | Identificación de <i>Campylobacter</i> spp mediante cultivo bacteriano (Gold estándar  | 47          |
| 6          | Clasificación de zonas de inhibición farmacológica.  | 56          |
| 7          | Prueba de Tukey y ANOVA  | 60          |
| 8          | Frecuencia y porcentaje de actividad antibacteriana contra <i>Campylobacter</i> spp  | 64          |
| 9          | Porcentaje de resistencia, inhibición y susceptibilidad de <i>Campylobacter</i> spp. frente a antibióticos evaluados según concentración | 65          |
| 10         | Situación geográfica y edafoclimática.   | 66          |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| <b>N.º</b> | <b>Contenido</b>  | <b>Pág.</b> |
|------------|---|-------------|
| 1          | Prueba de catalasa (+)  | 30          |
| 2          | Tinción de gram de <i>Campylobacter</i> spp   | 31          |
| 3          | Resultados de pruebas microbiológicas por frecuencia y porcentaje.  | 32          |
| 4          | <i>Campylobacter</i> spp. en medio de cultivo.  | 34          |
| 5          | Relación entre prevalencia y crecimiento bacteriano de <i>Campylobacter</i> spp. en muestras cárnicas.    | 42          |
| 6          | Prueba de difusión en disco (Kirby-Bauer)   | 54          |
| 7          | Actividad antimicrobiana de <i>Campylobacter</i> spp. frente a diferentes antibióticos y concentraciones. | 60          |
| 8          | Comparación de la actividad antimicrobiana para la concentración mínima inhibitoria (CMI)                 | 64          |

## ÍNDICE DE ANEXOS

| N.º | Contenido                     |
|-----|-------------------------------|
| 1   | Lugar del experimento.        |
| 2   | Análisis                      |
| 3   | Base de datos                 |
| 4   | Evidencia fotográfica         |
| 5   | Glosario de términos técnicos |

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la prevalencia de *Campylobacter* spp. en muestras cárnicas bovinas del cantón Guaranda, así como evaluar la actividad antimicrobiana y la concentración mínima inhibitoria (CMI) de Gentamicina, Penicilina G y Sulfametoxazol + Trimetoprim. El problema abordado se relaciona con la presencia de bacterias patógenas resistentes a antibióticos en alimentos de consumo humano, lo que representa un riesgo para la salud pública. Se analizaron 60 muestras de carne mediante pruebas microbiológicas convencionales (tinción de Gram, catalasa, oxidasa y morfología), de las cuales 54 fueron positivas (90 %) con características compatibles con *Campylobacter* spp.; estas se confirmaron mediante cultivo en medio Skirrow bajo condiciones microaerófilas. Posteriormente, se evaluó la sensibilidad antimicrobiana mediante el método de disco-difusión, utilizando tres concentraciones por antibacteriano (5, 10 y 15 µg). Los resultados fueron clasificados en sensibles, intermedios o resistentes según los halos de inhibición. Se empleó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ). Los resultados mostraron que Gentamicina y Sulfametoxazol + Trimetoprim fueron significativamente más eficaces que Penicilina G, la cual presentó altos niveles de resistencia en todas las concentraciones. La CMI relativa no evidenció una mejora significativa con el aumento de la dosis. Se concluye que existe una alta prevalencia de *Campylobacter* spp. en carne bovina del cantón Guaranda, y que Gentamicina y Sulfa + Trimetoprim representan alternativas terapéuticas efectivas frente a este patógeno, mientras que Penicilina G resulta inadecuada. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de implementar estrategias de vigilancia microbiológica y el uso racional de antibióticos en la industria alimentaria.

**Palabras clave:** Actividad antimicrobiana, *Campylobacter*, Muestras de carne, Camales.

## SUMMARY

This research aimed to determine the prevalence of *Campylobacter* spp. in bovine meat samples from Guaranda Canton, as well as to evaluate the antimicrobial activity and minimum inhibitory concentration (MIC) of Gentamicin, Penicillin G, and Sulfamethoxazole + Trimethoprim. The problem addressed relates to the presence of antibiotic-resistant pathogenic bacteria in food intended for human consumption, representing a public health risk. Sixty meat samples were analyzed using conventional microbiological methods (Gram staining, catalase, oxidase, and morphology), of which 54 samples (90%) tested positive for *Campylobacter* spp.. The presence of the pathogen was confirmed by culture on Skirrow medium under microaerophilic conditions. Subsequently, antimicrobial susceptibility was assessed using the disk diffusion method, testing three concentrations per antimicrobial (5, 10, and 15 µg). The results were classified as susceptible, intermediate, or resistant based on inhibition zone diameters. One-way ANOVA and Tukey's multiple comparison test were used to identify statistically significant differences among treatments ( $p < 0.05$ ). The results showed that Gentamicin and Sulfamethoxazole + Trimethoprim were significantly more effective than Penicillin G, which exhibited high resistance levels across all concentrations. The relative MIC did not show a significant improvement with increased dosage. It is concluded that there is a high prevalence of *Campylobacter* spp. in bovine meat from Guaranda, and that Gentamicin and Sulfamethoxazole + Trimethoprim are effective therapeutic options against this pathogen, whereas Penicillin G proves inadequate. These findings underscore the importance of implementing microbiological surveillance strategies and promoting the rational use of antibiotics in the food industry.

**Keywords:** Antimicrobial activity, *Campylobacter*, Meat samples, Slaughterhouses.

## CAPITULO I.

### 1.1. INTRODUCCIÓN

La inocuidad de la producción cárnica está cada vez más asociada a criterios de buenas prácticas de manejo, las cuales buscan disminuir los riesgos para la salud animal y pública, es por eso que los procesos de faenamiento desempeñan un factor determinante en la calidad de los productos de origen animal. El auge global de la multi resistencia a los antibióticos ha señalado importantes niveles de disminución de la sensibilidad a diferentes antimicrobianos reconocidos mundialmente de importancia crítica. La OMS (2020), señala a *Campylobacter* spp. como la causa bacteriana más frecuente de gastroenteritis en el mundo y la ubica dentro de lista de patógenos prioritarios farmacorresistentes, que requieren del desarrollo de nuevos antibióticos para combatirlos.

En Ecuador según datos oficiales del Ministerio de salud pública (2023), se han reportado 22 casos en tan solo los 4 primeros meses del año, sin embargo, en 2017 fueron registrados 35000 casos de infecciones por *Campylobacter* spp. Estos antecedentes estadísticos han permitido visibilizar la necesidad de establecer monitoreos en más zonas del país, a fin de testear la sensibilidad de dicho agente patógeno y así detectar la emergencia de resistencia a los antimicrobianos y contribuir a la formulación de estrategias que minimicen esta problemática.

El nudo crítico de mayor relevancia en el cantón Guaranda, es que no existe el control sanitario adecuado en la planta de faenamiento municipal, por lo que se sospecha de una gran incidencia y prevalencia de *Campylobacter* spp. en los productos cárnicos destinados para el consumo humano. Los escasos protocolos sanitarios, sumado a la falta de acceso médico veterinario, han llevado a los productores a automedicar de forma indiscriminada a sus animales, sobreentendiéndose así, que un mal diagnóstico y una inadecuada terapéutica, son el primer paso para generar resistencia a los antibióticos.

La determinación de la susceptibilidad antimicrobiana de *Campylobacter* spp. aislada en muestras cárnicas de bovinos es un aspecto crucial en el estudio de la

resistencia bacteriana y la seguridad alimentaria. *Campylobacter* spp. es un patógeno significativo responsable de numerosas infecciones gastrointestinales en humanos, y su presencia en productos cárnicos representa un riesgo considerable para la salud pública. Este estudio se centra en la importancia del aislamiento de *Campylobacter* y su evaluación frente a diferentes antibióticos, proporcionando datos esenciales para el control y la prevención de infecciones transmitidas por alimentos.

El proceso de aislamiento de *Campylobacter* spp. de muestras cárnicas implica técnicas específicas diseñadas para garantizar la recuperación de cepas viables y representativas del patógeno. Este aislamiento es fundamental no solo para identificar la presencia del microorganismo en la cadena alimentaria, sino también para evaluar su susceptibilidad a distintos agentes antimicrobianos.

Por lo antes mencionado esta investigación pretende determinar la susceptibilidad de *Campylobacter* spp. frente a tres diferentes antimicrobianos a partir de muestras extraídas de carne procedentes del camal municipal del cantón Guaranda.

## 1.2. PROBLEMA

En las últimas décadas *Campylobacter* spp. ha sido reconocida como uno de los principales patógenos contaminantes de carne, adquiriendo así gran importancia en la salud pública mundial, debido a la prevalencia e incidencia de enfermedades gastrointestinales que provoca en la población, asociadas al consumo de alimentos de origen animal. Taborini & al., (2020) mencionan en su investigación, que este agente patógeno se halla como un comensal habitual en el tracto digestivos de varios animales domésticos que son faenados diariamente para el consumo humano.

Mardones & López (2020), indican que esta bacteria gran negativa es el principal agente etiológico de infecciones zoonóticas entéricas en el mundo; además, Cardozo *et al.*, (2020) corroboran esta información, ya que, mencionan en su artículo que el número de infecciones por *Campylobacter* spp. excede incluso a las infecciones producidas por *Salmonella*, lo que convierte a esta bacteria en una problemática que afecta no solo a países en vías de desarrollo, sino también a países industrializados.

Se cree que los problemas de salud relacionados con este patógeno de transmisión alimentaria, radican en la manipulación y/o consumo de carne contaminada, lo que nos advierte acerca de los inadecuados procesos de faenamiento, mala práctica de manejo y control sanitario, convirtiéndose en factores que favorecerían al incremento de contaminación cruzada.

Los agentes antimicrobianos han sido utilizados durante mucho tiempo en la producción animal para controlar, prevenir y tratar enfermedades infecciosas, sin embargo, el uso indiscriminado de estos, ha generado la aparición y propagación de patógenos farmacorresistentes, disminuyendo así la capacidad para tratar infecciones relativamente frecuentes, debido a esto la OMS (2021), ha declarado la resistencia a los antimicrobianos como una de las 10 principales amenazas a la salud pública.

El aislamiento de *Campylobacter* spp. a partir de muestras cárnicas de bovinos es un paso esencial para entender y controlar las infecciones que este patógeno puede

causar en humanos. *Campylobacter* es una de las principales causas de gastroenteritis en todo el mundo, y su presencia en productos cárnicos representa un riesgo significativo para la salud pública. Al aislar estos microorganismos, se pueden estudiar las cepas específicas que circulan en el entorno de producción de carne, evaluar su potencial patogénico y determinar sus patrones de resistencia a los antibióticos. Este conocimiento es crucial para desarrollar estrategias efectivas de control y prevención, reducir la incidencia de infecciones transmitidas por alimentos y mejorar la seguridad alimentaria en general.

Una de las principales preocupaciones que se ha generado en medicina veterinaria, es que el uso indiscriminado de antimicrobianos sin prescripción médica, ha conllevado a que el género *Campylobacter* spp. desarrolle resistencia a múltiples antibióticos de primera elección, como fluoroquinolonas y macrólidos principalmente, es decir que cada vez se reducen más las alternativas terapéuticas para los profesionales de la salud.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Determinación de la susceptibilidad antimicrobiana con diferentes antibióticos contra *Campylobacter spp* aisladas en muestras cárnicas de bovinos

#### **Objetivos específicos**

- Identificar colonias del género *Campylobacter spp* mediante técnicas bioquímicas y microscópicas.
- Establecer la prevalencia de *Campylobacter spp* en muestras de cárnicos bovinos en el cantón Guaranda.
- Aislar microorganismos del género *Campylobacter spp* a partir de muestras de carne de consumo procedentes del camal municipal del cantón Guaranda
- Determinar la actividad antimicrobiana y la concentración mínima inhibitoria (CMI) de penicilina G, gentamicina y sulfametoxazol-trimetoprim contra *Campylobacter spp*.

#### 1.4. HIPÓTESIS

**H<sub>a</sub>:** Las cepas de *Campylobacter* spp aisladas en muestras de carne de bovinos, presentan susceptibilidad antimicrobiana ante diferentes antibióticos.

**H<sub>0</sub>:** Las cepas de *Campylobacter* spp aisladas en muestras de carne de bovinos, no presentan susceptibilidad antimicrobiana ante diferentes antibióticos.

## **CAPITULO II.**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Importancia de la actividad antimicrobiana**

Para poder entender la importancia de la actividad antimicrobiana, debemos primero saber que esta es la capacidad que pueden tener ciertas sustancias para reducir la presencia de microorganismos patógenos. Su importancia radica al ser el principal indicador de efectividad antibacteriana, es decir que gracias a ella podemos conocer la sensibilidad o resistencia que poseen múltiples agentes patógenos. Su determinación, ha permitido durante decenas de años alertar a los organismos de salud sobre ciertos microorganismos que se han convertido en una amenaza para la salud pública por su farmacorresistencia, llevando a cabo estudios que permitan desarrollar nuevas alternativas terapéuticas para contrarrestar el impacto económico y sanitario, además de ejecutar planes de acción que garanticen el uso moderado y responsable de aquellos antibióticos que aún ofrecen efectividad antimicrobiana.

#### **2.2. *Campylobacter* spp**

##### **2.2.1. Generalidades**

*Campylobacter* spp. comprende un grupo de bacterias Gram negativas, delgadas, de forma espiral, las cuales poseen flagelos polares que les permiten un característico movimiento tipo dardo. Este género agrupa 18 especies, en donde *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli* y *Campylobacter hyointestinalis* destacan, debido a que han sido identificadas como los principales agentes etiológicos de una enfermedad zoonótica gastroentérica de distribución mundial, conocida como *campilobacteriosis*. En medicina veterinaria las especies *C. jejuni* y *C. coli* son las bacterias de mayor relevancia en producción animal, debido a que colonizan con mayor frecuencia el tracto intestinal de aves de corral, bovinos, cerdos, ovejas y cabras que son destinadas para el consumo humano, además de ciertos animales domésticos como perros y gatos. (Rodríguez, Guzmán, & Verjan, 2020)

### **2.2.2. Antecedentes históricos.**

En el año de 1886 se dio la primera observación de *Campylobacter* spp., sin embargo, no fue hasta el año 1906 cuando este patógeno fue aislado a partir de la mucosa uterina de una oveja gestante. Posteriormente en 1919 se halló al mismo microorganismo en cultivos extraídos de abortos bovinos en Estados Unidos, al que denominaron *Vibrio fetus*. Años más tarde, se vinculó a *Campylobacter* spp. en casos de disentería en cerdos y terneros, en donde describieron dos nuevas especies; *Vibrio jejuni* y *Vibrio coli*. En 1942, un estudio determinó por primera vez la relación del microorganismo con un brote de gastroenteritis humana en varios centros penitenciarios del estado de Illinois EEUU. A partir de entonces en la década de los 50, se realizó una clara distinción; los vibrios clásicos (*V. fetus*), relacionado en problemas reproductivos y aquellos vibrios que requerían de temperaturas cercanas a los 42°C para crecer y que estaban asociados a cuadros gastrointestinales (*V. jejuni* y *V. coli*). (Ugarte, 2020)

Debido a la característica morfología de *Campylobacter* spp. es que las bacterias de este género bacteriano fueron erróneamente clasificadas en su inicio como bacterias del género *Vibrio*. Sin embargo, en el año 1963 Sebald y Véron formularon un nuevo género, al que lo denominaron *Campylobacter*, a pesar de que estos microorganismos presentaban una forma típica al género *Vibrios*, estos se diversificaban en su microaerofilia, la ausencia de metabolismo de tipo fermentivo y su menor composición en bases G + C. En la actualidad el género está conformado por 17 especies diferentes, siendo *Campylobacter jejuni* y *C. coli* las de mayor importancia en la salud pública. (Aguilar, 2020)

### **2.2.3. Taxonomía de *Campylobacter* spp.**

La clasificación de estas bacterias Gram negativas se encuentra en continua revisión y modificación, según la Organización Mundial de la Salud, a la fecha el género *Campylobacter* comprende 17 especies y 6 subespecies. (OMS, 2020)

**Tabla 1.**

*Clasificación taxonómica del género Campylobacter*

---

| <b>Categoría Taxonómica</b> | <b>Bacteria</b>   |
|-----------------------------|---|
| <b>Filo</b>                 | Proteobacteria.   |
| <b>Clase</b>                | Épsilon   |
| <b>Orden</b>                | Campilobacterial  |
| <b>Familia</b>              | <i>Campylobacteraceae.</i>  |
| <b>Género</b>               | <i>Campylobacter</i> <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>C. avium</i></li><li>• <i>C. canadensis</i></li><li>• <i>C. coli</i></li><li>• <i>C. concisus</i></li><li>• <i>C. cunicolurum</i></li><li>• <i>C. curvus</i></li><li>• <i>C. fetus</i></li><li>• <i>C. gracilis</i></li><li>• <i>C. helveticus</i></li><li>• <i>C. hyointestinalis</i></li><li>• <i>C. lawsonii</i></li><li>• <i>C. hominis</i></li><li>• <i>C. hyoilei</i></li><li>• <i>C. insulaenigrae</i></li></ul> |
| <b>Especies</b>             | <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>C. jejuni</i></li><li>• <i>C. lanienae</i></li><li>• <i>C. lari</i></li><li>• <i>C. mucosalis</i></li><li>• <i>C. peloridis</i></li><li>• <i>C. rectus</i></li><li>• <i>C. showae</i></li></ul>  |

---

**Fuente:** Wang et al (2023)

#### 2.2.4 Epidemiología de *Campylobacter* spp

Desde su identificación como patógeno humano, *Campylobacter* spp. representa uno de los principales problemas emergentes en la salud mundial. En la actualidad referirse a *Campylobacter* es hablar del mayor causante de patologías gastrointestinales bacterianas por transmisión alimentaria. Anualmente se estima entre 400 a 500 millones de casos de enterocolitis a nivel mundial, son causados por *Campylobacter* spp. (Aguilar, 2020)

La elevada incidencia de este microorganismo patógeno causante de disenterías varía de un país a otro por diferentes factores, en donde la (OMS, 2020) menciona que su duración y posibles complicaciones están estrechamente vinculadas al punto de vista socioeconómico, ya que en aquellos países en vías de desarrollo las infecciones por *Campylobacter* spp. son especialmente recurrentes en menores de dos años, llegando a ser incluso mortales en su mayoría.

Esta bacteria habita como organismo comensal y coloniza con mayor frecuencia el tracto gastrointestinal de animales de sangre caliente, especialmente aquellos que son destinados para el consumo humano, tales como; aves de corral, bovinos, porcinos, ovinos, avestruces y mariscos, e incluso se han aislado cepas en animales de compañía como perros y gatos. (Toapanta, 2023)

Es menos frecuente que los animales sucumban a la enfermedad producida por *Campylobacter* spp. Además, estudios han demostrado que el tracto digestivo de los bovinos sanos, es un depósito importante para varias especies de esta bacteria, con prevalencias de hasta un 80%. (Urdaneta, 2020)

A pesar de que la Organización Mundial de la Salud sugiere a los países signatarios establecer sistemas de vigilancia epidemiológica respecto a *Campylobacter*, en América Latina son escasos los países que han avanzado en este ámbito. No obstante, en la región se ha difundido información científica sobre este género bacteriano, evidenciándose frecuencias de aislamiento relativamente altas en casos de disentería y en portadores sanos. En Ecuador existe un Sistema de Vigilancia Epidemiológica (SIVE) en el cual incluyen enfermedades de transmisión

alimentaria, sin embargo, la campilobacteriosis no está considerada entre estas patologías, además de haber escasa información al respecto. (Simaluiza, Toledo, & Fernández, 2020)

### **2.2.5 Características Morfológicas y Fisiológicas.**

*Campylobacter* spp. es un bacilo curvo de tamaño pequeño, que puede medir de 0,2 a 0,9  $\mu\text{m}$  de ancho y de 0,2 a 5,0  $\mu\text{m}$  de largo, a nivel de laboratorio son bacterias muy difíciles de aislar, ya que necesitan de un ambiente rigurosamente controlado con una atmósfera microaerofílica (5% de oxígeno, 10% de dióxido de carbono y 85% de nitrógeno), a su vez requiere de un medio altamente selectivo que facilite inhibir el resto de bacterias y aumente el crecimiento de *Campylobacter*, dichos medios de cultivo generalmente contienen o se les adiciona antibiótico para asegurar el crecimiento de la bacteria, entre los más utilizados tenemos el Agar Preston, Agar Skirrow, el mCCDA, Agar Karmali y el Campy-Cefex. (Toapanta, 2023)

Las bacterias del género *Campylobacter* no sintetizan la glucosa, ya que carecen de la enzima 6-fosfofructoquinasa (PFK) que actúa de forma glucolítica, es por eso que utilizan aminoácidos e intermediarios del ciclo de Krebs o del ácido tricarbónico como su fuente de energía. Su incapacidad para fermentar u oxidar carbohidratos y la necesidad de estrictos medios de crecimiento se explica por el genoma relativamente pequeño que poseen las campilobacterias. La temperatura óptima de crecimiento oscila entre los 30°C a 37°C. Bajo condiciones desfavorables a su crecimiento, estas bacterias si tienen la capacidad de formar células viables más no cultivables. Las especies termófilas de este grupo (*C. jejuni*, *C. coli*, *C. lari* y *C. upsaliensis*) son capaces de crecer a temperaturas de 37°C y 42°C, sin embargo, en temperaturas inferiores a 30°C esto se les imposibilita, ya que carecen de los genes de proteínas de choque en frío, mismas que desempeñan un papel indispensable en la adaptación a bajas temperaturas. (Urdaneta, 2020)

#### 2.2.4 Patogenia y Síntomas Asociados.

Cuando el microorganismo ha sido ingerido, llega primero al estómago, en el cual debe superar la barrera del pH gástrico. Es decir que para que la bacteria produzca la enfermedad, debe haber un inóculo de  $10^4$  o 500 unidades formadoras de colonia, que le permitirán poder llegar al intestino delgado, desde este punto deberá movilizarse hacia su órgano blanco, que es colon, gracias a su flagelo que le facilita un transporte rápido y en espiral a través del mucus. Este proceso genera irritación de la superficie de la mucosa intestinal, por lo que han sido denominadas como bacterias mucosa – asociadas. (Galárraga, 2020)

*Campylobacter* tiene la capacidad de sobrevivir libre en la mucosa intestinal o adherirse a las células del epitelio intestinal. La segunda desempeña un papel primordial en la colonización y progresión de la enfermedad, ya que evita la eliminación a partir del intestino por acción del peristaltismo y flujo de fluidos. Posterior a la adhesión se puede llevar a cabo la invasión de las células, esto conlleva a un daño celular, la pérdida de funcionalidad y diarrea. (Cervantes, 2020)

A pesar de que la infección por *Campylobacter* puede dar lugar a diferentes manifestaciones clínicas, comúnmente la campilobacteriosis cursa por cuadros gastroentéricos agudos, originando sintomatología clínica que puede diferir en su severidad y duración. Los síntomas incluyen dolor y calambres abdominales, vómitos, cefalea y a menudo fiebre. Los cuadros diarreicos se manifiestan poco después de la aparición del dolor abdominal y varía significativamente de un individuo a otro, pudiendo presentarse casos leves con diarrea acuosa (no inflamatoria) hasta severa y sanguinolenta (inflamatoria). Clínicamente, la infección por *Campylobacter* es poco distinguible de otras infecciones gastrointestinales agudas, ya que esta se asemeja a infecciones provocadas por bacterias como *Shigella* o *Salmonella*. La evolución de esta patología depende de la virulencia de la cepa y del estado inmunológico del hospedador, siendo frecuentemente una enfermedad autolimitante que dimite entre 4 a 7 días sin necesidad de tratamiento. (Aguilar, 2020)

El Síndrome de Guillain Barré es una de las complicaciones más conocidas del género *Campylobacter* spp. relacionada específicamente a *C. jejuni*. Este síndrome se caracteriza por ser una enfermedad autoinmune, en donde las células linfocitarias atacan a la mielina de los nervios periférico. Se manifiesta con parálisis de las extremidades, alteraciones neurológicas periféricas, en ciertos casos meningitis y raramente la muerte por falla respiratoria y disfunciones graves del sistema nervioso central. (Galárraga, 2020)

#### **2.2.4 Diagnóstico y Métodos de Identificación**

El diagnóstico para *Campylobacter* spp. se lo puede agrupar en dos fases, la primera, que es clínicamente mediante una correcta anamnesis guiada por la sintomatología compatible a la enfermedad. La segunda fase está orientada al diagnóstico por laboratorio mediante pruebas bioquímicas y cultivos en medios selectivos.

En aves y mamíferos, la detección de la colonización intestinal inicia con el aislamiento del patógeno en heces, frotis rectales y/o contenido del ciego, o a su vez en el uso de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). *Campylobacter jejuni* y *C. coli* al ser bacterias termófilas, requieren de un ambiente microaeróbico y una temperatura de incubación de 37–42°C. Se precisa también de medios agar que contengan antibióticos selectivos para aislar estos microorganismos de muestras fecales/intestinales. A su vez, se puede aprovechar su alta movilidad utilizando técnicas de filtración para su aislamiento. Las técnicas de enriquecimiento para identificar la colonización intestinal no se utilizan de forma habitual. La confirmación preliminar de las cepas aisladas puede darse también a través de exámenes de la morfología y la motilidad utilizando microscopía óptica. Los microorganismos en la fase de crecimiento logarítmico, son pequeños y en forma de S, mientras que las formas de cocos prevalecen en los cultivos antiguos. Bajo microscopio de contraste de fases, las bacterias tienen un movimiento veloz y característico como el de un sacacorchos. Se pueden ejecutar pruebas bioquímicas y moleculares, como la PCR y espectrometría de masas mediante MALDI-TOF (desorción/ionización con láser asistida por matriz – tiempo de vuelo) para identificar cepas de *Campylobacter* spp. a nivel de especie. También

se puede utilizar la PCR para la detección directa de *C. jejuni* y *C. coli*. (OIE, 2020)

Sin embargo, existen también otros métodos de identificación como; la técnica de filtración con membrana, la cual es actualmente el método recomendado para el aislamiento primario del género *Campylobacter* spp. Esta técnica facilita el paso de bacterias delgadas y retiene aquellas de mayor tamaño como las de la microbiota entérica, continuadas del cultivo en un medio no selectivo como el agar sangre. Otras técnicas como las de serotipificación incluyen esquemas como Penner y Lior. El método Penner se basa en un antígeno termoestable, donde ejecuta una técnica de hemoaglutinación pasiva. Por otro lado, Lior se focaliza en un antígeno termolábil, usando un método de aglutinación bacteriana. Ambos métodos tienen como desventaja un elevado número de cepas no tipificables, debido al tiempo, los requerimientos técnicos y los elevados costos de sus reactivos. (Zepeda, 2020)

### **2.2.5 Resistencia Antimicrobiana en *Campylobacter* spp**

Las *Campylobacterias* presentan una resistencia intrínseca a ciertos antibióticos, incluyendo la bacitramicina, novomicina y a la cefalotina. Sin embargo, se ha identificado resistencia a ciertos grupos de antibióticos como:

Quinolonas: principalmente Ciprofloxacina, Ofloxacina, Norfloxacina, ya que estas son utilizadas para el tratamiento de enteritis por Campilobacteriosis. Sin embargo, se ha verificado que ciertas cepas mutantes de *C. coli* y *C. jejuni* manifiestan resistencia a la Enrofloxacina y a la Ciprofloxacina.

Tetraciclinas: estas drogas han sido muy utilizadas tanto en medicina humana como veterinaria, entre las principales destacan: Tetraciclina, Doxiciclina y Minociclina. Este tipo de resistencia es auto transmisible solo en especies de *Campylobacter* spp.

Aminoglucósidos: la resistencia a la Kanamicina está especialmente asociada a *C.coli* que a *C.jejuni*, su resistencia está mediada por plásmidos, los mismos que codifican la resistencia a las tetraciclinas.

Macrólidos y Lincosamidas: la Eritromicina es el fármaco de primera elección para el tratamiento de Campilobacteriosis humana, otros antibióticos pertenecientes a este grupo como la Azitromicina, Telitromicina, Tilosina y Tilmocina son más utilizadas en Medicina Veterinaria. La resistencia a estos antibióticos se ha detectado mayormente en países en vías de desarrollo, ya que existe poco control de su uso en la crianza de animales destinados al consumo.

Betalactámicos: la resistencia a la Ampicilina es la de mayor recurrencia en cultivos de *C. jejuni.*, y está asociada a la producción de  $\beta$ -lactamasas. (Galárraga, 2020)

### **2.2.6 Implicaciones para la Salud Pública.**

La resistencia a los antimicrobianos es una problemática que afecta tanto a la salud humana como animal, esta ha incrementado en las últimas décadas por diferentes factores, ya sean, ambientales o socioeconómicos. Sin embargo, una de las causas principales que destacan de este fenómeno es la prescripción inadecuada y el uso indiscriminado de un sinnúmero de antibióticos para tratar enfermedades infecciosas bacterianas.

En la actualidad los agentes antimicrobianos son fundamentales para conservar la salud tanto del hombre como de los animales. Sin embargo, su uso inadecuado ha conducido a la diseminación de bacterias farmacorresistentes, es decir que se ha generado un incremento considerable de la prevalencia de dicha resistencia a nivel mundial, en donde se cree que el principal factor de riesgo es la utilización de estos en animales y humanos. En ambas poblaciones los antibióticos pueden ser prescritos con fines profilácticos o terapéuticos y en animales de producción se suministran además como promotores del crecimiento. El auge global de la resistencia a los antimicrobianos preocupa al ámbito de la salud pública, ya que es un problema que está ligado también a la inocuidad de los alimentos de origen animal, debido a que éstos pueden vehiculizar microorganismos resistentes al hombre figurando un peligro para su salud, dando como resultado fracasos en el tratamiento y consecuentemente cuadros de mayor severidad. (López, Giacoboni, & Sommerfelt, 2020)

La resistencia a los antimicrobianos amenaza actualmente la capacidad existente de solucionar con eficiencia procesos patológicos como: infecciones respiratorias agudas (neumonía), enfermedades diarreicas, el paludismo y la tuberculosis. El uso desmesurado y a menudo empírico de los antibióticos para el tratamiento de diferentes situaciones clínicas, ha generado modificaciones irreversibles de la ecología bacteriana, trayendo consigo consecuencias fatales para la salud pública.

Al imposibilitarse tratar las infecciones con los antibióticos de primera línea será necesario emplear fármacos más costosos, que, sumado a la mayor duración de la enfermedad y del tratamiento, y en algunos casos del medio hospitalario que estas patologías requieren, traerán como consecuencia elevados costos para la atención sanitaria que repercutirán directamente en la económica de las familias y la sociedad. La resistencia a los antimicrobianos está poniendo en riesgo los alcances obtenidos por la medicina moderna, ya que al no se disponer de antibióticos eficaces para prevenir y tratar las infecciones, procedimientos hoy en día muy necesarios como los trasplantes de órganos, la quimioterapia y las intervenciones quirúrgicas se volverán más peligrosas. (OMS, 2020)

## **2.1. Penicilina G**

### **2.1.1. Generalidades.**

La penicilina G, también conocida como bencilpenicilina, es uno de los antibióticos más antiguos y ampliamente utilizados. Pertenece a la clase de antibióticos beta-lactámicos y actúa inhibiendo la síntesis de la pared celular bacteriana, lo que provoca la lisis y muerte de la bacteria. Este antibiótico es especialmente efectivo contra bacterias grampositivas y algunos cocos gramnegativos, como los estreptococos y los estafilococos no productores de beta-lactamasa. Sin embargo, la eficacia de la penicilina G puede verse reducida en presencia de bacterias productoras de beta-lactamasa, una enzima que degrada el anillo beta-lactámico esencial para su actividad (Gaynes, 2020)

La penicilina G es utilizada en el tratamiento de diversas infecciones bacterianas, incluyendo neumonía, faringitis estreptocócica, infecciones cutáneas, sífilis y

endocarditis bacteriana. Su administración es principalmente parenteral debido a su inestabilidad en el ambiente ácido del estómago, lo que impide su uso oral. En el tratamiento de la neurosífilis, por ejemplo, la penicilina G ha demostrado ser altamente efectiva, aunque es importante realizar un seguimiento cuidadoso para evaluar la respuesta al tratamiento y detectar posibles resistencias bacterianas

A pesar de su amplia utilización, el uso de penicilina G enfrenta desafíos debido a la creciente resistencia bacteriana. El desarrollo de cepas resistentes, como algunas cepas de *Staphylococcus aureus* resistentes a meticilina (MRSA), ha disminuido su efectividad en ciertos contextos. Además, la administración de penicilina G puede estar asociada con reacciones alérgicas, que van desde erupciones cutáneas leves hasta anafilaxia severa. Por lo tanto, es crucial realizar pruebas de sensibilidad bacteriana antes de iniciar el tratamiento con penicilina G y considerar alternativas en pacientes con antecedentes de alergias a los beta-lactámicos (Moreira-Lima et al., 2020)

### **2.1.2. Mecanismo de Acción de la penicilina G.**

La penicilina G, también conocida como benzilpenicilina, es un antibiótico beta-lactámico que ejerce su efecto bactericida al interferir con la síntesis de la pared celular bacteriana. El mecanismo de acción de la penicilina G se centra en su capacidad para unirse a las proteínas de unión a penicilina (PBP), que son enzimas esenciales para la construcción y mantenimiento del peptidoglicano, una molécula crucial para la integridad estructural de la pared celular bacteriana. Al inhibir estas PBPs, la penicilina G impide la formación de enlaces cruzados entre las cadenas de peptidoglicano, lo que debilita la pared celular y conduce a la lisis celular debido a la presión osmótica

Esta se administra típicamente por vía intravenosa o intramuscular debido a su baja biodisponibilidad oral. Se distribuye ampliamente en el cuerpo, se metaboliza en el hígado y se excreta predominantemente por los riñones. Su vida media es corta, lo que requiere administraciones frecuentes para mantener niveles terapéuticos efectivos. En el tratamiento de infecciones severas, como la meningitis bacteriana, se administran altas dosis de penicilina G para asegurar su

eficacia clínica (Zhang et al., 2022)

### **2.1.3. Espectro de Actividad**

La penicilina G es particularmente eficaz contra bacterias grampositivas, que tienen una capa gruesa de peptidoglicano, y también contra algunas bacterias gramnegativas. La eficacia de la penicilina G se debe a su habilidad para penetrar las paredes celulares y alcanzar las PBPs. Sin embargo, la resistencia a la penicilina puede desarrollarse a través de la producción de enzimas beta-lactamasas por parte de las bacterias, que hidrolizan el anillo beta-lactámico de la penicilina, inactivándola. Para contrarrestar esta resistencia, a menudo se utilizan combinaciones de penicilina con inhibidores de beta-lactamasas. (Plumb, 2018)

### **2.1.4. Resistencia microbiana a la penicilina G.**

La resistencia bacteriana a la penicilina G ha sido un desafío significativo desde que el antibiótico se introdujo en la práctica clínica. Esta resistencia puede ser tanto natural como adquirida. En el caso de la resistencia natural, algunas bacterias gramnegativas tienen una membrana externa que impide la penetración de la penicilina G. Por otro lado, la resistencia adquirida generalmente se desarrolla a través de la producción de beta-lactamasas, enzimas que degradan el anillo beta-lactámico de la penicilina, neutralizando su eficacia. (Palma & Tilocca, 2020)

A lo largo de los años, se ha observado un incremento en la resistencia a la penicilina G en varios patógenos clínicos. Por ejemplo, *Staphylococcus aureus* ha mostrado consistentemente tasas de resistencia superiores al 95%, mientras que *Streptococcus pneumoniae* ha experimentado una disminución gradual en la resistencia desde 2017 hasta 2021. Esta variabilidad en los patrones de resistencia subraya la necesidad de vigilancia continua y estrategias de manejo antibiótico adecuadas. La resistencia a la penicilina G en *E. coli* y *Klebsiella pneumoniae* también es notable, con *E. coli* mostrando alta resistencia a ampicilina y *K. pneumoniae* presentando fluctuaciones en la resistencia a múltiples antibióticos a lo largo de los años

La resistencia a los antibióticos, incluida la penicilina G, representa una amenaza

global para la salud pública. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y otras entidades han subrayado la urgencia de implementar prácticas robustas de administración de antimicrobianos y mejorar la cobertura de vigilancia. Se proyecta que la resistencia a los antibióticos de última línea, como los carbapenémicos, podría duplicarse para el año 2035 en comparación con los niveles de 2005. Este aumento anticipado destaca la necesidad de nuevos tratamientos y enfoques para controlar la propagación de la resistencia antimicrobiana (Rocha et al, 2021)

## **2.2. Gentamicina**

### **2.2.1. Generalidades.**

La gentamicina es un antibiótico aminoglucósido ampliamente utilizado en medicina veterinaria para tratar infecciones bacterianas en animales, es efectiva contra una variedad de bacterias gramnegativas, incluyendo *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Klebsiella* spp., y se utiliza comúnmente en infecciones del tracto urinario, respiratorio y dérmico en animales.

A pesar de su eficacia, la gentamicina debe ser administrada con precaución en medicina veterinaria, ya que puede tener efectos secundarios, especialmente en dosis elevadas o con un uso prolongado. La monitorización cuidadosa de la función renal y auditiva es esencial durante el tratamiento. Además, se debe evitar su uso en animales preñados o lactantes, y la dosificación debe ajustarse según las características específicas de cada especie para garantizar una terapia segura y efectiva. (Willames, 2020)

### **2.2.2. Mecanismo de Acción de la gentamicina.**

El mecanismo de acción de la gentamicina, un antibiótico aminoglucósido, se centra en su capacidad para interferir con la síntesis de proteínas en las bacterias. Este proceso tiene lugar mediante la unión irreversible de la gentamicina a la subunidad 30S del ribosoma bacteriano. Al unirse a esta subunidad, la gentamicina inhibe la correcta lectura del código genético durante la síntesis de proteínas, lo que impide la formación adecuada de la cadena polipeptídica. (Plumb, 2018)

Esta interferencia en la síntesis proteica bacteriana tiene consecuencias significativas para la célula bacteriana, ya que las proteínas son fundamentales para sus funciones vitales. La incapacidad de sintetizar proteínas esenciales lleva a la detención del crecimiento bacteriano y, finalmente, a la muerte celular. La gentamicina, por lo tanto, exhibe un efecto bactericida al eliminar la capacidad de las bacterias para producir las proteínas necesarias para su supervivencia. Es importante destacar que este mecanismo de acción específico de la gentamicina contribuye a su eficacia contra una variedad de bacterias gramnegativas, siendo un agente valioso en el tratamiento de diversas infecciones. (Sumano & Ocampo, 2020)

### **2.2.3. Espectro de Actividad**

La gentamicina exhibe un espectro de actividad principalmente centrado en bacterias gramnegativas. Su eficacia se extiende a una variedad de patógenos gramnegativos aeróbicos, incluyendo *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis* y *Enterobacter* spp., entre otros. Sin embargo, es importante destacar que la gentamicina tiene una actividad limitada contra bacterias grampositivas. (Plumb, 2018)

Dentro del espectro gramnegativo, la gentamicina es especialmente útil en infecciones del tracto urinario, respiratorio, y se emplea en cirugías y procedimientos que requieren cobertura contra microorganismos gramnegativos. Es crucial considerar que el uso extendido de gentamicina y otros aminoglucósidos puede dar lugar al desarrollo de resistencia bacteriana, por lo que se recomienda un uso prudente y ajustado a las indicaciones específicas. Además, la gentamicina se utiliza a menudo en combinación con otros antibióticos para mejorar la eficacia y reducir el riesgo de resistencia. (Blair & Webber, 2020)

### **2.2.4. Resistencia a la gentamicina.**

La resistencia a la gentamicina es un fenómeno preocupante que ha surgido debido al uso extenso e inapropiado de este antibiótico y otros aminoglucósidos. La resistencia puede manifestarse a través de diversos mecanismos, siendo uno de los

más comunes la modificación enzimática de la gentamicina. En este proceso, las bacterias desarrollan enzimas modificadoras que inactivan la acción del antibiótico, impidiendo que se una al ribosoma bacteriano y ejerza su efecto antimicrobiano. (Yagui, 2020)

Otro mecanismo de resistencia implica alteraciones en los componentes de la membrana celular que actúan como barreras, evitando que la gentamicina ingrese a la bacteria. Además, la presencia de bombas de eflujo en la membrana celular puede expulsar activamente la gentamicina fuera de la célula antes de que pueda ejercer su acción.

La resistencia a la gentamicina representa un desafío significativo en el tratamiento de infecciones bacterianas, ya que reduce la eficacia de este antibiótico. Para combatir este problema, es fundamental adoptar prácticas de uso responsable de antibióticos, incluyendo la dosificación adecuada y la combinación de agentes antimicrobianos cuando sea necesario, para minimizar el desarrollo y la propagación de la resistencia. (Meza, 2020)

### **2.3. Sulfametoxazol–Trimetoprim**

#### **2.3.1. Generalidades.**

El sulfametoxazol–trimetoprim es una combinación de dos medicamentos antimicrobianos utilizados comúnmente en el tratamiento de infecciones bacterianas. Esta combinación se conoce como una terapia de combinación de trimetoprim y sulfametoxazol, y ambos componentes actúan sinérgicamente para inhibir diferentes pasos en la síntesis de ácidos nucleicos bacterianos.

La combinación de sulfametoxazol y trimetoprim es eficaz contra una amplia variedad de bacterias, incluyendo algunas resistentes a otros antibióticos. Se utiliza para tratar infecciones del tracto urinario, infecciones respiratorias, infecciones gastrointestinales y otras infecciones bacterianas. Sin embargo, su uso debe ser supervisado por un profesional de la salud y se debe tener en cuenta la resistencia bacteriana local al tomar decisiones terapéuticas. (Lekshmi & Ammini, 2020)

### **2.3.2. Mecanismo de Acción de Sulfametoxazol–Trimetoprim.**

El sulfametoxazol–trimetoprim actúa mediante la inhibición de dos pasos clave en la vía de síntesis de ácido fólico en las bacterias, lo que afecta la producción de purinas y pirimidinas necesarias para la síntesis de ácidos nucleicos. Este mecanismo de acción dual es sinérgico, ya que ambos componentes actúan de manera complementaria para inhibir la proliferación bacteriana. Aquí se detalla el mecanismo de acción. (Prescott, 2020)

#### **- Mecanismo de Acción de Sulfametoxazol.**

El sulfametoxazol es un análogo estructural del ácido para-aminobenzoico (PABA), un precursor esencial para la síntesis de ácido fólico en las bacterias. Actúa compitiendo con el PABA por la enzima dihidropteroato sintasa, que normalmente convierte el PABA en dihidropteroato. Al inhibir esta enzima, el sulfametoxazol impide la formación de dihidropteroato y, por lo tanto, interrumpe la síntesis de ácido fólico. (Sumano & Ocampo, 2020)

#### **- Mecanismo de Acción de Trimetoprim.**

El trimetoprim es un inhibidor de la enzima dihidrofolato reductasa, que normalmente convierte el dihidrofolato en tetrahidrofolato. El tetrahidrofolato es una forma activa esencial para la síntesis de purinas y pirimidinas, componentes críticos de los ácidos nucleicos. Al bloquear el dihidrofolato reductasa, el trimetoprim evita la formación de tetrahidrofolato y, por lo tanto, compromete la síntesis de ácidos nucleicos. (Plumb, 2018)

### **2.3.3. Espectro de Actividad**

El sulfametoxazol–trimetoprim tiene un amplio espectro de actividad antimicrobiana, lo que significa que puede ser efectivo contra una variedad de bacterias. Este antimicrobiano es particularmente eficaz contra bacterias gramnegativas y algunas bacterias grampositivas.

Es importante tener en cuenta que, como con cualquier antibiótico, la resistencia bacteriana puede variar geográficamente y con el tiempo. Por lo tanto, es crucial

realizar pruebas de sensibilidad antimicrobiana para determinar la eficacia del sulfametoxazol–trimetoprim en contextos específicos y para tratar infecciones causadas por cepas resistentes. (Eliopoulos & Huovinen, 2020)

**-Bacterias Gramnegativas:**

- *Escherichia coli*
- *Campylobacter spp*
- *Klebsiella pneumoniae*
- *Haemophilus influenzae*
- *Proteus mirabilis*
- *Salmonella spp.*
- *Shigella spp.*
- *Bordetella pertussis*
- *Enterobacter spp.*

**-Bacterias Grampositivas:**

- *Staphylococcus aureus*
- *Streptococcus pneumoniae*
- *Streptococcus pyogenes*

**-Algunas Bacterias Intracelulares:**

- *Chlamydia spp.*
- *Nocardia spp.*

**2.3.4. Resistencia a Sulfametoxazol–Trimetoprim.**

A pesar de su efectividad, la resistencia a sulfametoxazol–trimetoprim ha sido documentada en diversas cepas bacterianas. La resistencia puede surgir debido a varios mecanismos, y es importante entender estos aspectos para un uso clínico adecuado de este antimicrobiano. (Ríos, 2020)

La resistencia a este antimicrobiano puede variar según el tipo de bacteria y su capacidad para adquirir y transferir genes de resistencia. La vigilancia continua de la resistencia bacteriana y la realización de pruebas de sensibilidad son esenciales para orientar el uso adecuado de sulfametoxazol–trimetoprim en la práctica clínica y minimizar el desarrollo de resistencia. Es importante destacar que la automedicación y el uso innecesario de antibióticos pueden contribuir al aumento de la resistencia antimicrobiana. (Schwarz & Loeffler, 2020)

### **2.3.5. Sinergias y Combinaciones.**

La combinación de sulfametoxazol–trimetoprim es conocida por su efectividad debido a la sinergia entre ambos componentes, ya que actúan en diferentes etapas de la vía de síntesis de ácido fólico en las bacterias. Además de utilizarse como una entidad combinada, en algunos casos se puede administrar en combinación con otros agentes antimicrobianos para tratar infecciones específicas o mejorar la eficacia. (Sumano & Ocampo, 2020)

Aquí hay algunas sinergias y combinaciones relevantes:

#### **-Combinación con Clindamicina:**

La combinación de sulfametoxazol–trimetoprim con clindamicina ha sido utilizada en el tratamiento de infecciones graves causadas por bacterias anaeróbicas y ciertas bacterias grampositivas. Esta combinación amplía el espectro antimicrobiano y puede ser beneficiosa en infecciones mixtas.

#### **-Combinación con Amoxicilina o Ampicilina:**

En algunas situaciones, la combinación de sulfametoxazol–trimetoprim con un beta-lactámico como amoxicilina o ampicilina se ha utilizado para tratar infecciones respiratorias y del tracto respiratorio superior. Esta combinación puede ser efectiva contra ciertos patógenos que pueden ser resistentes a uno de los agentes por separado. (Monaghan & Labato, 2021)

### **-Combinación con Rifampicina:**

La combinación de sulfametoxazol–trimetoprim con rifampicina se ha utilizado en el tratamiento de infecciones por *Staphylococcus aureus*, incluyendo aquellas causadas por cepas resistentes a metilina (MRSA). Esta combinación puede tener un efecto sinérgico contra ciertos patógenos resistentes.

### **- Combinación con Fluoroquinolonas:**

En algunos casos, la combinación de sulfametoxazol–trimetoprim con fluoroquinolonas ha sido empleada para ampliar el espectro de cobertura antimicrobiana en infecciones urinarias y respiratorias.

Es importante destacar que la elección de combinaciones antimicrobianas debe basarse en la identificación del patógeno, los resultados de pruebas de sensibilidad, la gravedad de la infección y otras consideraciones clínicas. La terapia antimicrobiana debe ser guiada por profesionales de la salud y adaptada a las características específicas de cada paciente y la epidemiología local. (Lapierre & Gática, 2020)

## **2.4. Aislamiento microbiológico de patógenos**

### **2.6.1 Cultivo de *Campylobacter* spp.**

El cultivo de *Campylobacter* spp. implica un proceso meticuloso que aborda las particularidades de estas bacterias. Inicia con la recolección de muestras, que pueden ser de origen clínico o alimentario, seguida de un pretratamiento para concentrar o eliminar impurezas. La incubación en estas condiciones específicas replicando su entorno natural es crucial para garantizar la viabilidad de las bacterias. Luego, se procede al subcultivo en medios sólidos selectivos, donde se inhibe el crecimiento de microorganismos no deseados. (Abay & Kayman, 2020)

Es esencial realizar estas etapas bajo condiciones de microaerofilia para mantener la fisiología óptima de las bacterias. La confirmación de la identificación se lleva a cabo mediante pruebas adicionales, como pruebas bioquímicas o moleculares, garantizando así la precisión en la identificación de *Campylobacter* spp. Estas

prácticas cuidadosas y específicas son esenciales para superar los desafíos asociados con la sensibilidad y las características únicas de *Campylobacter* durante el proceso de cultivo.

### **2.6.2 Condiciones de cultivo óptimas Condiciones de Cultivo:**

*Campylobacter* spp. es un género de bacterias microaerófilas, lo que significa que requieren niveles bajos de oxígeno para crecer adecuadamente. Se cultivan en condiciones de microaerofilia, que se pueden lograr utilizando sistemas de generación de microaerofilia o incubadoras con atmósfera controlada.

#### **Temperatura de Incubación:**

La temperatura óptima de incubación para *Campylobacter* spp. suele estar en el rango de 42-43°C.

#### **Medios de Cultivo Selectivos:**

Se utilizan medios de cultivo selectivos específicos para *Campylobacter*, como agar selectivo de *Campylobacter* o agar de sangre con antibióticos selectivos. Estos medios inhiben el crecimiento de otras bacterias y favorecen el desarrollo de *Campylobacter*.

#### **Atmosfera de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>:**

Además de condiciones de microaerofilia, *Campylobacter* spp. suelen crecer mejor en presencia de una atmósfera enriquecida con dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y nitrógeno (N<sub>2</sub>). Esto se puede lograr mediante sistemas de generación de atmósfera controlada.

#### **Incubación Prolongada:**

El cultivo de *Campylobacter* puede requerir incubaciones prolongadas, a menudo de 24 a 48 horas o más, para obtener colonias visibles debido a su crecimiento lento.

### **2.6.3 Técnicas de Aislamiento y Enriquecimiento.**

El aislamiento y enriquecimiento de *Campylobacter* spp. de muestras clínicas o alimentarias es un proceso clave en el laboratorio para su identificación precisa. (Montero & Vayas, 2020)

### **2.6.4 Métodos de Identificación**

La identificación precisa de *Campylobacter* spp. es esencial para comprender su papel en la salud humana y animal. La elección de la técnica dependerá de los recursos disponibles, el propósito de la identificación y la necesidad de caracterización a nivel de especie o cepa. (Guardabassi & Damborg, 2020)

Aquí se presentan algunos métodos comunes de identificación utilizados en el laboratorio:

#### **Pruebas Bioquímicas:**

Oxidasa: *Campylobacter* spp. es positivo para la prueba de oxidasa. Catalasa: Presenta actividad catalasa positiva.

Hidrólisis de Hipurato: Muchas especies de *Campylobacter*, como *C. jejuni*, pueden hidrolizar el hipurato. Esta prueba puede ser utilizada para diferenciar entre especies.

#### **Pruebas de Sensibilidad a Antibióticos:**

Las pruebas de sensibilidad antimicrobiana pueden ayudar a confirmar la identificación y proporcionar información importante para el tratamiento. (Villafuerte & Gonzalo, 2020)

#### **PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa):**

Las técnicas de PCR específicas para *Campylobacter* spp. permiten la identificación rápida y precisa. Se pueden diseñar cebadores específicos para genes característicos de *Campylobacter*.

### **Aglutinación con Antisueros Específicos:**

Algunas especies de *Campylobacter* pueden ser identificadas mediante la aglutinación con antisueros específicos. Este método es particularmente útil para distinguir especies en el género.

### **Perfil de Tolerancia a los Antibióticos:**

Algunas especies de *Campylobacter* pueden ser identificadas según su perfil de tolerancia a los antibióticos específicos. (Murray, 2020)

### **Microscopía Electrónica:**

La microscopía electrónica puede utilizarse para observar la morfología celular de *Campylobacter*.

### **Cultivo y Características Colonias:**

La observación de las características colonias en medios selectivos puede proporcionar pistas iniciales para la identificación.

### **Enzimas de Restricción:**

El uso de enzimas de restricción en combinación con electroforesis de campo pulsado puede ser utilizado para caracterizar genéticamente cepas de *Campylobacter*.

La combinación de estos métodos proporciona una identificación robusta de *Campylobacter* spp. en el laboratorio. (Montero & Vayas, 2020)

### **2.6.5 Consideraciones de Bioseguridad**

El cultivo de *Campylobacter* spp. en el laboratorio requiere rigurosas consideraciones de bioseguridad para garantizar la seguridad del personal y prevenir la contaminación. En primer lugar, se destaca la necesidad de trabajar en un entorno controlado, como una cabina de seguridad biológica de Clase II o en una sala de microbiología con sistemas de ventilación eficaces. La manipulación

de *Campylobacter* debe realizarse dentro de estas condiciones para minimizar la exposición del personal a aerosoles y partículas contaminantes, ya que estas bacterias son microaerófilas y sensibles al oxígeno. (Bolton, 2020)

El uso adecuado de equipo de protección personal (EPP) es esencial para la seguridad del personal que trabaja con *Campylobacter*. Esto incluye el uso de batas de laboratorio, guantes, gafas de seguridad y, en casos específicos, máscaras faciales o caretas. La capacitación continua del personal en prácticas de seguridad y el monitoreo ambiental para detectar posibles contaminaciones son medidas cruciales en el mantenimiento de un entorno de trabajo seguro. (Picazo, 2020)

Además, la gestión adecuada de desechos contaminados es esencial para prevenir la propagación de *Campylobacter* y proteger tanto al personal como al entorno circundante. La eliminación de desechos debe seguir los protocolos de bioseguridad, utilizando bolsas designadas para desechos biológicos y cumpliendo con las regulaciones locales de eliminación de residuos peligrosos. Estas consideraciones de bioseguridad no solo protegen la salud del personal, sino que también son fundamentales para garantizar resultados de cultivo confiables y libres de contaminación.

#### **2.6.6 Problemas Específicos en el Cultivo de *Campylobacter***

El cultivo de *Campylobacter* spp. conlleva desafíos específicos derivados de las características únicas de estas bacterias. En primer lugar, su sensibilidad al oxígeno presenta un obstáculo, ya que la exposición prolongada puede afectar su viabilidad. La microaerofilia es esencial para su crecimiento, lo que implica el uso de condiciones de cultivo específicas, como incubadoras con control de atmósfera. Además, la temperatura de incubación debe mantenerse cuidadosamente en el rango óptimo de 42-43°C, ya que temperaturas más bajas pueden ralentizar o inhibir su desarrollo. (Murray, 2020)

Otro desafío radica en la variabilidad entre las especies de *Campylobacter*. La diferenciación precisa requiere técnicas adicionales, ya que las diferencias fenotípicas pueden no ser suficientes. Además, la contaminación cruzada con otros

microorganismos es una preocupación constante debido a la fastidiosa naturaleza de *Campylobacter*. Utilizar medios de cultivo selectivos y practicar técnicas asépticas son prácticas esenciales para minimizar este riesgo.

Por último, la necesidad de incubaciones prolongadas constituye un desafío práctico. El crecimiento lento de *Campylobacter* spp. puede requerir períodos extendidos, más allá de las incubaciones estándar, lo que puede aumentar la complejidad de los experimentos y la gestión del tiempo en el laboratorio. Estos desafíos resaltan la importancia de protocolos rigurosos y técnicas específicas para el cultivo exitoso de *Campylobacter* spp. (Duarte & Santos, 2020)

## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Ubicación de la investigación.

##### **Localización de la investigación.**

Este estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Biología Molecular del Departamento de Investigación y vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar.

##### **Situación geográfica y edafoclimática.**

##### **Tabla 2.**

*Situación geográfica y edafoclimática.*

| <b>Categoría</b>                    | <b>Descripción</b>        |
|-------------------------------------|---------------------------|
| <b>Altitud Promedio</b>             | 2.580 m s. n. m.          |
| <b>Superficie Total</b>             | 1.016,454 km <sup>2</sup> |
| <b>Temperatura máxima</b>           | Templado andino           |
| <b>Temperatura media</b>            | 15°C                      |
| <b>Temperatura mínima</b>           | Entre 10°C y 25°C         |
| <b>Precipitación promedio anual</b> | 500 a 1.000 mm            |

##### **Zona de vida.**

De acuerdo con la clasificación de la zona de vida, realizado por L. Holdrige, el sitio corresponde a la formación Bosque Húmedo Montano Bajo (Bhmb).

## **3.2. Metodología.**

### **3.2.1. Material experimental.**

- 60 cepas aisladas de muestras de carne
- Penicilina G
- Gentamicina
- Sulfametoxazol–Trimetoprim

### **3.2.2. Factor en estudio.**

**Factor (a)**- Fármacos en estudio.

(a<sub>1</sub>): Penicilina G

(a<sub>2</sub>): Gentamicina

(a<sub>3</sub>): Sulfametoxazol-Trimetoprim

**Factor (b)**: Concentración de fármacos

(a<sub>1</sub>): 5 µg

(a<sub>2</sub>): 10 µg

(a<sub>3</sub>): 15 µg

### **3.2.3. Tratamientos.**

De acuerdo a los factores en estudio, se describen a continuación los tratamientos supuestos a verificación:

**Tabla 3.**

*Tratamientos en estudio.*

| <b>Trat.</b>   | <b>Descripción</b>  |
|----------------|---|
| T <sub>1</sub> | Discos para antibiograma Gentamicina (5 µg)                   |
| T <sub>2</sub> | Discos para antibiograma Gentamicina (10 µg)                  |
| T <sub>3</sub> | Discos para antibiograma Gentamicina (15 µg)                  |
| T <sub>4</sub> | Discos para antibiograma Penicilina G (5 µg)                  |
| T <sub>5</sub> | Discos para antibiograma Penicilina G (10 µg)                 |
| T <sub>6</sub> | Discos para antibiograma Penicilina G (15 µg)                 |
| T <sub>7</sub> | Discos para antibiograma Sulfametoxazol + Trimetoprim (5 µg)  |
| T <sub>8</sub> | Discos para antibiograma Sulfametoxazol + Trimetoprim (10 µg) |
| T <sub>9</sub> | Discos para antibiograma Sulfametoxazol + Trimetoprim (15 µg) |

#### **3.2.4. Descripción técnica del ensayo**

Se tomaron 60 muestras de carne de bovinos, las cuales fueron sometidas a pruebas bioquímicas y microscópicas para determinar si fueron positiva a *Campylobacter* spp, y así establecimos la prevalencia de este patógeno en el sitio de estudio; para luego multiplicar los aislados bacterianos para el estudio antimicrobiano con los tratamientos en estudio y así determinar el CMI (concentración mínima inhibitoria) del fármaco en relación con el patógeno en estudio.

#### **3.2.5. Tipo de diseño experimental o estadístico.**

El diseño que se utilizó para el presente estudio fue un Diseño de bloques completamente al azar (DBCA)

#### **3.2.6. Tipo de análisis.**

Para determinar el tratamiento más eficaz en el control de bacterias del género *Campylobacter* spp., además de la concentración mínima inhibitoria (CMI) realizamos un análisis de varianza (ADEVA) con los tratamientos propuestos.

**Tabla 4.**

*Detalle del ANOVA.*

| <b>Fuentes de variación</b>    | <b>Grados de libertad</b> |
|--------------------------------|---------------------------|
| Total (t* r) -1                | 26                        |
| Tratamientos (t - 1)           | 8                         |
| Bloques (repeticiones) r -1    | 2                         |
| Error experimental (t-1) (r-1) | 16                        |

-Prueba de comparación de medias de Tukey para los resultados de los tratamientos (5%).

### **3.2.7. Métodos de evaluación y datos a tomase**

- **Prevalencia**

Formula que se utilizó para determinar el porcentaje de casos positivos en un espacio y tiempo determinado.

$$Prevalencia (\%) = \frac{\text{Número de muestras positivas para } Campylobacter \text{ spp}}{\text{Número total de muestras analizadas}} \times 100$$

### **Microscopia directa**

Se realizó una observación directa a través del microscopio de las características específicas de *Campylobacter* spp

- **Tinción de Gram**

GRAM (-) = las células se tiñen de rojo (safranina).

GRAM (+) = las células retienen el colorante violeta-iodo durante la tinción

- **Prueba de Catalasa**

(-) = No reacciona

(+) = liberación de burbujas de oxígeno y agua

- **Prueba de Oxidasa** (-) = oxidasa-positivas (+) = oxidasa-negativas

- **Actividad antimicrobiana**

Se realizaron las mediciones de los halos de acción farmacológica según la reacción de los tratamientos en estudio:

Resistencia (R) = No presento actividad antimicrobiana; Inhibición (I) = Inhibición parcial de bacterias; Susceptible (S) = Susceptibilidad bacteriana.

- **Concentración mínima inhibitoria (CMI)**

Se determinó la cantidad mínima de fármaco necesaria para inhibir al patógeno en estudio.

### **3.2.8. Manejo del experimento.**

#### **- Obtención de muestras.**

Las muestras que empleamos provinieron de productos de origen animal (carne) recolectadas en el canal municipal del cantón Guaranda durante un lapso de 2 meses. Con el propósito de aislar el patógeno, se recolectaron en total 60 muestras de carne faenada en el camal municipal del cantón Guaranda a lo largo de un periodo de 8 semanas. Una vez obtenidas, se procedió al traslado inmediato de las muestras al laboratorio de Microbiología de la Universidad de Bolívar, donde fueron procesadas en un plazo de 2 horas.

#### **- Preparación y homogenización de las muestras.**

Las muestras de carne faenada obtenidas, fueron preparadas para su inoculación y análisis, este procedimiento se realizó mediante la adición de 90 µL de agua tampón peptona (ATP) a 10 gr de muestra de carne faenada recogida, la cual fue combinada

en una bolsa de Stomacher (BA6141/STR Stomacher®), en la que se aplicaron fuerzas mecánicas de aplastamiento y movimiento mediante la máquina de homogenización Stomacher® 400, con el fin de extraer sedimentaciones microbianas para poder ser inoculadas en el medio de cultivo seleccionado para la investigación.

#### **- Inoculación de la muestra homogenizada.**

La inoculación del patógeno *Campylobacter* spp en medio de cultivo *Campylobacter* Agar Kidrow se llevó a cabo de manera meticulosa para garantizar resultados precisos en el estudio microbiológico, se prepararon cajas petri estériles etiquetadas de acuerdo a los tratamientos propuestos en el estudio.

Utilizando el asa de siembra aséptica, se aplicó el inóculo sobre la superficie del medio de cultivo *Campylobacter* Agar Kidrow, tras este procedimiento, las cajas fueron dejadas en reposo por 30 minutos y luego cerradas herméticamente, luego las placas fueron llevadas a incubación a 32°C, el crecimiento de las muestras se realizó en condiciones de microaerofilia (10% CO<sub>2</sub>, 5% O<sub>2</sub>, y 85% N<sub>2</sub>), con la utilización de un sistema de generación atmosférica Anaerojar<sup>TM</sup>, sumado a un sobre para generar dichas condiciones CampyGen<sup>TM</sup>

La elección del medio de cultivo *Campylobacter* Agar Kidrow permitió un crecimiento selectivo y diferencial de *Campylobacter* spp, facilitando su identificación y estudio. Este enfoque sistemático de inoculación aseguró la validez de los resultados obtenidos y proporcionó información valiosa sobre la presencia y comportamiento de *Campylobacter* spp en las muestras de carne analizadas.

#### **- Observación de los patógenos por microscopía directa.**

Una vez incubado el patógeno del género *Campylobacter* en las cajas Petri con medio de cultivo *Campylobacter* Agar Kidrow, se seleccionaron colonias que presenten características aparentes al género *Campylobacter* spp y se les analizaron mediante microscopía directa, tinción de Gram, catalasa y oxidasa.

#### - **Preparación del inóculo y aplicación del método disco-placa (Kirby-Bauer)**

Una vez confirmados microscópicamente los patógenos del género *Campylobacter*, se realizó el estudio antimicrobiano de este con los antibióticos en estudio y sus distintas concentraciones, según los tratamientos propuestos. Realizamos una siembra de una suspensión bacteriana estándar (0.5 McFarland) sobre agar Mueller-Hinton y aplicamos discos impregnados con antibióticos dependiendo del tratamiento en estudio. Tras una incubación a 35–37 °C por 18 a 24 horas, medimos el diámetro de la zona de inhibición que rodeó a cada disco, lo cual permitió clasificar a la bacteria como sensible, intermedia o resistente. Organismos como la CLSI y la OMS continúan recomendando esta técnica como base para estudios de vigilancia y prácticas clínicas de rutina (Yaqub et al., 2023)

#### - **Análisis de la sensibilidad antibiótica.**

Mediante lectura directa, determinamos la susceptibilidad o resistencia bacteriana a los fármacos en estudio concentración mínima inhibitoria de los antibióticos en estudio (Penicilina G, gentamicina y sulfametoxazol–trimetoprim) utilizando distintas concentraciones en dilución de agente antimicrobiano contra los dos agentes patógenos en estudio.

Una vez que el disco impregnado con antibiótico entra en contacto con la superficie del agar, el disco de papel filtro absorbió la humedad presente y el antibiótico comenzó a difundirse a través del agar, generando un gradiente de concentración.

#### - **Dilución para la concentración mínima inhibitoria (CMI)**

Se midieron los diámetros de las zonas de inhibición de los discos que fueron colocados según los parámetros de concentración y difusión del antibiótico según los tratamientos propuestos, para determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI), es decir, el mínimo de antibiótico que los resultados serán interpretados de acuerdo a los criterios establecidos por según EUCAST (European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing) y el CLSI (Clinical Laboratory and Standards Institute) para los antibióticos en estudio.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### Identificación de *Campylobacter spp* mediante técnicas bioquímicas y microscópicas.

En primer lugar, se procedió a identificar la presencia de *Campylobacter spp.* en muestras cárnicas de bovinos. Para la identificación se aplicaron métodos de detección tradicionales para la identificación de *Campylobacter spp.*, como la tinción de Gram, pruebas de catalasa y oxidasa, observación microscópica, y cultivo en medio selectivo, bajo condiciones microaerófilas, considerado el método de referencia o “gold estándar”.

**Tabla 5.**

*Identificación de Campylobacter spp mediante técnicas bioquímicas y microscópicas.*

| <b>Tinción de Gram</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje (%)</b> |
|------------------------|-------------------|-----------------------|
| Gram (+)               | 0                 | 0                     |
| Gram (-)               | 54                | 90                    |
| No existió cultivo     | 6                 | 10                    |
| Total                  | 60                | 100                   |

| <b>Oxidasa</b>     | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje (%)</b> |
|--------------------|-------------------|-----------------------|
| Positivo           | 54                | 90                    |
| Negativo           | 0                 | 0                     |
| No existió cultivo | 6                 | 10                    |
| Total              | 60                | 100                   |

| <b>Catalasa</b>    | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje (%)</b> |
|--------------------|-------------------|-----------------------|
| Positivo           | 54                | 90                    |
| Negativo           | 0                 | 0                     |
| No existió cultivo | 6                 | 10                    |
| Total              | 60                | 100                   |

| <b>Morfología</b>  | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje (%)</b> |
|--------------------|-------------------|-----------------------|
| Positivo           | 54                | 90                    |
| Negativo           | 0                 | 0                     |
| No existió cultivo | 6                 | 10                    |
| Total              | 60                | 100                   |

En la tinción de Gram, el 90 % (n = 54) de las muestras evidenció una reacción Gram negativa, característica de *Campylobacter* spp., mientras que no se obtuvieron cultivos en el 10 % restante. Las pruebas bioquímicas de oxidasa y catalasa resultaron positivas en el 90 % de las muestras (n = 54), lo cual coincide con el perfil enzimático típico del género.

**Figura 1.**

*Prueba de catalasa (+)*

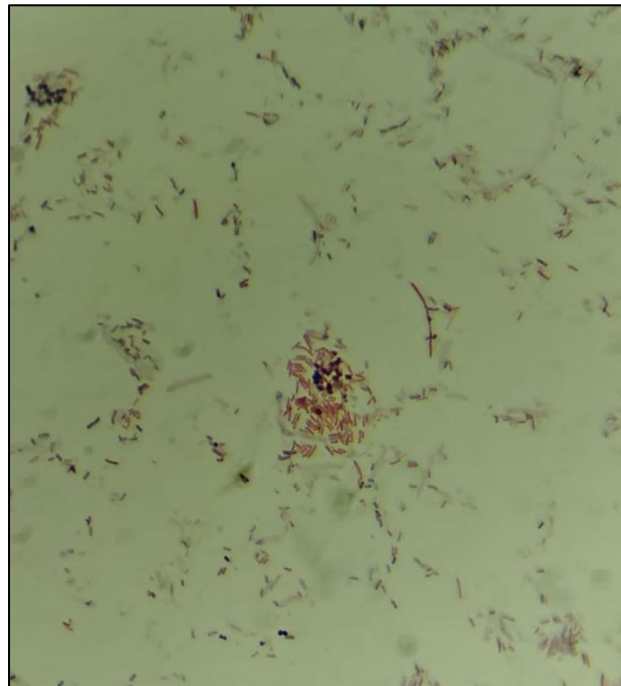


Ellis-Iversen et al., (2020), mencionan que la elección del protocolo de muestreo y diagnóstico debe adaptarse a los recursos disponibles y a los objetivos específicos de la investigación, ya que estos factores influyen directamente en la sensibilidad y confiabilidad del diagnóstico. Esto concuerda con Thornval & Hoorfar, (2020), que menciona que, pese al desarrollo de tecnologías emergentes, el cultivo sigue siendo el estándar de referencia para confirmar la presencia de *Campylobacter*, especialmente en estudios epidemiológicos o de monitoreo microbiológico.

Por otra parte, en la observación microscópica directa se identificó la morfología en forma de espiral o “coma” en el mismo porcentaje de muestras, confirmando la presencia de estructuras compatibles con *Campylobacter* spp.

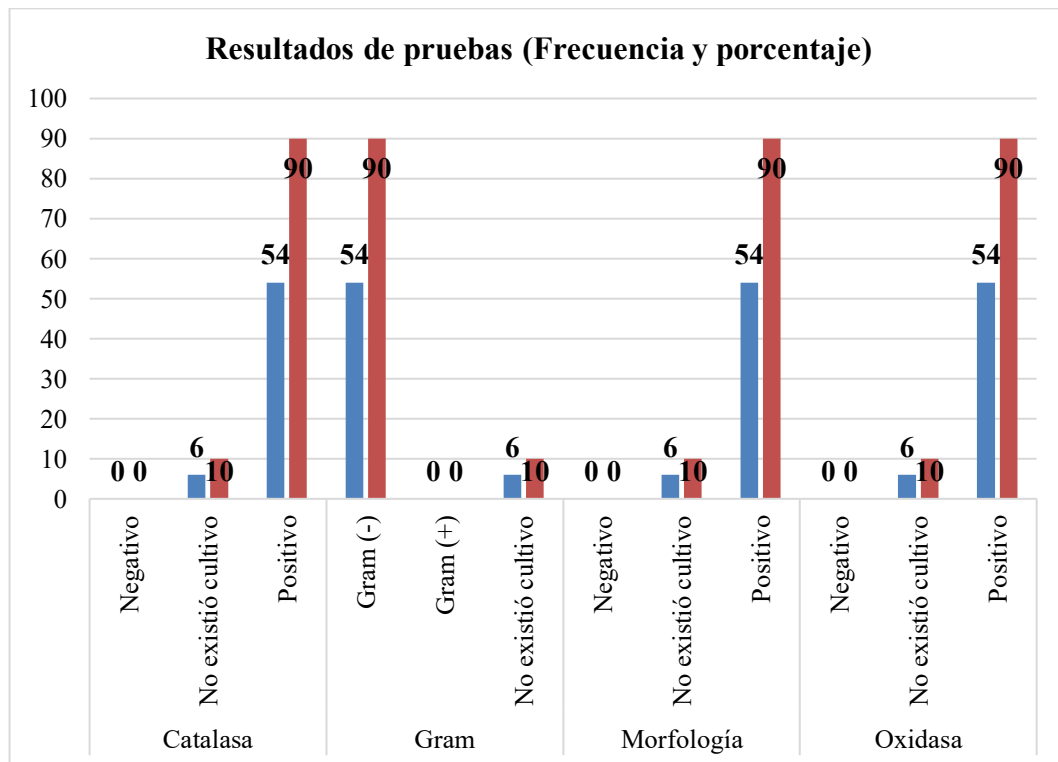
**Figura 2.**

*Tinción de gram de Campylobacter spp*



**Figura 3.**

*Resultados de pruebas microbiológicas por frecuencia y porcentaje.*



Soto-Beltrán et al. (2023) destacan la importancia de combinar cultivos selectivos, condiciones microaerófilas específicas y pruebas bioquímicas (como catalasa, oxidasa e identificación morfológica) para la detección eficaz de *Campylobacter* spp., señalando que el cultivo sigue siendo el estándar oro en ambientes con recursos limitados. La utilidad de estas técnicas en estudios de campo, especialmente cuando el acceso a tecnologías moleculares es restringido, aunque también señalan la necesidad futura de incorporar métodos complementarios más sensibles, como PCR, para incrementar la especificidad diagnóstica en entornos de vigilancia alimentaria.

Andritsos et al. (2023) utilizaron una combinación de medios enriquecidos y selectivos, incluyendo mCCDA, Bolton y Preston, además de técnicas moleculares para confirmar la presencia de *C. jejuni* y *C. coli*. Los autores resaltan que el uso exclusivo de un solo medio puede limitar la recuperación del microorganismo, recomendando el uso combinado de varios métodos para mejorar la sensibilidad diagnóstica

### **Prevalencia de *Campylobacter* spp.**

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas (tinción de Gram, oxidasa, catalasa y observación microscópica) se identificaron n=54/60 muestras cárnicas como presuntamente positivas para *Campylobacter* spp., debido a que presentaban las características morfológicas y microbiológicas típicas del género. Estas pruebas convencionales permitieron establecer una presunción diagnóstica inicial, útil para orientar la detección del patógeno. Posteriormente, se realizó el cultivo bacteriano como prueba confirmatoria, dado que es considerado el método gold estándar para la detección de *Campylobacter* spp.

**Tabla 6.**

*Identificación de *Campylobacter* spp mediante cultivo bacteriano (Gold estándar*

| <b>Cultivo bacteriano</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje (%)</b> |
|---------------------------|-------------------|-----------------------|
| Crecimiento               | 54                | 90                    |
| No existió crecimiento    | 6                 | 10                    |

La utilización del cultivo permitió establecer de manera precisa que 54 de las 60 muestras analizadas fueron positivas, lo cual coincide plenamente con los resultados obtenidos en las pruebas iniciales. Estas muestras fueron clasificadas como positivas, lo que permitió establecer una prevalencia del 90 % del agente en las muestras evaluadas.

Los resultados obtenidos en esta investigación indican una prevalencia del 90 % de *Campylobacter* spp. en muestras cárnicas bovinas provenientes de camales del cantón Guaranda, valor que se encuentra muy por encima del reportado en estudios internacionales.

**Figura 4.**

*Campylobacter* spp. en medio de cultivo.



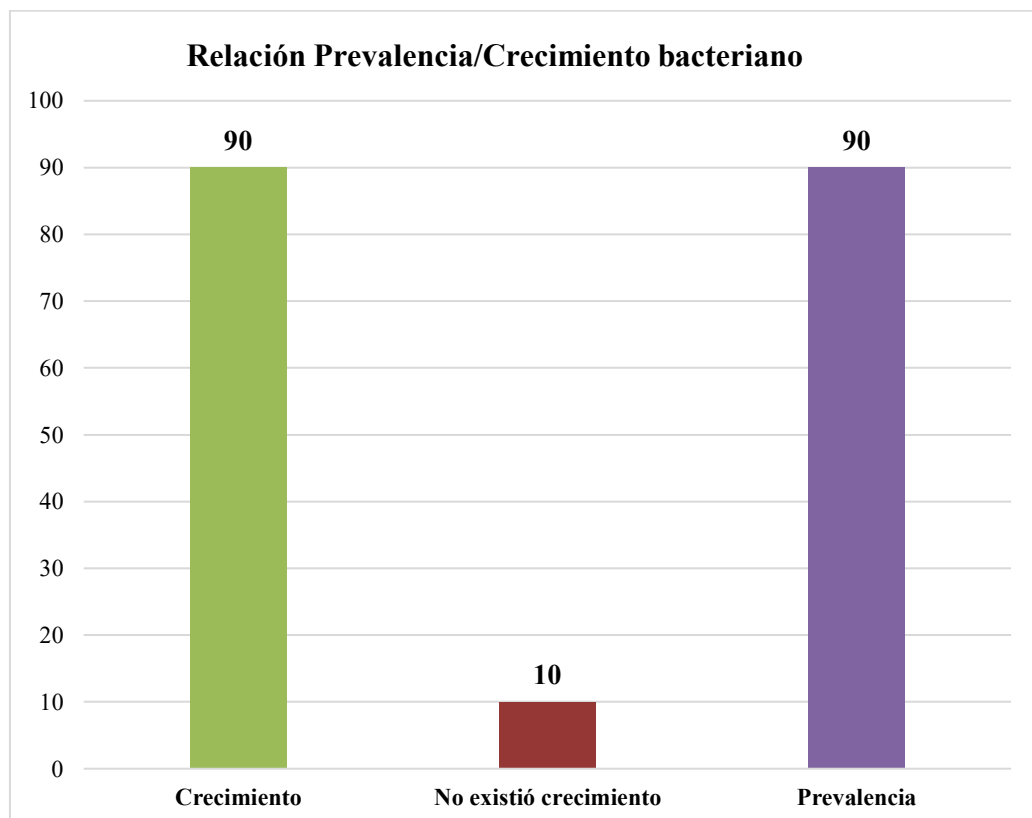
Shahreza et al. (2022) encontraron una prevalencia total del 13,5 % en muestras de carne cruda de ovino, caprino y bovino recolectadas en Irán, siendo la carne bovina la que presentó el mayor porcentaje dentro de su estudio (25 %). De manera similar, Aydin et al. (2020) reportaron una prevalencia del 21,5 % en carne de res en Turquía. Estas diferencias podrían deberse a condiciones higiénico-sanitarias del

faenamiento, almacenamiento o comercialización, además de las diferencias metodológicas empleadas en cada estudio. Por su parte Schreyer et al., 2022, en un estudio realizado en un matadero argentino encontraron una prevalencia del 31 % en diferentes muestras recolectadas, incluyendo vísceras, superficies de procesamiento y manos de los trabajadores, con mayor positividad antes del proceso de enfriamiento (46 %).

La elevada frecuencia detectada en nuestra investigación podría explicarse por la concentración exclusiva en muestras cárnicas de bovino y el contexto sanitario particular de los camales locales, donde las condiciones higiénicas y de control pueden ser limitadas.

**Figura 5.**

*Relación entre prevalencia y crecimiento bacteriano de Campylobacter spp. en muestras cárnicas.*



La figura 5 muestra la relación entre la prevalencia de *Campylobacter* spp. y el crecimiento bacteriano observado en las muestras cárnicas analizadas. Del total de

60 muestras evaluadas, el 90 % presentó crecimiento bacteriano compatible con *Campylobacter* spp., mientras que el 10 % restante no mostró desarrollo en cultivo.

Estos resultados permitieron establecer una prevalencia del 90 %, confirmando la elevada presencia de *Campylobacter* spp. en carne bovina procesada en canales del cantón Guaranda. La concordancia entre la prevalencia y el porcentaje de crecimiento resalta la efectividad del método de cultivo como herramienta diagnóstica en estudios de vigilancia microbiológica.

### **Actividad antimicrobiana.**

Tras aplicar el método de difusión en disco a los aislamientos confirmados de *Campylobacter* spp., se evaluó la eficacia de los tres antibióticos en estudio: Penicilina G, Gentamicina y Sulfametoxazol-Trimetoprim, a tres concentraciones distintas (5, 10 y 15 µg).

Las zonas de inhibición fueron clasificadas como susceptibles (S), inhibición intermedia (I) o resistentes (R).

### **Tabla 7.**

*Clasificación de zonas de inhibición farmacológica.*

| <b>Antibiótico</b>         | <b>Susceptible (S)</b> | <b>Intermedio (I)</b> | <b>Resistente (R)</b> |
|----------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Gentamicina                | ≥ 20 mm                | 15–19 mm              | ≤ 14 mm               |
| Penicilina G               | ≥ 25 mm                | 15–25 mm              | ≤ 14 mm               |
| Sulfametoxazol-Trimetoprim | ≥ 24 mm                | 14–23 mm              | ≤ 13 mm               |

**Fuente:** EUCAST

Se realizó un análisis de varianza de unifactorial (ANOVA) con el fin de evaluar si existían diferencias significativas en la respuesta de *Campylobacter* spp. frente a los tratamientos antimicrobianos evaluados (combinación de antibiótico y concentración).

El resultado del ANOVA mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos (p.value < 0.0001), por lo que realizamos una prueba de comparación de medias de Tukey para determinar el o los tratamientos con una mejor actividad

antimicrobiana contra *Campylobacter* spp.

En la tabla 8, observamos la prueba de comparación de medias de tukey y el resultado del analisis de varianza para los trataemintos en estudio.

**Tabla 8.**

*Prueba de Tukey y ANOVA*

| <b>Tukey HSD</b>                  |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| <b>Tratamientos</b>               | <b>Grupo estadístico</b> |
| Gentamicina (10µg)                | A                        |
| Gentamicina (15µg)                | A                        |
| Gentamicina (5µg)                 | A                        |
| Penicilina G (10µg)               | B                        |
| Penicilina G (15µg)               | B                        |
| Penicilina G (5µg)                | B                        |
| Sulfametoxazol-Trimetoprim (10µg) | A                        |
| Sulfametoxazol-Trimetoprim (15µg) | A                        |
| Sulfametoxazol-Trimetoprim (5µg)  | A                        |
| <b>ANOVA</b>                      |                          |
| <b>Estadístico F: 6.15</b>        | <b>Valor P: 0.0001 *</b> |

Los tratamientos agrupados en el grupo A mostraron niveles similares de actividad antimicrobiana, sin diferencias estadísticas entre ellos ( $p > 0.05$ ). Esto indica que tanto Gentamicina como Sulfa + Trimetoprim fueron efectivos en sus tres concentraciones, inhibiendo de manera similar el crecimiento de *Campylobacter* spp.

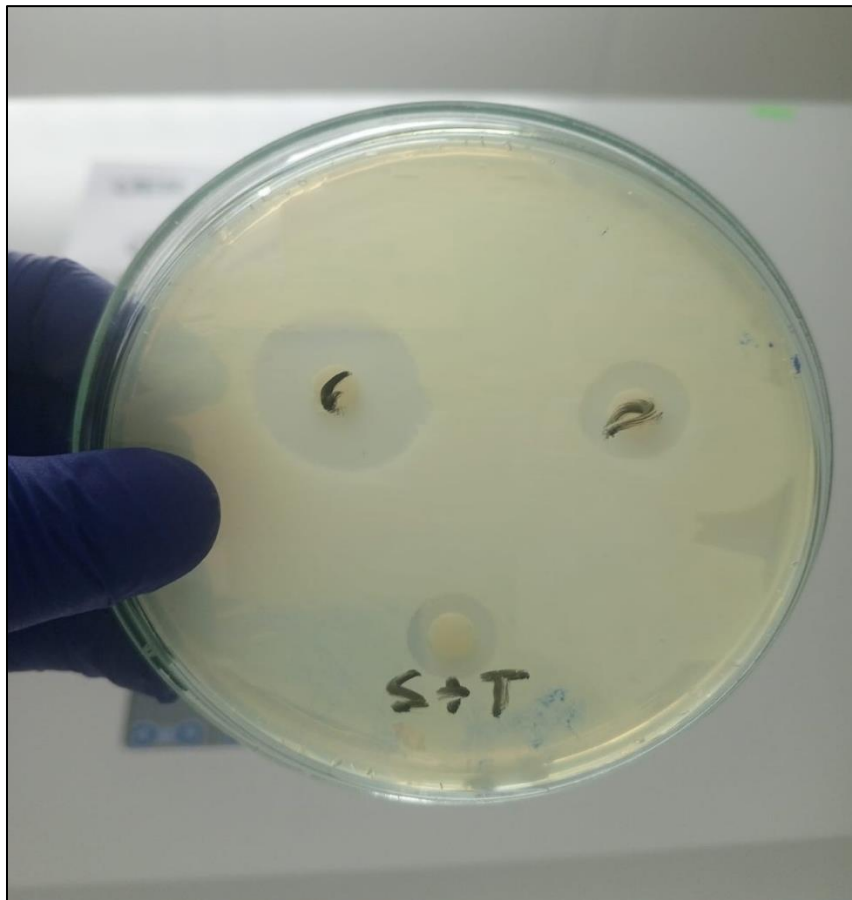
Los resultados obtenidos, coinciden en parte con lo informado por Aguirre et al. (2024), que menciona en su revisión, que las cepas de *Campylobacter* aisladas de carnes destinadas al consumo humano presentaron altas tasas de resistencia a fluoroquinolonas, tetraciclinas y betalactámicos, mientras que mostraron una menor resistencia a macrólidos y aminoglucósidos, específicamente, se destaca que en la mayoría de estudios revisados, Gentamicina mantuvo una eficacia notable frente a *Campylobacter* spp., similar a lo observado en nuestro trabajo.

Los tratamientos con Penicilina G (T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>), se agruparon en el grupo B, lo que evidencia que su eficacia fue significativamente menor en comparación con los

tratamientos del grupo A ( $p < 0.05$ ). A pesar de evaluarse en diferentes concentraciones, no se observaron mejoras significativas en su efecto, lo cual sugiere que *Campylobacter* spp. muestra una alta resistencia a este antibiótico en todas las dosis analizadas.

**Figura 6.**

*Prueba de difusión en disco (Kirby-Bauer)*



Los resultados de esta investigación coinciden con lo reportado por la EFSA (2022), que documenta altos niveles de resistencia antimicrobiana en *Campylobacter jejuni* y *C. coli* a diversos antibióticos, especialmente los  $\beta$ -lactámicos. En particular, nuestra investigación mostró una elevada resistencia a Penicilina G, mientras que Gentamicina demostró ser una opción eficaz, al igual que en los datos europeos.

En la tabla 9 se presenta la frecuencia y el porcentaje (%) de cepas por categoría (S, I, R) para cada concentración y antibiótico en estudio.

**Tabla 9.***Frecuencia y porcentaje de actividad antibacteriana contra Campylobacter spp*

| <b>Antibiótico</b>  | <b>Concentración</b> | <b>Clasificación</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje</b> |
|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| Penicilina G        | 5 µg                 | S                    | 1                 | 1.89              |
| Penicilina G        | 5 µg                 | I                    | 17                | 32.08             |
| Penicilina G        | 5 µg                 | R                    | 35                | 66.04             |
| Penicilina G        | 10 µg                | S                    | 1                 | 1.89              |
| Penicilina G        | 10 µg                | I                    | 11                | 20.75             |
| Penicilina G        | 10 µg                | R                    | 41                | 77.36             |
| Penicilina G        | 15 µg                | S                    | 1                 | 1.89              |
| Penicilina G        | 15 µg                | I                    | 17                | 32.08             |
| Penicilina G        | 15 µg                | R                    | 35                | 66.04             |
| Gentamicina         | 5 µg                 | S                    | 44                | 83.02             |
| Gentamicina         | 5 µg                 | I                    | 2                 | 3.77              |
| Gentamicina         | 5 µg                 | R                    | 7                 | 13.21             |
| Gentamicina         | 10 µg                | S                    | 39                | 73.58             |
| Gentamicina         | 10 µg                | I                    | 11                | 20.75             |
| Gentamicina         | 10 µg                | R                    | 3                 | 5.66              |
| Gentamicina         | 15 µg                | S                    | 47                | 88.68             |
| Gentamicina         | 15 µg                | I                    | 3                 | 5.66              |
| Gentamicina         | 15 µg                | R                    | 3                 | 5.66              |
| Sulfa + Trimetoprim | 5 µg                 | S                    | 30                | 56.6              |
| Sulfa + Trimetoprim | 5 µg                 | I                    | 14                | 26.42             |
| Sulfa + Trimetoprim | 5 µg                 | R                    | 9                 | 16.98             |
| Sulfa + Trimetoprim | 10 µg                | S                    | 36                | 67.92             |
| Sulfa + Trimetoprim | 10 µg                | I                    | 12                | 22.64             |
| Sulfa + Trimetoprim | 10 µg                | R                    | 5                 | 9.43              |
| Sulfa + Trimetoprim | 15 µg                | S                    | 30                | 56.6              |
| Sulfa + Trimetoprim | 15 µg                | I                    | 17                | 32.08             |
| Sulfa + Trimetoprim | 15 µg                | R                    | 6                 | 11.32             |

Los resultados obtenidos para Gentamicina evidenciaron un elevado grado de eficacia frente a *Campylobacter spp.* en todas sus concentraciones evaluadas (5 µg, 10 µg y 15 µg). En particular, la concentración de 15 µg presentó la mayor proporción de cepas clasificadas como susceptibles (88.6 %), seguida por 10 µg (73.6 %) y 5 µg (83.0 %). La resistencia fue baja, oscilando entre el 5.7 % y 13.2 %, mientras que la categoría de inhibición intermedia fue mínima. Este comportamiento sugiere que Gentamicina posee un alto potencial terapéutico contra cepas de *Campylobacter spp.* aisladas de carne bovina, incluso en concentraciones

reducidas.

Los datos obtenidos en nuestra investigación muestran una elevada eficacia de la gentamicina, con porcentajes de susceptibilidad superiores al 88 % incluso a bajas concentraciones (5–15 µg), y una resistencia muy baja (entre 5.6–13.2 %). Esta tendencia coincide con lo reportado por Contreras Heleno (2023), quien indica que las cepas de *Campylobacter* spp. aisladas de bovinos y cerdos presentan una alta sensibilidad a los aminoglucósidos, en particular a la gentamicina.

Su baja resistencia podría estar asociada al hecho de que no es un antimicrobiano de uso frecuente en tratamientos profilácticos o subterapéuticos en producción animal, lo cual reduce la presión selectiva y favorece la preservación de su eficacia.

Por el contrario, los resultados obtenidos para Penicilina G evidencian una alta proporción de resistencia bacteriana. En todas las concentraciones evaluadas, el 66.0 % de las cepas fueron clasificadas como resistentes, mientras que apenas el 1.9 % fueron susceptibles. La inhibición intermedia representó el 32 % restante. Esta tendencia persistente sugiere que *Campylobacter* spp. presenta un patrón de resistencia consolidado frente a este antibiótico, lo cual limita significativamente su uso terapéutico en infecciones entéricas causadas por este patógeno.

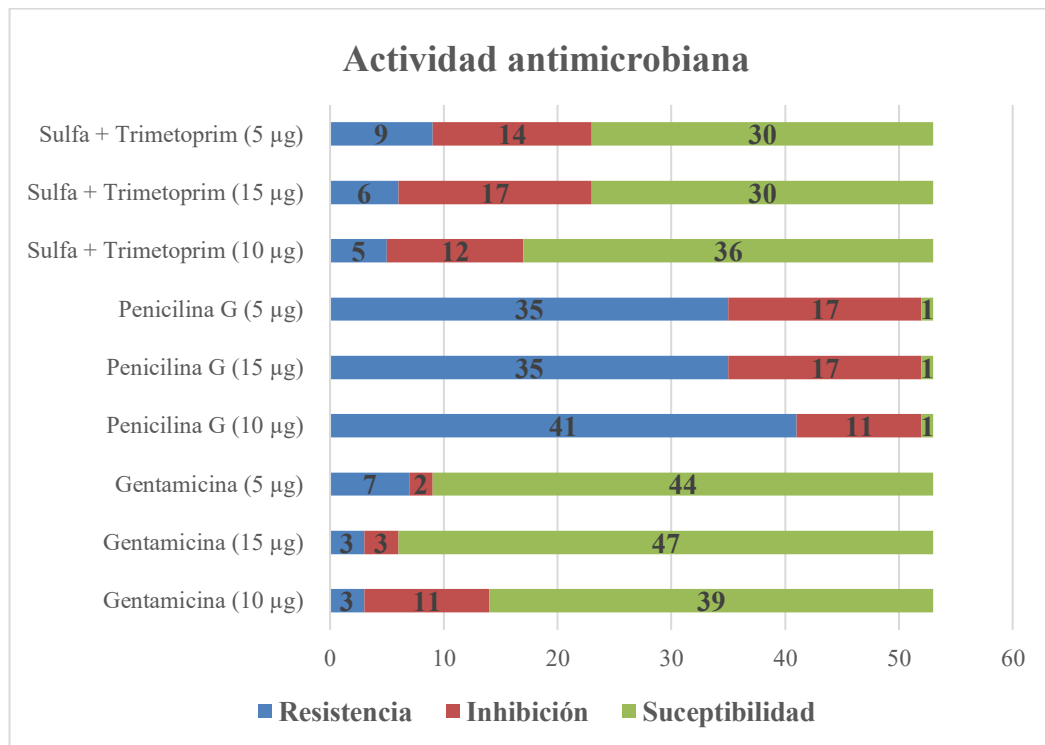
Esta elevada resistencia podría estar relacionada con el uso histórico y generalizado de penicilinas en la industria pecuaria, tanto en forma terapéutica como en promotores de crecimiento, generando una presión selectiva que favorece la presencia de genes de resistencia adquirida, tales como las β-lactamasas

En cuanto a Sulfametoxazol-Trimetoprim, los resultados mostraron una actividad antimicrobiana intermedia, con proporciones de cepas susceptibles del 56.6 % (5 y 15 µg) y del 67.9 % (10 µg). La resistencia fue moderada, variando entre 9.4 % y 16.9 %, mientras que la categoría intermedia estuvo más representada en la concentración de 15 µg (32.1 %). Esto sugiere que Sulfa-Trimetoprim puede tener un grado de eficacia aceptable frente a *Campylobacter* spp., aunque con menor constancia que Gentamicina y con mayor variabilidad en su respuesta según la concentración empleada.

La figura 7 muestra la distribución de las cepas de *Campylobacter* spp. clasificadas como Resistentes, Intermedias (Inhibición) y Susceptibles frente a los antibióticos Gentamicina, Penicilina G y Sulfametoxazol-Trimetoprim, aplicados a tres concentraciones distintas: 5 µg, 10 µg y 15 µg. Cada barra representa un total de 53 cepas analizadas y se observa a continuación:

**Figura 7.**

*Actividad antimicrobiana de Campylobacter spp. frente a diferentes antibióticos y concentraciones.*



### **Concentración mínima inhibitoria (CMI).**

Para determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) estimada, se aplicó un enfoque comparativo, utilizando los resultados obtenidos del método de difusión en disco. Se analizaron los cambios en los porcentajes de susceptibilidad conforme aumentaba la concentración, observando si había mejora significativa en la inhibición.

La tabla 10 muestra los porcentajes de cepas de *Campylobacter* spp. clasificadas como Resistentes (R), Intermedias (I) o Susceptibles (S) frente a tres antibióticos: Gentamicina, Penicilina G y Sulfametoxazol-Trimetoprim, cada uno evaluado a tres concentraciones distintas: 5 µg, 10 µg y 15 µg.

**Tabla 10.**

*Porcentaje de resistencia, inhibición y susceptibilidad de Campylobacter spp. frente a antibióticos evaluados según concentración*

| <b>Antibiótico/Concentración</b> | <b>Resistencia (%)</b> | <b>Inhibición (%)</b> | <b>Susceptibilidad (%)</b> |
|----------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Gentamicina 5 µg                 | 13.2                   | 3.8                   | 83                         |
| Gentamicina 10 µg                | 5.7                    | 20.8                  | 73.6                       |
| Gentamicina 15 µg                | 5.7                    | 5.7                   | 88.6                       |
| Penicilina G 5 µg                | 66                     | 32                    | 1.9                        |
| Penicilina G 10 µg               | 77.4                   | 20.8                  | 1.9                        |
| Penicilina G 15 µg               | 66                     | 32                    | 1.9                        |
| Sulfa + Trimetoprim 5 µg         | 17                     | 26.4                  | 56.6                       |
| Sulfa + Trimetoprim 10 µg        | 9.4                    | 22.6                  | 67.9                       |
| Sulfa + Trimetoprim 15 µg        | 11.3                   | 32                    | 56.6                       |

Gentamicina evidenció una alta efectividad incluso a bajas concentraciones. A 5 µg, el 83,0 % de las cepas fueron susceptibles, aumentando ligeramente a 88,6 % a 15 µg, con resistencia mínima (5,7 %). Esto indica que su concentración mínima inhibitoria estimada podría estar por debajo de los 10 µg, siendo una opción eficaz incluso con dosis reducidas.

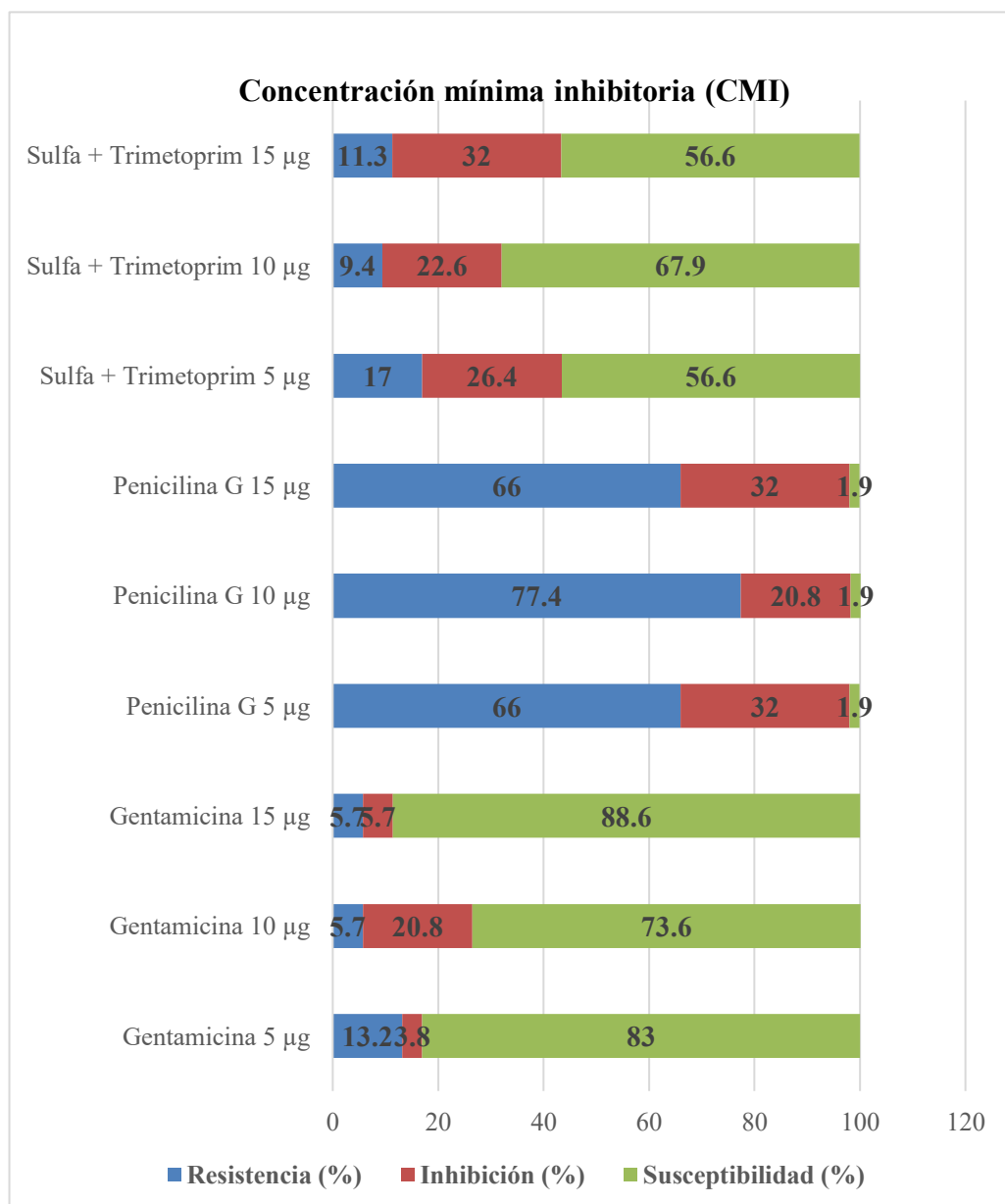
Penicilina G, en cambio, presentó un patrón de alta resistencia en todas las concentraciones evaluadas. Aproximadamente el 66–77 % de las cepas fueron resistentes, mientras que solo el 1,9 % fueron susceptibles. No se evidenció mejora al incrementar la dosis, lo cual sugiere que este antibiótico no es eficaz frente a *Campylobacter* spp. en este contexto.

Sulfametoxazol-Trimetoprim mostró un comportamiento intermedio. La mayor

eficacia se registró a 10 µg, con un 67,9 % de cepas susceptibles, mientras que a 15 µg se observó un aumento en la inhibición intermedia (32,0 %) sin mejora en la susceptibilidad. Esto sugiere que la dosis óptima de este antibiótico podría situarse en torno a los 10 µg, sin beneficio adicional al aumentarla.

**Figura 8.**

*Comparación de la actividad antimicrobiana para la concentración mínima inhibitoria (CMI)*



#### 4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 *$$

Con base en el análisis estadístico realizado mediante ANOVA de un factor, se observó un valor de  $p < 0.0001$ , lo que indica diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Además, la prueba post hoc de Tukey permitió establecer que los tratamientos con Gentamicina y Sulfametoxazol + Trimetoprim fueron significativamente más efectivos que Penicilina G.

## CAPÍTULO V

### 5.1. CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos y los objetivos planteados en esta investigación, se establecieron las siguientes conclusiones:

1. Mediante el uso de pruebas microbiológicas convencionales, como la tinción de Gram, las pruebas de catalasa y oxidasa, así como la evaluación microscópica, fue posible identificar características compatibles con el género *Campylobacter* spp. en las muestras de carne analizadas. La morfología en forma de coma o "S", la reacción Gram negativa, y los resultados positivos a oxidasa y catalasa reforzaron la sospecha microbiológica de este patógeno.
2. La prevalencia de *Campylobacter* spp. en muestras cárnicas bovinas provenientes del cantón Guaranda fue del 90 %, determinada a partir de pruebas microbiológicas y confirmada por cultivo bacteriano en medio específico, considerado el método de referencia. Este alto porcentaje evidencia una circulación significativa del patógeno en productos de origen animal destinados al consumo humano.
3. El aislamiento exitoso de *Campylobacter* spp. se logró mediante el empleo de condiciones selectivas de cultivo, que incluyeron la incubación microaerófila y el uso de medios selectivos. El procedimiento permitió obtener colonias con características morfológicas típicas, confirmando la presencia del patógeno en las muestras positivas.
4. La evaluación de la actividad antimicrobiana demostró que Gentamicina y Sulfametoxazol + Trimetoprim presentaron mayor efectividad frente a *Campylobacter* spp., mientras que Penicilina G mostró una alta resistencia en todas sus concentraciones. La aplicación de ANOVA y la prueba de Tukey confirmaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, agrupando a Gentamicina y Sulfametoxazol + Trimetoprim en un grupo de mayor eficacia. Además, se estimó la concentración mínima inhibitoria relativa (CMI), concluyéndose que, dentro del rango analizado, el aumento de la dosis no mejora significativamente la actividad antimicrobiana en ningún caso.

## 5.2. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la implementación de controles microbiológicos rutinarios en canales y centros de faenamiento, que incluyan pruebas bioquímicas y microscópicas para la detección de *Campylobacter* spp., con el fin de prevenir riesgos para la salud pública.
2. Ante la alta prevalencia de *Campylobacter* spp. (90 %) detectada en las muestras cárnicas analizadas, se sugiere reforzar las medidas de higiene en el procesamiento y distribución de carne bovina en el cantón Guaranda, incluyendo capacitaciones a manipuladores de alimentos.
3. Considerando el éxito en el aislamiento de *Campylobacter* spp., se recomienda mantener y estandarizar el uso de medios selectivos y condiciones de microaerofilia en laboratorios para garantizar diagnósticos confiables y oportunos.
4. Se aconseja utilizar Gentamicina o Sulfametoxazol + Trimetoprim como opciones terapéuticas prioritarias frente a *Campylobacter* spp., y evitar el uso de Penicilina G, dadas las altas tasas de resistencia encontradas. Además, se sugiere realizar estudios complementarios con otras concentraciones y antibacterianos para profundizar en la determinación precisa de la CMI.

## Bibliografía

- Abay, S., & Kayman, T. (2020). Genetic diversity and antibiotic resistance profiles of *Campylobacter jejuni* isolates from poultry and humans in Turkey. Turkey. Int J Food Microbiol, 54-56.
- Aguilar, C. (2020). Caracterización de la interacción patógeno-hospedador. Aplicación al estudio de la respuesta de células epiteliales intestinales humanas y porcinas frente a la infección por *Campylobacter*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, Córdoba.
- Aguirre Salazar, S. A., Mayorca Yarihuamán, M. M., Príncipe Laynes, F. M., Paredes Pérez, M. B., Huerta Canales de Miranda, D. V., Llimpe Mitma de Barrón, Y., Gonzáles Antón, G. S., & Barrón Pastor, H. J. (2024). Resistencia antibiótica en cepas de *Campylobacter* spp aisladas de carnes y vísceras para consumo humano: Una revisión narrativa. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 35(6), e29633. <https://doi.org/10.15381/rivep.v35i6.29633>
- Andritsos, N., Papadopoulou, C., Kasapidou, E., Tzora, A., Arvanitoyannis, I., & Tassis, P. (2023). Detection and identification of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* in chicken meat using selective media. Veterinary Sciences, 10(5), 322. <https://doi.org/10.3390/vetsci10050322>
- Araya, I., & Prat, S. (2020). Recomendaciones para el control de calidad en bacteriología: estudio de susceptibilidad antimicrobiana. Departametro laboratorio, 134-139.
- Aydin, F., Yağiz, A., Abay, S., Müştak, H. K., & Diker, K. S. (2020). Prevalence of Arcobacter and *Campylobacter* in beef meat samples and characterization of the recovered isolates. Journal of Consumer Protection and Food Safety, 15(1), 45–55. <https://doi.org/10.1007/s00003-019-01268-8>
- Calvo, J., & Martínez-Martínez, L. (2020). Mecanismos de acción de los antimicrobianos. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 27(1), 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2008.11.001>

- Cardozo, L., Castro, L., Zarate, N., Torres, C., & Stavis, S. (2020). Presencia de *Campylobacter* spp. y su resistencia antimicrobiana a ciprofloxacina y eritromicina en gallinas ponedoras de un establecimiento del Departamento Central, Paraguay. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 1(1), 1–10. [https://scielo.org.py/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2072-92942020000100001](https://scielo.org.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942020000100001)
- Cervantes, E. (2020). *Campylobacter*: emergente o reemergente. *Revista Mexicana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio*, 145. doi:10.35366/96677
- Cires, M. (2020). La resistencia a los antimicrobianos, un problema mundial. Scielo.
- Duarte, A., & Santos, A. (2020). Human, food and animal *Campylobacter* spp. isolated in Portugal: high genetic diversity and antibiotic resistance rates. *Int J Antimicrob Agents*, 306-313.
- Eliopoulos, G., & Huovinen, P. (2020). Resistance to Trimethoprim- Sulfamethoxazole. *Clinical Infectious Diseases Journal*, 44-48.
- Galárraga Mora, A. I. (2014). Aislamiento e identificación de *Campylobacter* spp. en ciegos de pollos faenados en mataderos industriales de la provincia de Pichincha (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6606>
- Guardabassi, L., & Damborg, P. (2020). Diagnostic microbiology in veterinary dermatology: present and future. *Veterinary Dermatology*, 86-89.
- Koneman, E., Winn, W., Allen, S., Procop, G., Janda, W., & Woods, G. (2020). *Diagnóstico microbiológico, Texto y Atlas en color* (Sexta ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Lapierre, L., & Gática, M. (2020). Characterization of antimicrobial susceptibility and its association with virulence genes related to adherence, invasion, and cytotoxicity in *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* isolates from animals, meat, and humans. *Microb Drug Resist*, 55-59.

- Lekshmi, M., & Ammini, P. (2020). The food production environment and the development of antimicrobial resistance in human pathogens of animal origin. *Microorganisms*, 4-11.
- López, C., Giacoboni, G., & Sommerfelt, I. (2020). Resistencia a antimicrobianos de *Campylobacter jejuni* aislados de pollos, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Sociedad de Medicina Veterinaria*, 9.
- Mardones, G., & López, J. (2020). Implicancias de *Campylobacter* spp. como patógeno alimentario. *Revista Chilena de Infectología*, 37(3), 244–254. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182020000300244>
- Meza, F. (2020). Prevalencia y perfil de resistencia antimicrobiana de bacterias causantes de mastitis aisladas en leche cruda bovina en un establecimiento de la localidad de Shoenweide del Departamento de Presidente Haye. Doctoral dissertation. Universidad Nacional de La Plata, La Plata.
- Monaghan, K., & Labato, L. (2021). Ampicillin pharmacokinetics in azotemic and healthy dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34-36.
- Montero, M., & Vayas, L. (2020). Evaluation of two methods. *Revista de investigaciones veterinarias del peru*, 1445-1449.
- Moreira Lima, L., Nascimento Monteiro da Silva, B., Barbosa, G., & Barreiro, E. J. (2020).  $\beta$ -lactam antibiotics: An overview from a medicinal chemistry perspective. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 208, 112829. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2020.112829>.
- Murray, P. (2020). *Introducción a la microbiología médica* (Novena ed.). Buenos Aires, Argentina: Elsevier. *Nat Rev Microbiol.*, 14-16.
- OIE. (2020). Infección por *Campylobacter jejuni* y *Campylobacter coli*. En *O. M. Animal, Manual Terrestre de la OIE* (pág. 1).
- OMS. (1 de Mayo de 2020). *Campylobacter*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact->

- OMS. (2020). Resistencia a los antibióticos. Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2021). Resistencia a los Antimicrobianos. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial->
- Palma E, Tilocca B, Roncada P. (2020). Antimicrobial Resistance in Veterinary Medicine: An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*; 21(6):1914. <https://doi.org/10.3390/ijms21061914>
- Patiño, J., & Morán, W. (2023). Uso de ampicilina como profilaxis. *AlfaPublicaciones*, 13–20.
- Picazo, J. J. (2020). *Compendio de Microbiología Médica*. España: Elsevier. Plumb, D. (2018). *Manual de Farmacología Veterinaria* (Novena ed.). Estados Unidos: Wiley-Blackwell.
- Prescott, J. (2020). History and Current Use of Antimicrobial Drugs in Veterinary Medicine. *Microbiology Spectrum*, 16-19. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 50 57
- Ríos, M. (2020). Determinación del perfil de resistencia antibiótica de *Salmonella* entérica aislada de cerdos faenados en un matadero de Lima Metropolitana. Tesis Médico Veterinario. Universidad Nacional Mayor de San Marcos., Lima, Perú.
- Rocha, D. C., Rocha, C. da S., Tavares, D. S., Calado, S. L. de M., & Gomes, M. P. (2021). Veterinary antibiotics and plant physiology: An overview. *Science of The Total Environment*, 767, 144902. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144902>.
- Rodríguez, V., Guzmán, L., & Verjan, N. (2020). *Campylobacter* spp. in poultry products and its impact in public health. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 204.
- Rubio, M., & Boggio, J. C. (2020). *Farmacología Veterinaria* (Segunda ed.). Argentina: EDUCC.
- Schreyer, S., Lucero Estrada, C., Rodríguez, E., & Terzolo, H. (2022). Prevalencia de *Campylobacter jejuni* y *Campylobacter coli* y su perfil de resistencia a

- antimicrobianos en un matadero de Argentina. *Revista Argentina de Microbiología*, 54(4), 333–340. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2022.02.002>
- Schwarz, S., & Loeffler, A. (2020). Bacterial resistance to antimicrobial agents and its impact on veterinary and human medicine. *Vet Dermatol.*, 27-29.
- Shahreza, M. S., Dehkordi, N. G., Nassar, M. F., & Al-Saedi, R. M. M. (2022). Genotyping of *Campylobacter jejuni* isolates from raw meat of animal species. *Archivos de Medicina del Deporte*, 37(4), 52–57. <https://doi.org/10.3306/AJHS.2022.37.04.52>
- Simaluiza, R., Toledo, Z., & Fernández, H. (2020). Prevalencia y caracterización del perfil de susceptibilidad antimicrobiana de *Campylobacter jejuni* y *Campylobacter coli* en niños con diarrea de la ciudad de Loja, Ecuador.
- Soto-Beltrán, M., Ramírez-Nieto, G. C., Ramírez-Hernández, A., & Betancur-Galvis, L. A. (2023). Revisión metodológica para el diagnóstico de *Campylobacter* spp. en productos cárnicos y alimentos de origen animal. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 26(1), e2996. <https://doi.org/10.31910/rudca.v26.n1.2023.2996>
- Sumano, H., & Ocampo, L. (2020). *Farmacología Veterinaria* (Cuarta ed.). México: McGraw Hill.
- Taborini, et al. (2020). *Campylobacter* spp.: prevalencia y caracterización feno-genotípica de aislamientos de pacientes con diarrea y de sus mascotas en la provincia de La Pampa, Argentina. Scielo.
- Thornval, N. R., & Hoorfar, J. (2020). Progress in detection of *Campylobacter* in the food production chain. *Current Opinion in Food Science*, 38, 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.12.001>
- Toapanta, J. (2023). Frecuencia de *Campylobacter* spp. en muestras de carne de pollo procedentes de plantas de faenamiento que suministran al cantón Ambato (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstreams/927f1404-0fa9-4cb0-b8ed-016c938ddd2a/download>

- Ugarte, M. (2020). Detección y caracterización de *Campylobacter* procedentes de animales, alimentos y agua residual. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Urdaneta, S. (2020). Epidemiología de *Campylobacter* spp. en Granjas de Pollos de Engorde: Prevalencia, Factores de Riesgo y dinámica de infección. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.
- Elizalde Villafuerte, A. G., & Ayora Fernández, P. S. (2016). Diagnóstico ante y postmortem de parásitos gastrointestinales y pulmonares en cerdos que se faenan en el camal municipal del cantón Chaguarpamba (Tesis de grado). Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/12744>
- Wang, H., Gu, Y., He, L., Sun, L., Zhou, G., Chen, X., Zhang, X., Shao, Z., Zhang, J., & Zhang, M. (2023). Phenotypic and genomic characteristics of *Campylobacter* *gastrosuis* sp. nov. isolated from the stomachs of pigs in Beijing. *Microorganisms*, 11(9), 2278. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11092278>
- Willames, M. (2020). Mecanismos de resistencia a los antibióticos que actúan sobre la envoltura bacteriana. *Manual de Mecanismos de Resistencia a los Antibioticos.*, 20-25.
- Yagui, L. (2020). Resistencia antimicrobiana: nuevo enfoque y oportunidad.
- Yaquub, M., Balogun, A., & Bala, G. (2023). Antimicrobial susceptibility testing: A comprehensive review of current methods and challenges. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.22541/au.170370467.72246304/v1>
- Zhang Z, Chen Y, Li X, Wang X, Li H. (2022). Detection of Antibiotic Resistance, Virulence Gene, and Drug Resistance Gene of *Staphylococcus aureus* Isolates from Bovine Mastitis. *Microbiol Spectr* 10:e00471-22. <https://doi.org/10.1128/spectrum.00471-22>

**Anexo 1.** Lugar del experimento.



Laboratorio de Biología Molecular, Departamento de Investigación y Vinculación,  
Universidad Estatal de Bolívar.



Camal municipal del cantón Guaranda

**Anexo 2.** Resultado de análisis.

| M    | BACTERIA                 | MICROSCOPIA DIRECTA | TINCION GRAM           | OXIDASA  | CATALASA | P5 | P10 | P15 | G5 | G10 | G15 | S5 | S10 | S15 |
|------|--------------------------|---------------------|------------------------|----------|----------|----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|
| M#1  | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 0  | 20  | 30  | 23 | 18  | 25  | 35 | 35  | 25  |
| M#3  | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 25 | 35  | 10  | 40 | 18  | 35  | 12 | 25  | 20  |
| M#4  | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 10 | 10  | 10  | 30 | 35  | 20  | 27 | 30  | 15  |
| M#6  | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 8  | 8   | 10  | 7  | 20  | 25  | 10 | 25  | 20  |
| M#7  | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 11 | 10  | 10  | 10 | 8   | 12  | 10 | 12  | 10  |
| M#8  | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 9  | 10  | 10  | 12 | 25  | 30  | 12 | 32  | 27  |
| M#9  | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 15 | 0   | 11  | 25 | 23  | 10  | 20 | 26  | 28  |
| M#10 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 0  | 10  | 10  | 10 | 13  | 20  | 10 | 15  | 0   |
| M#11 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 15 | 0   | 15  | 25 | 27  | 23  | 20 | 23  | 23  |
| M#12 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 12 | 0   | 0   | 20 | 20  | 21  | 12 | 0   | 0   |
| M#13 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 16 | 10  | 0   | 20 | 20  | 25  | 25 | 17  | 22  |
| M#14 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 12 | 0   | 14  | 25 | 23  | 27  | 20 | 20  | 18  |
| M#15 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 0  | 0   | 0   | 10 | 10  | 0   | 0  | 10  | 0   |
| M#18 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 12 | 0   | 14  | 20 | 22  | 25  | 0  | 0   | 0   |
| M#20 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 12 | 0   | 9   | 11 | 25  | 23  | 27 | 20  | 22  |
| M#21 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 11 | 0   | 15  | 23 | 22  | 25  | 25 | 25  | 25  |
| M#23 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 13 | 9   | 10  | 23 | 20  | 25  | 28 | 25  | 26  |
| M#24 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 12 | 0   | 12  | 23 | 22  | 27  | 17 | 20  | 20  |
| M#25 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 13 | 12  | 7   | 25 | 25  | 17  | 16 | 10  | 0   |
| M#26 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 16 | 8   | 19  | 21 | 16  | 21  | 22 | 18  | 31  |
| M#27 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 10 | 8   | 12  | 22 | 18  | 21  | 24 | 28  | 20  |
| M#28 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 10 | 12  | 22  | 20 | 22  | 26  | 31 | 30  | 23  |
| M#29 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 10 | 12  | 22  | 20 | 22  | 26  | 31 | 30  | 23  |
| M#30 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 18 | 8   | 22  | 21 | 18  | 25  | 23 | 32  | 25  |
| M#31 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 15 | 9   | 16  | 22 | 18  | 26  | 36 | 33  | 25  |
| M#32 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 17 | 10  | 15  | 28 | 15  | 22  | 33 | 30  | 28  |
| M#33 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 16 | 14  | 14  | 26 | 23  | 24  | 34 | 33  | 23  |
| M#34 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 18 | 15  | 10  | 26 | 26  | 20  | 33 | 31  | 35  |
| M#35 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 18 | 8   | 12  | 27 | 22  | 30  | 31 | 32  | 30  |
| M#36 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 15 | 10  | 11  | 22 | 25  | 29  | 19 | 15  | 15  |
| M#37 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 15 | 7   | 11  | 22 | 23  | 19  | 32 | 30  | 31  |
| M#38 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 18 | 12  | 8   | 31 | 27  | 20  | 38 | 33  | 36  |
| M#39 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 12 | 8   | 10  | 26 | 22  | 25  | 10 | 36  | 28  |
| M#40 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 10 | 8   | 12  | 22 | 20  | 25  | 35 | 33  | 29  |
| M#41 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 12 | 12  | 16  | 25 | 23  | 27  | 29 | 35  | 30  |
| M#42 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 12 | 12  | 12  | 26 | 20  | 28  | 30 | 23  | 19  |
| M#43 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 14 | 10  | 12  | 27 | 21  | 26  | 32 | 25  | 26  |
| M#44 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma       | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO | POSITIVO | 8  | 18  | 12  | 24 | 26  | 20  | 30 | 24  | 32  |

|      |                          |               |                        |           |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------|--------------------------|---------------|------------------------|-----------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| M#45 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO  | POSITIVO | 12 | 10 | 10 | 20 | 26 | 18 | 29 | 26 | 31 |
| M#46 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO  | POSITIVO | 10 | 15 | 10 | 30 | 25 | 23 | 40 | 38 | 28 |
| M#47 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO  | POSITIVO | 11 | 12 | 12 | 25 | 23 | 28 | 31 | 16 | 25 |
| M#48 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO  | POSITIVO | 8  | 13 | 14 | 25 | 23 | 27 | 27 | 31 | 27 |
| M#49 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO  | POSITIVO | 13 | 17 | 15 | 23 | 19 | 27 | 27 | 35 | 32 |
| M#50 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO  | POSITIVO | 12 | 10 | 19 | 25 | 23 | 30 | 30 | 25 | 18 |
| M#51 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO  | POSITIVO | 10 | 13 | 17 | 14 | 16 | 20 | 27 | 30 | 29 |
| M#52 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO  | POSITIVO | 13 | 10 | 14 | 25 | 27 | 20 | 28 | 29 | 23 |
| M#53 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO  | POSITIVO | 12 | 15 | 13 | 15 | 19 | 20 | 20 | 25 | 26 |
| M#54 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO  | POSITIVO | 16 | 15 | 18 | 25 | 23 | 29 | 15 | 25 | 26 |
| M#56 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | NEGATIVOS | POSITIVO | 12 | 13 | 10 | 23 | 26 | 30 | 15 | 17 | 26 |
| M#57 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | NEGATIVOS | POSITIVO | 15 | 17 | 16 | 17 | 18 | 23 | 20 | 23 | 21 |
| M#58 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | NEGATIVOS | POSITIVO | 19 | 18 | 17 | 20 | 23 | 25 | 22 | 25 | 27 |
| M#59 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO  | POSITIVO | 11 | 15 | 17 | 22 | 20 | 26 | 23 | 32 | 27 |
| M#60 | <i>Campylobacter</i> spp | forma de coma | BACILOS GRAN NEGATIVOS | POSITIVO  | POSITIVO | 15 | 16 | 18 | 20 | 25 | 27 | 27 | 30 | 32 |

### Anexo 3. Base de datos.

#### Susceptibilidad antimicrobiana

| Antibiótico         | Concentración | Clasificación | Frecuencia | (%)   |
|---------------------|---------------|---------------|------------|-------|
| Penicilina G        | 5 µg          | S             | 1          | 1.89  |
| Penicilina G        | 5 µg          | I             | 17         | 32.08 |
| Penicilina G        | 5 µg          | R             | 35         | 66.04 |
| Penicilina G        | 10 µg         | S             | 1          | 1.89  |
| Penicilina G        | 10 µg         | I             | 11         | 20.75 |
| Penicilina G        | 10 µg         | R             | 41         | 77.36 |
| Penicilina G        | 15 µg         | S             | 1          | 1.89  |
| Penicilina G        | 15 µg         | I             | 17         | 32.08 |
| Penicilina G        | 15 µg         | R             | 35         | 66.04 |
| Gentamicina         | 5 µg          | S             | 44         | 83.02 |
| Gentamicina         | 5 µg          | I             | 2          | 3.77  |
| Gentamicina         | 5 µg          | R             | 7          | 13.21 |
| Gentamicina         | 10 µg         | S             | 39         | 73.58 |
| Gentamicina         | 10 µg         | I             | 11         | 20.75 |
| Gentamicina         | 10 µg         | R             | 3          | 5.66  |
| Gentamicina         | 15 µg         | S             | 47         | 88.68 |
| Gentamicina         | 15 µg         | I             | 3          | 5.66  |
| Gentamicina         | 15 µg         | R             | 3          | 5.66  |
| Sulfa + Trimetoprim | 5 µg          | S             | 30         | 56.6  |
| Sulfa + Trimetoprim | 5 µg          | I             | 14         | 26.42 |
| Sulfa + Trimetoprim | 5 µg          | R             | 9          | 16.98 |
| Sulfa + Trimetoprim | 10 µg         | S             | 36         | 67.92 |
| Sulfa + Trimetoprim | 10 µg         | I             | 12         | 22.64 |
| Sulfa + Trimetoprim | 10 µg         | R             | 5          | 9.43  |
| Sulfa + Trimetoprim | 15 µg         | S             | 30         | 56.6  |
| Sulfa + Trimetoprim | 15 µg         | I             | 17         | 32.08 |
| Sulfa + Trimetoprim | 15 µg         | R             | 6          | 11.32 |

#### Anexo 4. Evidencia fotográfica



**Medidas de bioseguridad en el camal**



**Obtención de muestras**



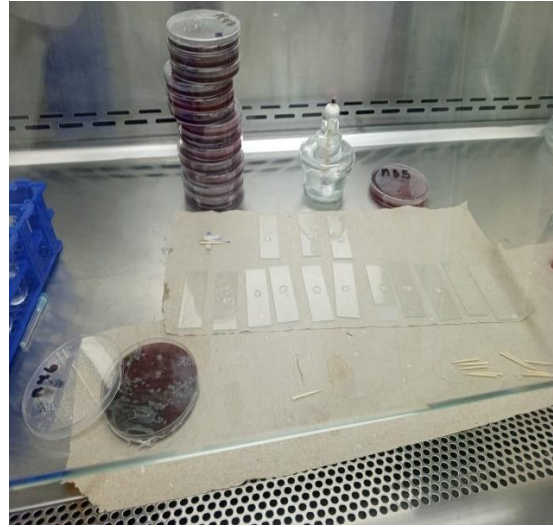
**Pesaje de las muestras cárnicas**



**Rotulado y refrigeración de las muestra**



**Preparación de las muestras para el cultivo**



**Sembrado de muestras**



**Visita de campo**

## ANEXO 5. Glosario

**ANTIBIOGRAMA:** Un antibiograma es un informe de laboratorio que proporciona información sobre la sensibilidad de un microorganismo a diferentes antibióticos. Este análisis es crucial en el ámbito de la microbiología clínica y se utiliza para guiar a los médicos en la elección adecuada de antibióticos para el tratamiento de infecciones bacterianas.

**CMI:** La Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) es un término utilizado en microbiología para describir la menor cantidad de un agente antimicrobiano, como un antibiótico, que inhibe el crecimiento visible de un microorganismo en un medio de cultivo. En otras palabras, la CMI es la concentración más baja de un agente antimicrobiano que aún impide el crecimiento de una bacteria o microorganismo específico.

**BACTERIA:** Las bacterias son microorganismos unicelulares y procariotas que pertenecen al dominio Bacteria. Son organismos simples, en comparación con las células eucariotas más complejas, como las de plantas y animales. Las bacterias son conocidas por su diversidad y versatilidad, ya que pueden encontrarse en una amplia variedad de ambientes, desde el suelo hasta el cuerpo humano.

**CAMPYLOBACTER:** *Campylobacter* es un género de bacterias gramnegativas, helicoidales o en forma de espiral, que incluye diversas especies patógenas para los seres humanos y varios animales. La especie más comúnmente asociada con infecciones en humanos es *Campylobacter jejuni*. Estas bacterias son móviles debido a la presencia de flagelos y, a menudo, se encuentran en entornos naturales como el tracto gastrointestinal de aves y mamíferos.

**MEDIO DE CULTIVO:** Un medio de cultivo es una mezcla de nutrientes y condiciones ambientales que se proporciona a los microorganismos para que crezcan y se multipliquen en el laboratorio. Estos medios son esenciales en microbiología para estudiar y analizar microorganismos, incluyendo bacterias, hongos y otros tipos de células.

**MICROAEROFILIA:** La microaerofilia se refiere a la preferencia de ciertos microorganismos por un ambiente que contiene bajos niveles de oxígeno, pero no completamente ausente de él. Estos microorganismos prosperan mejor en concentraciones de oxígeno más bajas que las que se encuentran en la atmósfera normal, pero todavía requieren cierta cantidad de oxígeno para su crecimiento.

**GRAM NEGATIVO:** La clasificación Gram negativo se refiere a un grupo de bacterias que muestran una respuesta negativa a la tinción de Gram, una técnica de laboratorio utilizada para diferenciar bacterias en función de sus características de la pared celular. Las bacterias Gram negativas tienen una pared celular compuesta principalmente por una delgada capa de peptidoglicano rodeada por una membrana externa rica en lipopolisacáridos (LPS).

**OXIDASA POSITIVO:** La prueba de oxidasa es un ensayo bioquímico utilizado para determinar la presencia de la enzima citocromo oxidasa en un organismo, lo que indica su capacidad para realizar la oxidación biológica. Cuando un organismo es oxidasa positiva, significa que produce la enzima citocromo oxidasa y muestra un resultado positivo en la prueba.