

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**CORRELACIÓN ENTRE LOS NIVELES DE pH Y LA PROLIFERACIÓN
DE *Escherichia coli* EN LAS CANALES BOVINAS**

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MÉDICO VETERINARIO
ZOOTECNISTA

AUTOR:

Ricardo Armando Espín Montesdeoca

TUTOR:

Ing. Deysi Guevara Freire Mg.

CEVALLOS, 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

“CORRELACIÓN ENTRE LOS NIVELES DE pH Y LA PROLIFERACIÓN DE
(*Escherichia coli*) EN LAS CANALES BOVINAS”

REVISADO POR:



Firmado electrónicamente por:

DEYSI ALEXANDRA
GUEVARA FREIRE

**Ing. Deysi Guevara Freire Mg.
TUTORA TRABAJO TITULACIÓN**

DERECHOS DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **“CORRELACIÓN ENTRE LOS NIVELES DE pH Y LA PROLIFERACIÓN DE (*Escherichia coli*) EN LAS CANALES BOVINAS”** como uno de los requisitos previos para la obtención del Título de grado de Medica Veterinaria Zootecnista, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no ponga una ganancia económica potencial y se respete los derechos de propiedad intelectual del proyecto al cual está asociado, así como del director de este.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la Publicación de este Informe Final, o parte de él”.



Firmado electrónicamente por:
RICARDO ARMANDO
ESPIN MONTESEDOCA

Ricardo Armando Espín Montesdeoca

C.I. 180443711-7

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

“CORRELACIÓN ENTRE LOS NIVELES DE pH Y LA PROLIFERACIÓN DE
(*Escherichia coli*) EN LAS CANALES BOVINAS”

APROBADO POR:

FECHA:



Firmado electrónicamente por:

**MARCO OSWALDO
PEREZ SALINAS**

.....

06 – 01 – 2022

Ing. Marco Pérez, PhD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:

**SANDRA
MARGARITA CRUZ
QUINTANA**

.....

05 – 01 – 2022

Dra. Sandra Cruz

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:

**CRISTINA ISABEL
BEJARANO RIVERA**

.....

05 – 01 – 2022

Mvz. Cristina Bejarano

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

DEDICATORIA

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Dedico esta tesis a mis padres, porque sin su ayuda y apoyo no sería lo que soy ahora, por su paciencia, por ser ejemplo para mi vida, por poner el bienestar de sus hijos por sobre de la suya, les dedico este pequeño paso de los muchos que estoy seguro de que alcanzaré. Por ser mi guía y fortaleza para no desmayar en este proceso, por ser mi motivo principal de superación.

También a mí mismo, porque nunca será fácil iniciar desde cero, donde todo lo tienes en contra, dónde no sabes que vendrá, dónde cualquier paso en falso será motivo para crítica y reproche. Por tener la fuerza y templanza de tomar una decisión firme, por creer en lo que soy y el potencial que puedo desarrollar, esta tesis me la dedico a mí.

Todo lo puedo en Cristo que me fortalece.
(Filipenses 4:13)

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por concederme salud y vida para entablar los obstáculos que se me han presentado en la vida.

A mis padres, por ser fortaleza, soporte y apoyo en toda situación y decisiones que he tomado a lo largo de la carrera.

A mis hermanos, por su compañía y buenos momentos, porque siempre he deseado que se sientan orgullosas de tenerme como su hermano mayor.

A mis abuelos Armando, Inés María y Olga, gracias por el cariño y amor que siempre me han brindado, sus historias siempre han sido de inspiración.

A todos mis tíos, de manera especial a mis tíos Oscar y Carminia, porque desde el inicio de este largo camino me supieron escuchar y aconsejar, nunca me cansaré de agradecerles todo el apoyo que me han brindado. A mis primos, de modo particular a mi primo y colega Ramiro, gracias por tus consejos y apoyo brindado.

A la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias y todos sus buenos docentes por el compromiso y entrega que brindan para el crecimiento personal y profesional de sus estudiantes.

A mi tutora Ing. Deysi Guevara que con su experiencia, conocimientos y paciencia dio la orientación hacia un resultado provechoso de esta investigación. Dios le pague por todos los consejos y apoyo.

A mis mejores amigos, Alejandra Núñez y Erick Arévalo. Porque la vida se hace más llevadera cuándo tienes el apoyo de personas que te escuchan sin juzgar y te hablan sin ofender. Aleja, gracias por ser mi apoyo y no dejarme caer durante todos estos años. Erick, gracias por ser un amigo incondicional y por estar para mí, desde siempre.

A los amigos de vida, Diego Montenegro, Byron Miranda, Henry Fiallos, Lenin Cruz, Andrés Sisalema, gracias por su amistad y los buenos ratos.

A mi amiga de Universidad, Dianita Valarezo gracias por esos momentos de alegría y frustración, de tristeza y felicidad, que compartimos en cada proyecto o trabajo juntos.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
CAPÍTULO I	8
MARCO TEÓRICO	8
1.1 Antecedentes de investigación	8
1.1.1 Investigaciones previas	8
1.1.2 Mercado de carne bovina.....	10
1.1.4 Enfermedades transmitidas por los alimentos (ETAs)	17
1.1.5 <i>Escherichia coli</i>	20
1.2 Objetivos	22
1.2.1 Objetivo general.....	22
1.2.2 Objetivos específicos	22
CAPÍTULO II	24
METODOLOGÍA	24
2.1 Materiales	24
2.1.1 Ubicación del experimento	25
2.1.2 Características del lugar.....	25
2.1.3 Observaciones generales.....	26
2.1.4 Análisis estadístico	29
2.2 Métodos	32
2.2.1 Indicadores de manejo, comportamiento, insensibilidad y limpieza.....	32
2.2.2 Medición de pH	34
2.3.3 Recolección de muestras para <i>E. coli</i>	35
2.3.4 Aislamiento en laboratorio.....	39
2.3.4 Cálculo de los resultados de pruebas de <i>E. coli</i>	40
CAPÍTULO III	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
3.1 Análisis y discusión de los resultados	41
3.2 Verificación de hipótesis	54
CAPÍTULO IV	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
4.1 Conclusiones	55

4.2 Recomendaciones	56
MATERIALES DE REFERENCIA	57

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1. Extracto, recopilación normas microbiológicas	22
Tabla 2. Ejemplo de aplicación de la metodología utilizada para la elección de las canales muestreadas	34
Tabla 3. Procesos premortem de los bovinos	46
Tabla 4. Indicadores de manejo (indirecto) en la manga de acceso de los animales	48
Tabla 5. Indicadores de comportamiento (directos) y de manejo (indirectos)	49
Tabla 6. Indicadores de sensibilidad	50
Tabla 7. Indicadores de limpieza en las canales bovinas	52
Tabla 8. Medias \pm DE, rangos y frecuencias de los valores pH y <i>E. coli</i> (log UFC/cm ²) en canales bovinas	56
Tabla 9. Correlación de Pearson	57
Gráfico 1. Diagrama del proceso de faenamiento	32
Gráfico 2. Resultados obtenidos de los análisis <i>de E. coli</i> en canales bovinas realizado en el laboratorio de Microbiología del Camal Municipal Ambato	56
Gráfico 3. Diagrama de dispersión	58
Figura 1. Puntos de muestreo para pH en la canal	39
Figura 2. Sitios de muestreo no destructivo para canales bovinas	40

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo correlacionar los niveles de pH y la proliferación de *Escherichia coli* en las canales bovinas. Se realizó una observación general y se muestreó un total de 23 muestras de canales bovinas. El método consistió en el seguimiento del animal desde el ingreso a los corrales de reposo del Camal Municipal de Ambato. Se identificó los animales y se procedió al registro de indicadores de comportamiento (directo) y de manejo (indirecto), indicadores de sensibilidad e indicadores de limpieza. Una hora posterior al sacrificio se procedió a medir el pH con ayuda de un pH-metro para productos cárnicos HANNA HI 99163, para ello se empleó la norma ISO 2917, en tres puntos comprendidos por el músculo *Longissimus dorsi* ubicado entre la costilla 8va y 2da vértebra lumbar. Para el muestreo de *E. coli* se utilizó el método Whirl-pack comprendido en los sitios S1, S2 y S3, seguidamente se procesó las muestras en el laboratorio del propio camal. Como resultados se obtuvieron que el 91.3% fue picaneado con picana eléctrica, el 39.1% vocalizaron, el 21.7% resbalaron y el 4.3% cayeron, en los indicadores de manejo. En los indicadores directos e indirectos, el 78.3% cayó al primer disparo, el 43.5% fue golpeado con la puerta tipo guillotina, el tiempo promedio entre disparo y sangría fue de 88 segundos. Los signos de sensibilidad, para vocalización fueron de 30.4%, respiración rítmica 21.7%, reflejo corneal 17.4% y elevación de la cabeza 13%. En los indicadores de limpieza el 17.4% de los operarios lavó sus manos. Se presentaron contusiones en las canales de grado 1 en el 26.1% y de grado 2 en el 8.7% de los casos. El tiempo de permanencia de las canales en cuarto de oreo fue de 60.2 minutos. Los niveles de pH encontrados en las canales bovinas fueron de media 6.73 ± 0.09 , el 39.2% de los valores pH se encontraron en el rango de 6.64 – 6.82, el 30.4% en un rango de 6.45 a 6.63 y el 30.4% restante en el rango de 6.83 a 7.01. El crecimiento de *E. coli* se dio en el 78.3% de las muestras procesadas, con una media de 0.23 ± 0.08 log UFC/cm². El 60.9% de las muestras positivas se encontraron en el rango de 0.02 a 0.82 log UFC/cm², el 17.4% se situaron en el rango -0.80 – 0.01 log UFC/cm² y el 21.7% presentó ausencia de esta. La correlación de Pearson fue de $r= 0.84$ muy fuerte y elevada entre los niveles de pH y la proliferación de *E. coli*.

Palabras clave: pH, *E. coli*, canales, bovino, faenamiento.

ABSTRACT

This study examined the correlation between pH levels and the proliferation of *Escherichia coli* in bovine carcasses. A total of 23 bovine carcass samples were analyzed. The animals were monitored from the moment they entered the cattle resting pens at the Ambato Municipal Camal. In addition to the identification of the animals, the management indicators (direct and indirect), the sensitivity indicators, and the cleaning indicators were recorded. One hour after slaughter, the pH was measured with the help of a HANNA HI 99163 pH meter for meat products, using the ISO 2917 rule, at three points comprised by the *Longissimus dorsi* muscle located between the 8th rib and 2nd lumbar vertebra. To collect *E. coli* samples, the Whirl-pack method comprising sites S1, S2, and S3 was used. Traces of *E. coli* were then processed in the slaughterhouse's laboratory. Results were obtained that 91.3% of cattle were prodded with an electric prod, 39.1% vocalized, 21.7% slipped, and 4.3% fell, in the cattle handling indicators. The percentage of that category that fell to the first shot and the percentage that was hit by the guillotine door was 78.3% and 43.5%, respectively. The time between the shot and bleeding was approximately 88 seconds. According to the results, 30.4% of the participants were sensitive to vocalization, 21.7% showed rhythmic respiration, 17.4% had corneal reflexes, and 13% elevated their heads. Cleaning indicators showed that 17.4% of workers had washed their hands. The percentage of bruises on category one corpses was 26.1%, while the percentage of bruises on category two corpses was 8.7%. During the cooling process, the corpses remained in the cooling room for 60.2 minutes. The pH levels found in the bovine carcasses averaged 6.73 ± 0.09 , 39.2% of the pH values were in the range of 6.64 - 6.82, 30.4% in the range of 6.45 to 6.63, and the remaining 30.4% in the range from 6.83 to 7.01. The proliferation of *E. coli* occurred in 78.3% of the processed samples, with a mean of 0.23 ± 0.08 log CFU / cm². 60.9% of the positive samples were found in the range of 0.02 to 0.82 log CFU / cm², 17.4% were in the range -0.80 - 0.01 log CFU / cm² and 21.7% presented its absence. Pearson's correlation was $r = 0.84$ very strong and elevated between pH levels and proliferation of *E. coli*.

Keywords: pH, *E. coli*, carcasses, bovine, slaughter.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de investigación

1.1.1 Investigaciones previas

En el Ecuador durante los años 2017, 2018, 2019 y 2020 las intoxicaciones alimentarias bacterianas alcanzaron valores de 11 861, 15 439, 12 203 y 5 890, respectivamente, mientras que en el año 2021 hasta la semana 22, se han notificado 3 152 casos, en su mayoría localizados en la provincia del Oro con 1 257 casos, seguido de Guayas con 436 casos, afectando mayormente a personas de entre 20 a 49 años (**Ministerio de Salud Pública 2021**). En el centro del país se detectaron 138 casos, destacándose Cotopaxi con 74 casos, seguida de Tungurahua con 55, y Chimborazo con 9 (**Ministerio de Salud Pública 2021**).

En el territorio nacional se han realizado varios estudios relacionados al pH y calidad microbiológica de las canales bovinas como indicadores de calidad. Estudios por separados de **Lema y Lema (2019)** y **Calvache (2019)** en la Empresa Pública Metropolitana de Rastro de Quito (EMRAQ-EP) obtuvieron valores promedios de pH 7.18 y 6.92 respectivamente, estos valores fueron tomados a los 60 y 45 minutos, utilizando un potenciómetro portátil con electrodo de penetración, en el músculo *Longissimus dorsi* entre las costillas 11 y 12. Los resultados fueron elevados, debido a la ausencia de una cámara de refrigeración que favorezca el reposo necesario hasta alcanzar el pH óptimo inferior a 5.80 que debe alcanzar el músculo para convertirse en carne (**Lomiwes et al. 2014**).

Otros estudios de pH y tiempo fue de **Torrescano et al. (2010)** quienes obtuvieron valores medios de 6.46 ± 0.35 y 5.61 ± 0.13 a los 45 min y 24 h posteriores al sacrificio, medida realizada en el músculo *Longissimus dorsi* (LD), registrando valores elevados a los 45 min y valores óptimos a las 24 h. Mientras que la

investigación de **Lancaster et al. (2020)** realizaron mediciones de pH una vez por hora durante 24 horas, el pH inicial a la primera hora de estudio se situó en un rango de 6.04 a 6.59; mientras que, los valores de pH a las 24 horas estuvieron entre 5.4 y 5.8. Ambos estudios encontraron pH igual o inferior a 5.8 que según **Moreno et al. (1999)** son similares con los parámetros normales en canales bovinas a las 24 horas post faenamiento.

Investigaciones en pH realizadas por **Tuninetti et al. (2017)**, en un matadero frigorífico categoría A, siguieron normas de faenamiento establecidas por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Observaron y categorizaron las contusiones en las canales y el pH después de 24 h post faenamiento. La medición se realizó en el músculo *Longissimus dorsi* a nivel lumbar, mediante un pHmetro portátil con electrodo de penetración. Los valores máximos y mínimos de pH fueron 6.61 y 4.89, respectivamente, con un promedio de 5.59 ± 0.29 . El 17 % de las canales obtuvieron valores con pH alto (≥ 5.8), seguido de un color púrpura oscuro y posibilidad de putrefacción por la elevada carga microbiana, los consumidores rechazaron el producto.

Otro factor importante en la seguridad alimentaria y de interés del consumidor es la calidad microbiana de la carne, **Røssvoii et al. (2017)** en un estudio de la comparación entre método destructivo y no destructivo, mencionan que el método no destructivo evita el daño de las canales faenadas y pérdidas económicas a los introductores. El método emplea el hisopado con esponjas embebidas en agua peptonada bufferada, antes de enfriar las canales, proporciona los mejores resultados de la toma de muestras y aislamiento bacteriano, no significativamente inferior al método destructivo. Así mismo, **Milios et al. (2014)** argumenta que el método no destructivo es el más elegido en la industria cárnica, ya que no afecta al valor comercial de la canal. La utilización de frotis con esponjas es proporcional a la escisión (método destructivo) en la recuperación bacteriana, siendo un método práctico y rápido de muestreo para estimar indicadores de higiene y contaminación fecal durante el faenamiento.

El estudio realizado en Manabí por **Delgado et al. (2015)**, empleó el método destructivo en cinco mataderos de la región que gozan de las mismas condiciones ambientales. Los autores emplearon el Método de Referencia AOAC Internacional Ed. 18 998.08 para la detección de *E. coli*. La presencia de *E. coli* fue visible en todos los mataderos con valores máximos y mínimos de 2.79 y 1.18 log UFC/g respectivamente, 4 de los 5 mataderos no cumplieron la normativa nacional NTE INEN 2346:2010

Otro estudio realizado en Ecuador en el Matadero Municipal del Cantón Paján de un total de 17 muestras, 14 fueron positivas que representa el 82,35% y 3 negativas que equivale al 17,65%, para la presencia de *E. coli*. Los resultados demostraron condiciones desfavorables en cuanto a instalaciones y prácticas obsoletas para el faenamiento bovino, encontrando altos niveles de contaminación fecal, atribuido a esta enterobacteria y a la presencia de *Salmonella* que debe estar ausente según lo indicado en la norma INEN NTE 1529 (**Calero et al. 2013**).

En una investigación peruana realizada por **Farfán (2012)** observó la presencia de *E. coli* en el 47.62% de las muestras con un recuento promedio de 4.06 log UFC/cm². Por otro lado, **Camargo et al. (2019)** en un estudio realizado en Brasil, mostraron resultados medios de 1.89 log UFC/cm² de *E. coli*. Otro análisis realizado por **Lema y Lema (2019)** en el EMRAQ-EP con respecto a la carga bacteriana de *E. coli* evidenciaron un promedio 2.43 log UFC/cm². Estos estudios obtuvieron recuentos de microorganismos inferiores a 5 log UFC/cm² límite indicativo de deficiencia en buenas prácticas de higiene e inocuidad, durante la línea de faenamiento (**Bohórquez 2016**).

1.1.2 Mercado de carne bovina

En los países en vías de desarrollo se ha incrementado exponencialmente el hábito de consumo de productos cárnicos. Dichos aspectos permiten apreciar las

proyecciones realizadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que anticipa una tasa de aumento para el 2021 del 2.2% con una producción de 346 millones de toneladas de carne bovina en consecuencia de un repunte en China, aumentos en Brasil, Vietnam , Estados Unidos y la Unión Europea (**FAO 2021**). Durante el primer trimestre del año 2021, Estados Unidos ha sido el mayor productor de carne bovina con 12 millones de toneladas, seguido de Brasil con 10 millones de toneladas y China con 7 millones de toneladas, ocupan los tres primeros lugares a nivel mundial. Los países de la región americana a destacar son Argentina y México con una producción de 3 y 2 millones de toneladas de carne, respectivamente, se encuentran dentro de los 10 países líderes en producción de vacuno (**Orús 2021**).

El Ecuador apenas aparece en el plano internacional, teniendo una participación escasa con el 0.4% de la producción cárnica mundial. Sin embargo, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP), afirma que la producción cárnica bovina ecuatoriana es de aproximadamente 200 mil toneladas métricas, satisfaciendo la demanda nacional de éste producto (**MAGAP 2017**). El consumo per cápita de carne bovina es de 17 Kg, que corresponde alrededor del 14% de la producción en el sector agrícola, no obstante, diariamente la población consume 47 g de carne (**MAGAP 2017, Luchini y Wicki 2013**), que representa no más de 10 g de proteína; dicho valor se encuentra por debajo de recomendaciones de la FAO en cuanto al consumo óptimo de 20 g diarios de proteína (**FAO 2021**).

1.1.3 El pH y la conversión del músculo en carne

pH

El pH es el logaritmo negativo de la concentración de protones tiene una escala que va desde 0 a 14; es considerado ácido un valor de pH menor a 7, mientras que, un valor por encima de 7 lo denominamos alcalino o básico. Es uno de los principales métodos para determinar la calidad de la carne, debido a que influye de

manera directa en las características fisicoquímicas, que ocurren en el músculo para convertirse en carne, además que impacta en sus cualidades como su color, textura, terneza, capacidad de retener agua, entre otros (**León et al. 2018**).

El tejido muscular de animales vivos está en un pH neutro con valores que oscilan entre 7 – 7.3. Cuando el animal muere hay un descenso en el pH, influenciado por fenómenos glucolíticos del glucógeno almacenado, en los cuales se genera ácido láctico a partir de glucólisis anaerobia, en la cual, en ausencia de oxígeno el músculo intenta producir energía (**Hernández et al. 2013**).

Conversión de músculo a carne

La conversión de músculo a carne se divide en tres fases: fase pre-rigor de subsistencia del sistema nervioso, fase rigor donde se agotan los elementos energéticos (ATP, fosfocreatina y glucosa) y fase post-rigor donde se pierde la constitución muscular (**Ayala 2018**). La perfecta conversión de músculo en carne es compleja, cuando existe una deficiencia en la síntesis de lactato, los valores de pH son superiores a 5.8 – 6.0, como resultado se forman carnes oscuras, firmes y secas (DFD), ocasionando un aumento en la proporción de agua retenida, el color oscuro además de la dureza (**Larenas 2016, Pérez et al. 2013**).

1.1.3.1 Factores que afectan el pH de la carne

La composición química de la carne es compleja y está influenciada por un elevado número de factores intrínsecos como extrínsecos. Los componentes de la carne son afectados por el procesamiento y manejo, que repercuten en el valor nutricional y el grado de aceptación del consumidor (**Zimmerman 2011**).

1.1.3.2 Factores intrínsecos

Dentro de los factores intrínsecos se puede mencionar la raza, la edad, el sexo y el peso al faenamiento (**Palacio et al. 1999**). El sexo influye en el pH de manera que se han encontrado diferencias significativas en cuanto a este factor, de manera que las hembras tienden a mostrar un pH menor que los machos (**Panea et al. 2011**); sin embargo, hay otros estudios que no mencionan ninguna diferencia en la cuantificación del pH con referencia al sexo del animal (**Ruiz de Huidobro et al. 2003**).

Por otro lado, se considera que cuando se incrementa el peso para el faenamiento, tiende a disminuir la terneza, firmeza, jugosidad y se observa un aumento en los índices rojos de la carne (**Panea et al. 2011**). La calidad de la carne se eleva al obtenerse de un cruce con animales puros que tengan en sus genes una elevada capacidad de retención de agua, color y firmeza de la canal (**Albertí et al. 2005, Vieira et al. 2006**). Además, en animales que se encuentran en situaciones sin descanso durante un lapso de 36 horas el pH es superior a 6.0 con inclusiones de corte oscuro en la examinación (**Gallo et al., 2001**).

1.1.3.3 Factores extrínsecos

Se reconoce que los sistemas de producción tienen un impacto indirecto sobre la calidad de la carne. El uso de sistemas de producción intensivos incrementa el estrés de los individuos, de manera que afectan las condiciones organolépticas de la carne (**Gallo y Tadich 2005**). Como resultado, se obtienen cambios en cuanto al pH, el color de la carne y se incrementan los niveles de glucógeno, siendo perjudiciales en las canales bovinas (**Forrest et al. 1979**).

1.1.3.4 Factores premortem

Dentro de los factores premortem que afectan el pH de la carne bovina se encuentran el estrés, transporte, reposo, noqueo o insensibilización, degüelle y

bienestar animal. Estos factores se relacionan con el pH alto en la carne de los animales faenados propiciado a una condición de manejo inadecuado (**Martínez et al. 2001**).

Estrés

El estrés en los animales influye en la calidad de la carne que se consigue en un matadero. Cuando se percibe un estrés crónico en el faenamiento, se obtiene una menor calidad de carne, ya que el estrés provoca una disminución en el glucógeno muscular y se reduce la producción de ácido láctico (**Gallo et al., 1995**). El estrés del individuo provoca un aumento de las concentraciones plasmáticas del cortisol y origina incrementos de la gluconeogénesis, así como la disminución en el uso de glucosa (**López et al. 2001**). El estrés provoca la desvalorización o pérdida económica en las canales siendo muy importante en el medio ganadero y provoca rechazo en la carne bovina destinada para exportación (**Amtmann et al. 2006**).

Existen alteraciones fisiológicas que se asocian al estrés cuando se provocan cambios en la concentración sanguínea de ácidos grasos volátiles (β -hidroxibutirato), glucosa, volumen globular aglomerado (VGA) y de cortisol (**Moberg 1996**). Además, disminuye el desempeño físico del animal que intenta regular su homeostasis frente a un estímulo adverso, a través de la respuesta del eje hipotálamo-hipófisis-adrenales (**Sánchez et al. 2021**). Este tipo de variables son consideradas como indicadoras de estrés en el manejo del ganado bovino, sobre todo durante el proceso de faenamiento (**Amtmann et al. 2006**).

En este sentido, hay situaciones en las que los animales permanecen periodos prolongados de tiempo bajo estrés y ausencia de alimento debido al transporte, donde reducen sus reservas energéticas para satisfacer las necesidades básicas del organismo; se reducen los niveles de glucógeno hepático y muscular, provocando que el pH no disminuya adecuadamente en el músculo (**Wythes et al. 1981, Wirth 1987, Warriss 1996**). El pH elevado suele estar inducido por el ayuno prolongado

en los animales, así como el estrés físico al que se someten antes del faenamiento **(Gallo et al. 2001)**.

Relacionado al transporte está la densidad de carga que influye en el estrés del animal. La máxima densidad que se permite para el transporte del ganado bovino se encuentra en 500 Kg/m² **(Gallo y Tadich 2005)**. Hay transportes donde el límite de la densidad de carga es de 490 Kg/m², mientras que se prefiere una densidad de carga menor a 450 Kg/m² **(Gallo et al. 2003)**. En contraste, hay normativas **MAGAP (2013)** donde consideran que la máxima densidad de carga debe ser de 360 Kg/m² en el ganado bovino adulto; además, investigaciones previas sugieren que llegar a una densidad de 400 Kg/m² es excesivo **(Tarrant y Grandin 1993, Tarrant et al. 1992)**.

Uno de los últimos pasos ante-mortem al que es expuesto el ganado es la insensibilización **(Pérez et al. 2015)**. La insensibilización o noqueo debe generar una pérdida de conciencia instantánea, a fin de prevenir el sufrimiento del animal y debe durar hasta el desangrado **(Gallo et al. 2003)**. En cualquier tipo de método que se utilice para insensibilizar al animal, es importante que no se destruya el bulbo raquídeo, debido a que los sitios que controlan el ejercicio normal de los pulmones y el corazón deben funcionar durante un tiempo determinado para que la sangre sea expulsada de mejor manera **(Pérez et al. 2015)**. La insensibilización puede darse con pistola de percutor **(Lawrie 1967)**. Este punto es uno de los más descuidados, debido a que la preocupación del personal no se destaca y no existe conciencia sobre evitar el sufrimiento del animal **(Gallo y Tadich 2008)**.

Por otro lado, el degüelle en ganado bovino se realiza mediante la escisión de la arteria carótida y vena yugular **(Lawrie 1967, Marmolejo 2010)**. Cuando el cuchillo ingresa demasiado en el animal, únicamente el 50% de sangre es eliminada, quedando el restante en los músculos adyacentes; la sangre puede acumularse en la parte inferior de la escápula, causando que la carne tienda a

descomponerse más rápido. El desangramiento del animal es mejor cuando son insensibilizados con herramientas eléctricas, en comparación que cuando se utiliza pistolas de percutor (**Lawrie 1967**).

1.1.3.5 Bienestar animal

Se lo atribuye al equilibrio que debe tener el animal en cuanto a factores físicos, ambientales y psicológicos, desde su nacimiento hasta el sacrificio del mismo, teniendo como base los 5 principios fundamentales, los cuales son: a) Libertad de hambre y sed, b) libertad de miedo y angustias, c) libertad de incomodidades físicas, d) libertad de dolor, lesiones o enfermedades, e) libertad para expresar un comportamiento normal (**Romero et al. 2011, Gamon 2018, OIE 2011**). En los últimos tiempos, ha existido un incremento en el interés sobre el bienestar de los animales de rastro, sin embargo, en la actualidad existe una desatención y un mal manejo, causando estrés y sufrimiento innecesario (**Gamon 2018**).

1.1.3.5.1 Indicadores de Manejo

Dentro de los indicadores de manejo es importante considerar la infraestructura a la cual acceden los animales y el manejo que reciben por parte del personal encargado. La inclusión de rampas, mangas, divisiones y transporte de ganado, así como la capacitación del personal son importantes para obtener un bienestar animal adecuado para reducir los niveles de estrés en los animales (**Gallo y Tadich 2005**). La infraestructura y el manejo de los animales deben ser considerados para que los individuos se desenvuelvan de forma natural, propio de la especie (**Grandin 1998**).

1.1.3.5.2 Indicadores de conducta

Los indicadores de conducta reflejan el trato que reciben los animales por parte de las personas en los distintos lugares a los que son llevados, como lugar de producción puesto de comercialización, transporte y mataderos (**Muñoz et al.**

2012). Se reconocen indicadores de conducta que proporcionan información acerca del estrés que pueden estar padeciendo. Los animales picaneados no deben exceder el 25%, en tanto que los individuos que se resbalen en el trayecto debe ser menor al 3% y los animales que realizan vocalizaciones, como mugir, debe estar en un rango del 0-3% para que sea aceptable (**Grandin 1998**). De esta manera, se permite considerar a un animal desde cómodo hasta adolorido (**Gallo y Tadich 2005**).

1.1.4 Enfermedades transmitidas por los alimentos (ETAs)

La carne cruda es muy susceptible al deterioro, y puede convertirse en un vector para la propagación de ETAs. Cuando se realiza el sacrificio, izado y procesamiento de las canales bovinas, todos los músculos y tejidos que son de consumo humano, están expuestos a contaminación por microorganismos patógenos durante las etapas de faenamiento, las causas más frecuentes son la presencia de heces en la piel del bovino bandejas e instrumentos contaminados por inadecuada higiene de los operarios (**Heredia et al. 2014**).

1.1.4.1 Parámetros nacionales e internacionales

A nivel mundial la FAO mediante el Codex Alimentarius, brinda lineamientos para un correcto manejo de los alimentos y medidas que pueden considerar las entidades encargadas en cada país (**FAO 2021**).

Método Oficial AOAC 998.08. Recuento de *E coli* mediante técnica Petrifilm

La **AOAC (2005)** es un método de certificación para la incubación de Petrifilm a una temperatura de 35 °C por 24 horas y es aplicable únicamente a carnes, aves y mariscos crudos (incluidas las muestras de esponjas de cadáveres). La AOAC Internacional determinan como colonias de bastoncillos gram-negativos a los

coliformes que elaboran ácido y gas lactosa mientras se da la fermentación metabólica de la lactosa. Las Placas Petrifilm™ para el Recuento de *E. coli*/Coliformes (Placa Petrifilm EC) contienen nutrientes Bilis Rojo Violeta (VRB), un indicador de la actividad de la glucuronidasa y un indicador para un recuento fácil de colonias. Un 97% de las *E. coli* producen beta-glucuronidasa, productoras de una precipitación azul asociada con la colonia (AOAC 2005).

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)

En el Ecuador el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), es quién se encarga de la regulación y el control de los productos consumidos por la población. La NTE INEN 2346 habla acerca de los requisitos microbiológicos de la “Carne y Menudencias Comestibles de Animales de Abasto” (INEN 2016). Sin embargo, no existe una normativa para muestras obtenidas por el método no destructivo.

Reglamento CE 229/2019

El reglamento CE 229/2019 que se encuentra dentro de las normas microbiológicas de los alimentos y asimilados, nos indica que, para el recuento de colonias Enterobacteriáceas en canales bovinas los límites permitidos son $m = 1.5 \log \text{ UFC/cm}^2$ y $M = 2.5 \log \text{ UFC/cm}^2$ expresados en la (Tabla 1). Será satisfactorio, cuando la media logarítmica es inferior o igual a m ; aceptable, si el valor está dentro de los valores de m y M ; insatisfactoria, si la media sobrepasa el valor de M . La fase en la que se aplica este criterio es cuando, las canales han terminado su faenamamiento pero todavía no ingresaron al enfriamiento (Moragas y Valcarcel 2021).

Alimentos	Legislación o Recomendación	Aerobios mesófilos	Enterobacterias Coliformes	Otros límites o comentarios
Canales bovinas, ovinas, caprinas y equinas	Reglamento C.E. 2073/2005 modificado por reglamento CE 1441/2007 CE 229/2019	Colonias aerobias m= 3.5 log (3.16x10 ³) UFC/cm ² media logarítmica diaria.	Enterobacteriáceas m= 1.5 log (3.16x10) UFC/cm ² media logarítmica diaria.	Fase de aplicación del criterio: canales después de su faenado, pero antes de su enfriamiento.
		M= 5.0 log (105) UFC/cm ² media logarítmica diaria	M= 2.5 log (3.16x10 ²) UFC/cm ² media logarítmica diaria	Ver en el Capítulo 3 del Reglamento CE 1441/2007 las normas, frecuencias de muestreo e interpretación de los resultados. Ver en AENOR norma UNE-EN ISO 17604:2015 sobre métodos de toma de muestra superficies cadáveres de animales sacrificados para el consumo de carne.

Tabla 1. Extracto, recopilación normas microbiológicas (Moragas y Valcarcel 2021)

1.1.4.2 Microbiología de la carne y vías de transmisión

La mayor parte de la superficie del músculo en bovinos es estéril; no obstante, su fluctuante nivel de actividad del agua y su valor nutricional, predisponen a contaminaciones vía exógena o endógena de microorganismos perjudiciales para la salud humana (Lawrie y Ledward 2006). La vía endógena refiere a la contaminación en el animal vivo. La contaminación por vía exógena es la más común y se relaciona por colonización microbiana posterior a la muerte del animal, esto se debe al contacto que tiene la canal con el agua, aire o suelo (Hernández et al. 2013).

Otro medio de contagio microbiológico ocurre mientras se realiza la evisceración puesto que el músculo tiene contacto con una elevada cantidad de microorganismos provenientes de la porción intestinal (Lawrie y Ledward 2006,

Castro 2012). La cantidad de microorganismo llega en bajas cantidades a través sistema circulatorio, esto se debe al microbiota albergado en órganos diana como riñones, nódulo linfáticos, hígado y bazo (**Castro 2012**). Además de los medios de contaminación antes referidos, las instalaciones de la planta de faenamiento, operarios, utensilios y manejo de herramientas fungen un papel determinante en la calidad microbiológica de la canal (**Castro 2012, Hernández et al. 2013**).

1.1.4.3 Microorganismos indicadores entéricos

Entre las bacterias más contaminantes en el músculo bovino posterior al faenamiento se encuentran bacilos Gramnegativos y Micrococos como las *Pseudomonas spp.*, *Flavobacterium spp.*, *Acinetobacter spp.*, *Moraxella spp.* Los gérmenes perjudiciales son *E. coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum* y *Clostridium perfringens* (**Lawrie y Ledward 2006**). Bacterias como: *Salmonella*, *Campylobacter* y *E. coli* son los patógenos más comunes causantes de enfermedades en un sin número de personas anualmente. En el continente americano alrededor de 77 millones de enfermos y más de 9 mil mueren a causa de ETAs (**OMS 2020**).

1.1.5 *Escherichia coli*

Es una enterobacteria común del tracto intestinal de los animales. Sin embargo, la presencia de serotipos que sean perjudiciales y afecten la salud humana con síntomas similares a disfunciones gastrointestinales. En las canales bovinas, la presencia de *E. coli* se debe a la contaminación cruzada al momento del eviscerado (**Delgado et al. 2015, Aldana 2011**). La presencia de este patógeno en carcasas bovinas, es útil para determinar la calidad higiénica de las canales, siendo un indicador de contaminación fecal y de una pobre calidad higiénica de la carne (**Di Pillo y Sotomayor 2018, Jiménez et al. 2012**).

En el proceso de faenamiento para la obtención de carne, la presencia de esta enterobacteria es un indicativo microbiológico de la calidad de la canal bovina, expuesta a contaminación y multiplicación de microorganismos, por lo tanto, su análisis es un parámetro útil como indicativo de desinfección, limpieza, buenas prácticas de manufactura y control de temperatura en los procesos de faenamiento (Vargas 2019).

1.1.5.1 Características de crecimiento y sobrevivientes

E. coli es una bacteria Gram negativa no esporulada, presenta flagelos inmóviles y son anaerobias-aerobias facultativas; crecen en agares MacConkey y medios que contengan NaCl, oxidativos y fermentadores, con aditivos de glucosa. Presentan catalasa positivo y oxidasa negativo (Bergey 1989). Son cultivados en temperaturas hasta de 45°C, siendo termoestables y formando colonias distintas; la temperatura óptima para su crecimiento es de 39°C, teniendo un mínimo de 8°C y un máximo de 48°C. Dentro del pH, *E. coli* requiere un pH óptimo de 7.0, manteniendo el pH interno de 7.6 (Garzón y Gómez 2007).

1.1.5.3 Comportamiento de *E. coli* en producción bovina

Por su parte, se considera que la *E. coli* se encuentra de manera habitual en el tracto gastrointestinal de los bovinos; sin embargo, al encontrarse en el agua y los alimentos suele indicar contaminación fecal (Callaway et al. 2009). En este sentido, también se reconoce que los valores de pH con una cercanía a 7.0 otorgan la posibilidad de reducir el crecimiento de *E. coli* en las heces de bovinos (Heras et al. 2016).

1.1.5.4 Comportamiento de *E. coli* en faenamiento

La obtención de carne de calidad se realiza con un manejo adecuado y factores que contribuyan a la reducción de efectos estresantes en el animal que provean situaciones donde se eleven la cantidad de cortisol (Vera y Vilela 2021). En el

faenamiento, se llevan a cabo análisis bacteriológicos con base a normas NTE INEN, las cuales establecen requisitos para productos cárnicos crudos. Para *E. coli* UFC/g se instituye el mínimo de 1.0×10^2 y se toma en cuenta un máximo de 1.0×10^4 (INEN 2012).

1.1.5.5 Efectos adversos en la salud

Las enterobacterias pueden contaminar a los alimentos en cualquier punto del procesamiento de estos (Ministerio de Salud Pública 2021). La existencia de patógenos en la cadena de producción, ya sea en un número escaso, siempre es indeseable y una de las causas de problemas gastrointestinales (Bastidas 2018). Estos problemas están acompañados de fiebre, náuseas, vómitos, dolores abdominales y de cabeza, dando como resultado enfermedades graves y en algunos casos fatales (OMS 2020).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Correlacionar los niveles de pH y la proliferación de *Escherichia coli* en las canales bovinas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar los niveles de pH de las carcasas bovinas mediante Norma Internacional ISO 2917.
- Cuantificar la presencia de *E. coli* en las canales de origen bovino como parámetro de calidad microbiológica, según Reglamento Internacional CE 229/2019 para Enterobacterias Coliformes.
- Analizar el proceso de manufactura con recomendaciones de un manejo óptimo de las carnes bovinas.

Hipótesis

Ho: No existe correlación entre los niveles de pH y la proliferación de *E. coli* en las canales bovinas.

Hi: Existe correlación entre los niveles de pH y la proliferación de *E. coli* en las canales bovinas.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Material de Muestreo	Material de Laboratorio
<ul style="list-style-type: none"> • Hielera cooler térmica • Gel refrigerante • Bata • Cofia • Overol • Botas blancas • Mascarillas • Casco • Guantes quirúrgicos estériles HERENCO • Esponjas en bolsas Whirl-Pak (19*30.5*4 mm) • Agua Peptonada Bufferada NEOGEN • Plantilla de Muestreo Estéril (10*10 cm) • Potenciómetro HANNA HI99163 (HANNA Instruments®, USA) • Solución buffer de pH 4.01 • Solución buffer de pH 7.01 	<ul style="list-style-type: none"> • Balón aforado 1 000ml • Vaso de precipitación 250ml • Probetas graduadas 25, 50 y 100ml • Pipetas 1ml • Bolsas filtrantes SEWARD • Cámara de flujo laminar BIOBASE BBS – H1300 • Incubadora NEOGEN • Balanza Analítica Chaus EP613C 0,001(e) • Esterilizador MEMMERT • Autoclave HALL AMERICAN 75X • Guantes latex MONOGRAM • Difusor 3M • Lupa para conteo de microorganismos • 3M® Placas Petrifilm™ para el Recuento de <i>E. coli</i>/Coliformes 6436/6437
Insumos de Oficina	Muestras
<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • Impresora • Esferográficos • Marcadores permanentes • Hojas de papel bond 	<ul style="list-style-type: none"> • Hisopados de canales

-
- Libreta de anotaciones
 - Tablas para registrar pH
 - Cámara fotográfica
-

2.1.1 Ubicación del experimento

- **Fase 1.** Medición y muestreo: se realizó en el Camal Municipal Ambato ubicado en la calle F y calle V, Parque Industrial de la ciudad Ambato, provincia de Tungurahua, país Ecuador (**GAD Municipalidad de Ambato 2012**).

Altitud: 2 680 msnm

Latitud: S 1°11'43"

Longitud: W 78° 35'19"

- **Fase 2.** Aislamiento microbiológico: se llevó a cabo en el laboratorio de Microbiología del Camal Municipal Ambato.

2.1.2 Características del lugar

- **Fase 1.** El área designada para las actividades laborales es de 32 000 m² de un total de 43 777 m² que corresponden al camal (**GAD Municipalidad de Ambato 2020**).

Clima: 13° C a 14° C

Humedad Relativa: Enero a Julio de 88% a 91%

Agosto a Diciembre de 86% a 87%

- **Fase 2.** El laboratorio dispone de un área de 36 m² con condiciones ambientales controladas, con una temperatura conservada en promedio de 19°C y una humedad del 57%.

2.1.3 Observaciones generales

2.1.3.1 Fase de pre-experimentación

La metodología tuvo una fase de pre-experimentación de cuatro semanas en el Camal Municipal Ambato, en los cuales se validaron métodos y registros de indicadores conductuales y de comportamiento de bienestar animal, también se levantó información sobre la infraestructura del camal.

2.1.3.2 Instalaciones y equipos

El Camal Municipal Ambato, tiene una capacidad de faenamiento de hasta 240 bovinos diarios con promedio de 25 a 30 reses/hora. El faenamiento se lo realiza de domingo a jueves, siendo los martes, jueves y domingo los días de mayor faenamiento. Los animales tienen corrales de reposo según la especie animal, estos tienen forma cuadrangular con un área de 4 m² con bebedero exclusivo para cada corral.

El cajón de noqueo tiene dimensiones de 3.04 m de largo, 1.12 m de ancho, 1,60 m de alto y una inclinación respecto al piso de 15°, no posee un inmovilizador de cabeza además presenta una puerta tipo guillotina de acero inoxidable con pistón neumático que usa un compresor que es compartido con la pistola de noqueo.

Para él aturdimiento se emplea una pistola neumática de proyectil retenido, tipo penetrante marca Hantover modelo 93 000, con una presión en libras por pulgada cuadrada de 180 (psi) accionado por pistón neumático. La pistola no es calibrada con frecuencia.

La infraestructura del camal posee rieles para el transporte del bovino degollado, además de un tecla manual para el proceso de descuerado y una sierra eléctrica

para el proceso de fisurado. Los operarios en los demás pasos utilizan cuchillos afilados con chaira.

2.1.3.3 Proceso de faenamiento

La información de los datos de movilización y tiempo de transporte del ganado fueron tomados de las guías de remisión emitidas por el MAGAP. El proceso de faenamiento se explica en el diagrama de flujo (**Gráfico 1**).

Los animales ingresan a los corrales y permanecen en reposo por un tiempo promedio de 18 horas con bebederos con agua para la hidratación. Durante ese tiempo los animales son marcados a través de un número realizado con pintura roja o azul para su identificación. Posteriormente, los bovinos son trasladados por las mangas mediante el uso inadecuado y en ocasiones desmedido de la picana eléctrica, hasta llegar al área de duchado, para una primera higienización. Después, el bovino ingresa al cajón de noqueo, pero al no existir un sistema de sujeción el operario ingresa hasta dos animales para que se facilite el aturdimiento. El operador, con ayuda de una pistola neumática de proyectil retenido insensibiliza al animal; en ocasiones puede emplear más de dos disparos para completar la inconciencia del animal.

Luego el animal es colgado de los cuartos traseros a un gancho adherido al riel que lo moviliza durante los posteriores pasos de faena, en este punto se realiza el sangrado, proceso que supera el minuto de tiempo con respecto al aturdimiento. Seguido el operario efectúa el degüelle a través de un corte profundo en la arteria carótida y vena yugular para que el animal se desangre, no obstante, este desangrado no es completo y no se realiza limpieza alguna del cuchillo utilizado. Posteriormente, se procede a retirar las extremidades anteriores y posteriores, y la cabeza de los animales con ayuda de un cuchillo. Después, se realiza el marcaje con tinta vegetal color morada, cabe destacar que los operarios utilizan guantes plásticos color turquesa, pero no son limpiados constantemente.

El siguiente proceso es el descuerado o desollado, lo realizan dos operarios que retiran la piel de la carne. Después, el operario procede a la evisceración, este proceso consiste en la remoción de los órganos internos del animal, tanto vísceras blancas (intestinos y estómago) como vísceras rojas (riñones, hígado, pulmones y corazón) para estos dos procesos se emplean cuchillos que usualmente no son desinfectados.

A continuación, un operario realiza la separación o fisurado en medias canales a través de una incisión longitudinal del esternón y columna vertebral, con una sierra mecánica; este instrumento lo limpian al final de la jornada de trabajo. Posteriormente la canal es lavada con agua a presión durante unos pocos minutos y llevada por medio de un riel con desnivel al cuarto de oreo, donde permanecen en promedio de 30 minutos, debido a la insistencia de los dueños de las canales. Por último, el veterinario encargado inspecciona la canal para determinar su integridad y estado sanitario, con la finalidad de autorizar el despacho de las canales.

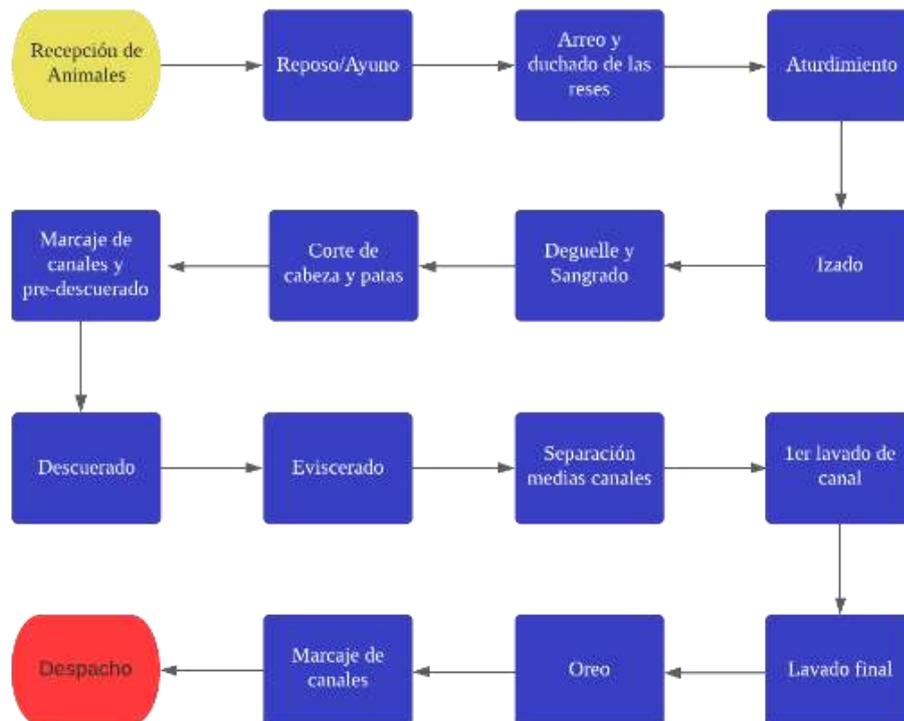


Gráfico 1. Diagrama del proceso de faenamiento (Espín, 2021)

2.1.4 Análisis estadístico

2.1.4.1 Muestra

El Camal Municipal Ambato en el año 2020, debido al confinamiento y situación actual, disminuyó en la producción de reses faenadas, no obstante, sostuvo un faenamiento anual de 12 396, con un promedio de 1 033 reses despostadas mensualmente y 122 por día. Durante los primeros meses del presente año, mensualmente se han obtenido los siguientes valores: enero 1 208, febrero 991 y marzo 1 103. Tomando en cuenta la cantidad promedio de 1 033 bovinos faenados en el Camal Municipal Ambato durante el año anterior, de acuerdo con el modelo estadístico para cálculo de la muestra para poblaciones finitas (**Rendón et al. 2016**).

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

N = Total de la población (1 033)

$Z_{\alpha} = 1,44$ al cuadrado (seguridad del 85%)

p = proporción esperada (50% = 0.50)

q = 1 – p (1 – 0.50 = 0.50)

d = precisión (15% = 0.15)

$$n = \frac{1\,033 * 1.44_{\alpha}^2 * 0.50 * 0.50}{0.15^2 * (1\,033 - 1) + 1.44_{\alpha}^2 * 0.50 * 0.50}$$
$$n = 22.56$$

El tamaño muestral se ajusta a lo que establece **McLauchlin et al. (2017)** en la Guía de Industria Cárnica, que recomienda muestrear 5 canales (n=5) por semana durante 2 semanas en mataderos de categoría pequeña con un faenamiento anual superior a las 7 500 pero inferior a las 20 000 reses.

2.1.4.1 Muestreo aleatorio

.1.4.1 Muestreo aleatorio

Se utilizó el método de **Martínez et al. (2005)** que consistió en un muestreo aleatorio sistemático de 23 datos en total, divididos en 5 canales a la semana, durante 4 semanas y 3 canales la semana restante. Primero se calcula una constante (k) dividiendo el número de animales a ser faenados para el tamaño de la muestra (n= 5). Después como se muestra en la **Tabla 2** se elige el primer valor al azar k (primer quintil) y para las posteriores muestras se adiciona al número anterior el valor de k, de manera que: k+a (segundo quintil), 2k+a (tercer quintil), 3k+a (cuarto quintil) y 4k+a (quinto quintil).

Para elegir los animales a ser evaluados y el orden que seguirán por todo el proceso de faenamiento se recurrió a las guías internas del Camal Municipal Ambato, pues los animales son identificados de acuerdo con el número de ingreso y conforme se han cancelado por los introductores las tasas arancelarias para acceder al servicio del camal, de manera que se obtuvieron animales de distintos lotes y procedencias para garantizar la aleatoriedad e independencia del muestreo.

Especie	N.º animales sacrificados	Valor k	Valor elegido al azar entre 1 y k (a)	N.º de orden en la línea de sacrificio de las canales muestreadas (Quintil asignado)				
				4	28	52	76	100
Bovina	122	24	4	(1°)	(2°)	(3°)	(4°)	(5°)

Valor k: número de animales sacrificados al día dividido por 5.

Quintil asignado: n° orden de la canal; 1°quintil: k; 2°quintil: k+a; 3°quintil: 2k+a; 4°quintil: 3k+a; 5°quintil: 4k+a.

Tabla 2. Ejemplo de aplicación de la metodología utilizada para la elección de las canales muestreadas (n° de orden en la línea de sacrificio y quintil asignado) según el n° animales sacrificados al día, el valor k calculado, y el valor elegido al azar entre 1 y k (**Martínez et al. 2005**).

2.1.4.2 Diseño experimental

El análisis de los indicadores de manejo directo e indirecto de comportamiento y de limpieza se lo realizó mediante la utilización de **Excel (2019)**, se empleó estadística descriptiva mediante el cálculo de frecuencias.

El análisis de datos e interpretación de resultados se realizó mediante coeficiente de correlación lineal de Pearson, una medida de dependencia lineal que permite analizar la fuerza y dirección entre dos variables cuantitativas. Permite conocer la intensidad de relación entre los niveles de pH y la proliferación de *E. coli* en las canales bovinas, al aumentar el valor de una, aumenta o disminuye el valor de la otra o viceversa (**Dagnino 2014, Laguna 2019**). Para la interpretación:

- r es una cantidad que puede ser negativa o positiva que va de -1 o de 0 a $+1$.
- El signo de r , es el mismo que el de S_{xy} , por tanto, señala el crecimiento o decremento de la recta, siendo más perfecta en valores de r cercanos a ± 1 .
- Cuando $|r|$ se encuentre cercano a uno, $r = +1$ (recta lineal creciente de izquierda a derecha) o $r = -1$ (recta lineal decreciente), entendemos como una relación lineal muy fuerte entre el nivel de pH y el recuento de *E. coli*.
- En términos generales, valores por debajo de 0.30 diremos que es una correlación baja, entre 0.30 y 0.70 diremos que es moderada, y elevada por encima de 0.70 .
- Cuando $r = 0$, afirmaremos que no existe relación lineal entre ambas variables (**Dagnino 2014, Laguna 2019**).

2.2 Métodos

2.2.1 Indicadores de manejo, comportamiento, insensibilidad y limpieza

Indicadores de manejo (indirecto) en la manga de acceso de los animales

Las observaciones fueron registradas desde la manga donde ingresan los animales hasta los cajones de noqueo para su inmovilización, de manera que se utilizó el método de **Grandin (1999)**:

- Uso de picana eléctrica: la picana expulsó descargas eléctricas en cualquier zona del cuerpo, de manera que se registraron los animales que fueron picaneados al menos una sola vez.
- Animales que resbalaron: se realizó un registro de los individuos que se deslizaron accidentalmente de manera ligera o brusca de cualquiera de sus extremidades y que mantuvieron la posición sobre sus miembros.
- Animales que cayeron: los individuos que tambalearon perdieron el equilibrio y cayeron, tocando el suelo con su esternón o parte baja del abdomen.
- Vocalización: se utilizó como uno de los indicadores de dolor, de modo que el bovino vocalizó mediante la acción de mugir.

Durante la observación de los animales se permitió la recolección de indicadores directos e indirectos para cada individuo en el trayecto desde la entrada del animal hasta el primer disparo, en tanto que los indicadores fueron observados al menos una vez. Se utilizó el siguiente método de **Grandin (1999)**, **Muñoz et al. (2012)**:

Indicadores de comportamiento (directos)

- Vocalización: cuando el animal realiza la acción de mugir.
- Caída: el individuo tambalea y su cuerpo o una parte de este puede llegar a tocar el piso, descartando las pezuñas del animal.

- Intentos de fuga: el animal se mueve bruscamente para salir del cajón donde se realiza el noqueo. Estas acciones pueden incluir:
 - Trepas: al individuo intenta pararse sobre sus miembros posteriores y se apoya en los miembros anteriores para intentar salir.
 - Girar: el individuo comienza a dar vueltas sobre sí mismo cuando se encuentra dentro del cajón de noqueo
 - Intento de escape bajo la puerta lateral: el sujeto inserta uno de sus miembros de manera parcial o completa dentro del espacio que se encuentra entre la puerta lateral y el piso.

Indicadores de manejo (indirectos)

- Golpe con la puerta tipo guillotina: el encargado de operaciones activa la puerta y los animales son golpeados para su ingreso al cajón de noqueo.
- Aplicación de picana eléctrica: el individuo recepta descargas eléctricas de una picana en una zona de su cuerpo.
- Tiempo total de permanencia en el cajón: se calcula el tiempo total que pasa desde el momento en que la puerta tipo guillotina se desliza sobre o detrás del individuo hasta que se realiza el primer disparo.

La eficacia del noqueo realizado en los animales se midió por medio de indicadores de retorno sensible, los mismos que se emplearon por **Grandin (2012)** luego del primer disparo:

Indicadores de sensibilidad

- Respiración rítmica: se observaron los movimientos que realizó el tórax y el abdomen para distinguir la respiración; en contraste, también se puede utilizar la mano en las fosas nasales para este proceso. Esta acción se ejecuta luego de que el individuo cayó al suelo por el impacto que recibió del impacto.

- Reflejo corneal o movimiento ocular: este reflejo se calculó al usar la mano en la córnea y observar los movimientos, de manera que se registre cualquier cambio o parpadeo en el individuo. Esto se debe realizar en la salida de la puerta lateral o en el momento de realizarse la sangría.
- Elevación de cabeza y cuello: el individuo intenta incorporarse o elevar el cuello y cabeza; este proceso se analiza cuando los animales caen al suelo hasta la sangría.

Indicadores de limpieza

Los indicadores de limpieza abarcan descuerado, evisceración, lavado y oreo. Según lo que informa **Escuin y Hidalgo (2011)**, (**FAO 2021**):

- El descuerado higiénico del ganado implica que nunca la superficie despellejada de la canal debe tener contacto con el lado de expuesto del cuero, así mismo, escasa sangre debería tocar o estar en contacto con la piel.
- Los operarios deben mantener la limpieza y evitar el contacto directo de sus manos con la superficie despellejada o a su vez lavarse las manos constantemente.
- En la evisceración se debe tener cuidado de no perforar ningún órgano y evitar que el contenido intestinal este en contacto con la canal. Además, es de vital importancia el lavado de manos regularmente y la esterilización de los cuchillos y sierras durante este proceso.
- El lavado de canales debe realizarse con agua limpia y tiene como fin quitar las manchas de sangre y mugre de la canal, así como dar una mejor apariencia a la misma. En todo el proceso de faenamiento incluido el lavado y oreo el pH del agua utilizada se mantiene en 7.1.

2.2.2 Medición de pH

Para la medición del pH se empleó la norma **ISO 2917 (1999)** y **Rubio et al. (2013)**. En un promedio de 1 hora después del sacrificio, se midió el valor del pH

de las canales marcadas, en los puntos comprendido por el músculo *Longissimus dorsi* ubicado entre la costilla octava y segunda vértebra lumbar (Silva et al. 1999). Se utilizó un medidor de pH portátil para productos cárnicos HANNA HI 99163, que cuenta con una cuchilla de acero inoxidable que protege a la sonda FC 2323 con punta cónica de vidrio; Además, dispone de una precisión de ± 0.02 pH en un rango que va de -2.00 a 16.00 pH, la temperatura entra en rango de -5.0 a 105.0°C con una precisión de $\pm 0.5^\circ\text{C}$. Para calibrar el potenciómetro se usó la solución de buffer de pH 4.01 y pH 7.01 y para la limpieza de electrodos se utilizó un sachet de solución general de limpieza, como lo menciona el fabricante (Hanna Instruments, USA).

Se realizó tres mediciones en forma triangular en el ojo de la costilla del músculo *L. dorsi*, como se indica en la Fig.1 y se expresó el resultado como la media aritmética entre los valores pH testeados.

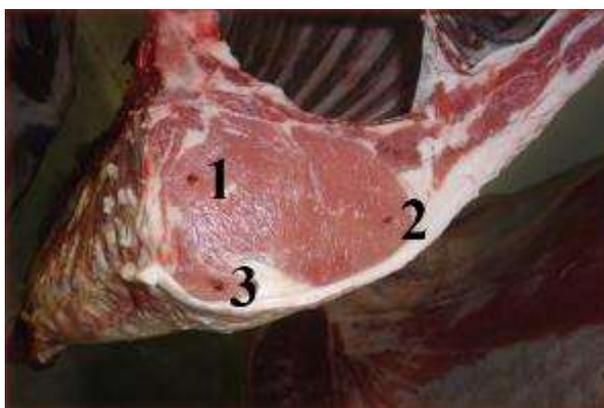


Figura 1. Puntos de muestreo para pH en la canal (Rubio et al. 2013)

2.3.3 Recolección de muestras para *E. coli*

Para el muestreo microbiológico se empleó el método Whirl-pack (Department of Agriculture Water and the Environment 2020) inmediatamente posterior al muestreo del pH.

2.3.3.1 Preparación de materiales

Agua Peptonada

- Se procedió a pesar 20gr de la solución en la balanza analítica.
- En un matraz volumétrico, se disolvió la solución en 1 000ml de agua destilada.
- Se realizó esterilización en autoclave a 121°C durante 30min.
- Se utilizó 25ml de solución de agua peptonada bufferada en cada muestreo de *E. coli*.

Plantilla de muestreo

- Se utilizó una plantilla de plástico estéril con ventana de 10 cm por 10 cm para definir un área de muestreo de 100 cm². La misma fue esterilizada en autoclave a 121°C durante 15min y empacada individualmente, para un único uso (**Moreira et al. 2017**).

2.3.3.2 Sitios de Muestreo

Los lugares de muestreo para bovinos (S1, S2 y S3) se los indica en la **Fig.2**. Estos sitios son los utilizados para el método Whirl-pack.

S1: Se localizó en músculo oblicuo abdominal externo y se sigue el borde medial hasta 7.5cm de la línea media. Colocamos la plantilla y limpiamos el área con una esponja desde la línea media.

S2: Se ubicó el codo del animal, se dibuja una línea recta hasta el cruce con la línea media.

S3: Se dibujó una línea imaginaria hacía el tendón de Aquiles, el punto donde la línea se cruza con su perpendicular es el punto para la toma de muestra.

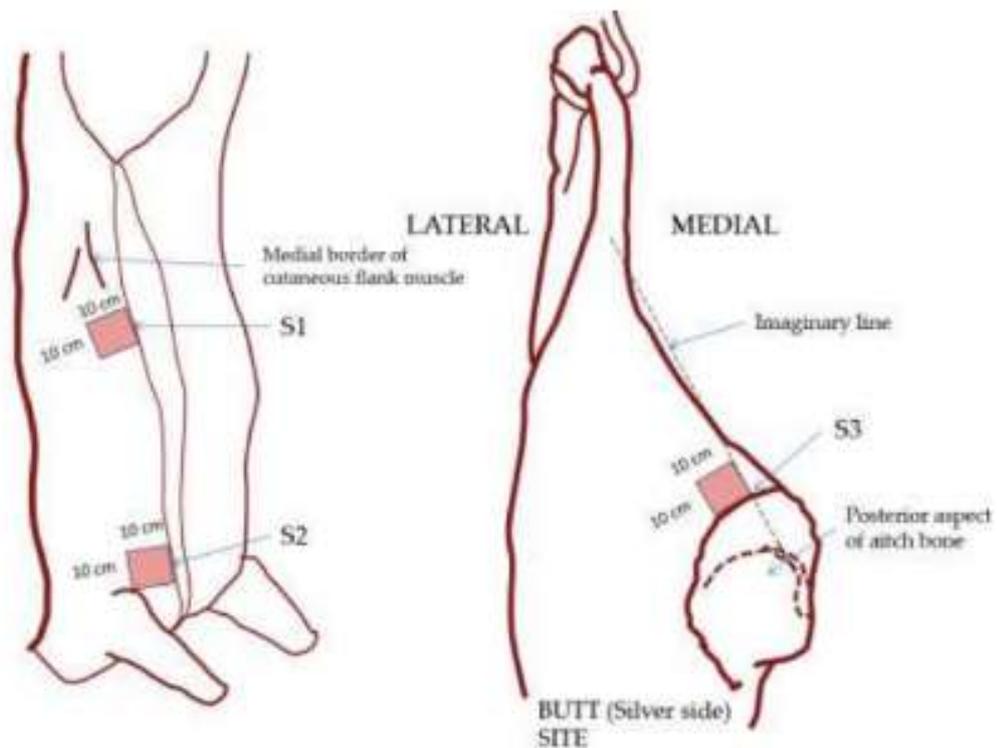


Figura 2. Sitios de muestreo no destructivo para canales bovinos (**Department of Agriculture Water and the Environment 2020**)

2.3.3.3 Método Whirl-pack

Para muestrear los puntos en la canal se utilizó el método Whirl-pack con esponja de muestreo estéril, de la siguiente manera:

- Previamente las bolsas, suministros y la plantilla de muestreo fueron etiquetadas con número de muestra, fecha y hora.
- Se utilizó una plantilla estéril descartable para cada canal.
- Se ubicaron los sitios de muestreo de acuerdo con el numeral 2.3.2.2.
- Se quitó la tira superior transparente ubicada en la parte superior de la bolsa.
- Se retiró el seguro de la botella que contiene el diluyente estéril (agua peptonada bufferada).
- Aproximadamente 10 ml de diluyente agua peptonada estéril fue trasvasado en la bolsa de esponja para humedecer la misma. Se colocó el seguro en la botella.

- La parte superior de la bolsa fue cerrada con el alambre de cierre. Se usó presión exterior de la mano para masajear la esponja para hidratarla por completo. Fueron humectadas minutos antes de ingresar a la planta para tomar muestras de canales
- Anticipadamente, sin abrir la bolsa, la esponja humectada se llevó hacia la parte superior. Suavemente el exceso de líquido de la esponja se exprimió con la mano desde el exterior.
- Teniendo cuidado de no tocar la superficie interior, se abrió la bolsa que contiene la esponja, el cierre con alambre ayudó a que no se cierre la bolsa. En este punto podemos tener ayuda de un colaborador.
- Se utilizó un par de guantes esterilizados.
- Con sumo cuidado, se recogió la esponja humedecida utilizando los dedos pulgar, índice y medio de la mano de muestreo.
- Con la mano libre fue retirada la plantilla, teniendo cuidado de no contaminar los bordes internos del área de muestreo de la plantilla.
- Se colocó la plantilla sobre la ubicación de la muestra (S1). Únicamente la esponja tocó el área de muestreo, teniendo cuidado de no contaminar la zona.
- La esponja fue aplicada dentro del área de muestreo (10 x 10 cm) por un total de 10 veces en dirección vertical y horizontal. Se utilizó una presión media en el hisopo, no tan fuerte como para destruir la esponja ni tan débil como para no recoger microorganismos.
- Se repitió los mismos pasos para el siguiente punto de muestreo (S2) con el mismo lado de la esponja.
- Se dio vuelta a la esponja y fue utilizado el lado posterior para limpiar el tercer sitio (S3), de la misma forma detallada anteriormente. Cuando fue necesario, se utilizó una escalera o plataforma para alcanzar este punto, teniendo cuidado de no contaminar los bordes internos de la plantilla.
- Una vez limpiadas las tres ubicaciones, se colocó nuevamente la esponja en la bolsa de muestra.

- Se abrió la botella que contiene el agua peptonada y fueron agregados los 15 ml sobrantes a la bolsa de muestra, para tener un volumen total de 25 ml. Éste paso lo realizamos en el laboratorio.
- El excedente de aire de la bolsa fue expulsado, se dobló de 3 a 4 veces la parte superior para ser ajustada con el amarre de alambre.
- Los intervalos entre la recolección y análisis de las muestras fueron inmediatos, debido a que se analizó en un laboratorio in situ.

2.3.4 Aislamiento en laboratorio

2.3.4.1 Método Oficial AOAC 998.08 Recuento de E. coli mediante Técnica Petrifilm.

Inoculación

- Los hisopados de canal se hidrataron con 25 ml de agua peptona.
- Se pesó la muestra posterior a la recolección y fue expresada en gramos.
- Se homogenizó la muestra con bolsas filtrantes SEWAR, el peso obtenido (gramos) fue transformado a volumen (mililitros), con ello se procedió a realizar la dilución $\frac{1}{2}$.
- Se colocó la placa Petrifilm EC sobre una superficie limpia y plana, Se levantó la película superior y con ayuda de una pipeta, se dispersó 1ml de suspensión en el centro de la base de la película; con cuidado, se colocó la película superior sobre el inóculo.
- Por último, con el centro del dispositivo esparcidor de plástico (lado plano hacia abajo), se esparció la suspensión sobre el área de crecimiento de la placa.

Incubación

- La placa quedó en área plana durante aproximadamente 1 min para que se solidifique el gel.

- En la incubadora se colocaron las placas en plano horizontal con película transparente hacia arriba, en columnas de máximo 10 unidades durante 24 h \pm 1 h a 35 °C \pm 0.5 °C
- Las placas Petrifilm EC fueron contadas en una lupa para conteo de microorganismos, las colonias de *E. coli* aparecieron de color azul dentro de un diámetro asociado con burbujas de gas. Los demás coliformes aparecieron como colonias rojas con una o más burbujas de gas.
- El rango contable en *E. coli* 3M Petrifilm es de 15 a 150 (aunque se citan otros rangos, es decir, 10-150). Sino se obtuvieron al menos las 10 colonias azules con gas, el recuento exacto se registra con la suspensión diluida.

2.3.4 Cálculo de los resultados de pruebas de *E. coli*

Según **Department of Agriculture Water and the Environment (2020)** para muestras de hisopos los recuentos deben informarse en UFC/cm². De acuerdo, a la siguiente fórmula:

$$\text{UFC/cm}^2 = (\text{N}^\circ \text{de colonias en placa}) \times \frac{\text{Volumen de diluyente agregado}}{\text{Área muestreada}} \times \text{factor de dilución}$$

Para la presente investigación los resultados se expresaron en logaritmos de las unidades formadoras de colonias en un cm² (log UFC/cm²).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de campo tuvo una duración de 5 semanas, donde se tomaron un total de muestras de 23 canales bovinas.

3.1 Análisis y discusión de los resultados

Procesos premortem

Dentro de los procesos premortem se considera el origen, transporte, descarga y reposo de los animales (**Tabla 3**); los resultados indican que el 65.2% de los bovinos fueron transportados en camiones que disponían de cubierta o lona, mientras que el 34.8% llegaron en camionetas con ningún tipo de protección. El tiempo medio de transporte fue de 59.8 min con distancia promedio de 27 km. **Hernández et al. (2013)** menciona que el tiempo de transporte entre la granja y el matadero debe ser inferior a las 4 horas de viaje tienen escaso efecto en los valores de pH de la canal.

En cuanto a la densidad de carga media se ubicó en los 324.1 Kg/m², valor inferior a lo expuesto por **Tarrant y Grandin (1993)**, quienes consideran que la máxima densidad de carga debe ser de 360 Kg/m² en el ganado bovino adulto y está dentro del rango expuesto por **Gallo et al. (2003)** que consideran como aceptable un rango de densidad de carga entre 268-632 Kg/m², además existen normativas **MAGAP (2013)** donde consideran que la máxima densidad de carga debe ser de 360 Kg/m² en el ganado bovino adulto. Mientras que la superficie por animal reportada correspondió a 2.5 m²/animal, valor aceptado por (**MAGAP 2013**). Mientras **Invima (2015)** establece el mínimo espacio de alojamiento en corrales de 2 m² por bovino.

El 73.9% de los animales utilizaron rampa del vehículo para trasladarse al corral, el 4.3% de estos presentaron problemas durante la descarga, considerándolo no aceptable por valores superiores a 1% en plantas de matanza (**Rodas 2011**). Durante el desembarque se observó que el 60.9% recibió patadas, el 21.7% fue golpeado con

palos, el 13% presentó agresión por otros instrumentos (sogas, jaloneos, piquetes), mientras que el 4.3% no evidenció ningún tipo de maltrato en su descarga. Según **Zimmerman (2011)** en el momento del transporte los animales son expuestos a eventos desconocidos y estresantes que involucran una serie de malos manejos, como son: temperaturas extremas, escasa protección ambiental, confinamiento, humedad, ruidos, movimientos y descarga. Todos estos eventos desafortunados causan repercusión en el estrés (aumento de pH) y bienestar del animal.

El tiempo de descanso en los corrales fue mayor a 18 horas, lo cual puede ser contraproducente **Gallo (2003)** menciona que, después de las 12 horas, existe una disminución del peso de la canal además de afectar la calidad de la carne debido a un incremento del pH. Adicionalmente, si los animales sobrepasan las 12 horas de ayudo, **MAGAP (2013)** indica la existencia de implicaciones desfavorables como decremento del tiempo útil de la carne e incremento de la proliferación microbiana. Con respecto a la limpieza de los corrales se observa valores bajos con el 30.4% mientras que los animales presentaron un valor menor con un 21.7% (**Tabla 3**), esto puede deberse al tiempo prolongado que permanecen los animales en reposo (**Gallo 2003**).

Tabla 3. Procesos premortem de los bovinos

Procesos Premortem			Total N=23	
			N	%
Origen	Transporte	Cubierta o lona	15	65.2
		Descubierto	8	34.8
	Tipo de Transporte	Camión	15	65.2
		Camioneta	8	34.8
Descarga	Rampa de descarga	Si	17	73.9
		No	6	26.1
	Animal de pie	Si	22	95.7
		No	1	4.3

		Patadas	14	60.9
		Uso de Palos	5	21.7
	Modo de descarga	Otro instrumento	3	13
		Ningún maltrato	1	4.3
Reposo	Estado nutricional óptimo	Si	22	95.7
		No	1	4.3
	Limpieza del animal	Si	5	21.7
		No	18	78.3
	Limpieza del corral	Si	7	30.4
		No	16	69.6

Indicadores de manejo (indirecto) en la manga de acceso de los animales

En la **tabla 4** se muestran los indicadores de manejo en la manga de acceso, la frecuencia de bovinos picaneados, que sufrieron resbalones, caídas y vocalizaron en la manga fueron del 91.3%, 21.7%, 4.3% y 26.1%, respectivamente. Los resultados son similares a los hallados en **Gallo y Tadich (2008)** que reportan bovinos picaneados con 92.9%, resbalaron 25.4%, cayeron 9.0% y mugieron 40.1%. **Mancipe y Ariza (2020)** obtuvieron resultados distintos, en el 61% de los animales fueron picaneados, el 17% resbalaron, el 11% cayeron y el 17.2% vocalizaron. De acuerdo a **Grandin (1998)** estos resultados son considerados como un problema grave ya que superan el 3% máximo, esto puede deberse a la mala práctica de los operarios por medio del uso excesivo de la picana eléctrica para acomodar a los animales, donde algunos resbalaron y cayeron además de mugir como indicador de dolor.

Tabla 4. Indicadores de manejo (indirecto) en la manga de acceso de los animales.

Indicadores de manejo (indirecto) en la manga de acceso de los animales		Total N=23	
		N	%
Manga	Uso de picana eléctrica	21	91.3
	Resbalón	5	21.7
	Caída	1	4.3
	Vocalización	6	39.1

Indicadores de comportamiento (directos) y de manejo (indirectos)

Los indicadores de manejo y comportamiento se describen en la **Tabla 5**. Un 43.5% registró golpes con la puerta tipo guillotina, estos valores distan de un estudio realizado por **Muñoz et al. (2012)** donde el 75,1% de los animales al ingresar al cajón de aturdimiento fueron golpeados con la puerta tipo guillotina. El tiempo medio de permanencia en el cajón de aturdimiento fue de 62.8 segundos. No obstante, **Pérez et al. (2013)** encontraron que el promedio de tiempo en el cajón de noqueo fue mayor a 112 seg. Mientras que, **Muñoz et al. (2012)** determinaron en 21.1 segundos el promedio que los animales estuvieron en el cajón de noqueo.

Los resultados de la **Tabla 5** presenta una variación de los números de disparo que fueron de 1 a 3, siendo más frecuente que los animales cayeran al primer disparo 78.3%, seguido del segundo disparo 17.4% y únicamente en un animal se utilizó 3 disparos 4.3% Resultados algo similares a los obtenidos por **Gallo y Tadich (2008)**, donde el 72.8% cayó al primer disparo, el 18.5% al segundo y el 3.3% al tercer disparo; además, obtuvieron resultados a los 4 y a los 5 o más disparos, con 3.3% y 2.1%. respectivamente. Sin embargo, en un estudio realizado por **Mancipe y Ariza (2020)** el 93% de los bovinos únicamente necesitó un disparo para el aturdimiento, y en el 7% se utilizaron dos disparos.

Según lo expresado por **Grajales (2010)** y **Grandin (2010)** el noqueo que se realiza en el estudio es considerada grave al estar por debajo del 90% de animales que cayeron al primer disparo, donde una insensibilización excelente se da al 99-100% con un disparo, aceptable entre 95-98%, no aceptable de 90-94% y grave <90%. Según **Grandin (2010)** este porcentaje considerado grave puede deberse a que el cajón no posee un sistema de insensibilización con sujeción de cabeza, otra causa puede ser la variabilidad de tamaño de los animales que ingresan al cajón, pues en algunas ocasiones ingresan más de un animal al mismo tiempo. Por otro lado, **Romero et al. (2012)** añade que una capacitación al noqueador y la constante calibración de la pistola neumática, contribuiría a mejorar los porcentajes de animales que caen con un disparo.

El intervalo de tiempo promedio entre disparo y sangría fue de 88 s, en un estudio realizado por **Gómez et al. (2018)** con el mismo sistema de insensibilización obtuvo un valor menor al reportado con 75 s entre el disparo-sangría. **Hernández et al. (2013)** mencionan que este intervalo deber mantenerse máximo en 60 s, evitando el posible regreso a conciencia y sufrimiento animal. Entre los factores que pudieran retrasar el inicio del desangre se encuentran la escasa capacitación de los operarios, la rotación y sobrecarga de funciones que tienen estos, la carencia de coordinación entre el noqueador y los responsables de la sangría y el diseño del cajón de noqueo que dificulta la expulsión de los animales (**Gómez et al. 2018**).

Tabla 5. Indicadores de comportamiento (directos) y de manejo (indirectos).

Indicadores de comportamiento (directos) y de manejo (indirectos)	Total N=23	
	N	%
Cajón de Noqueo	Higiene del cajón	17 73.9
	Golpe con la puerta	10 43.5
	Cayó después del primer disparo	18 78.3

	1er disparo	18	78.3
Número de disparos	2do disparo	4	17.4
	3er disparo	1	4.3
Tiempo de permanencia en el cajón de noqueo (seg)		62,8	
Tiempo entre disparo y sangría (seg)		88	

*Los tiempos se reportan en promedio

Indicadores de sensibilidad

La **Tabla 6** expresa los signos de sensibilidad encontrados en el estudio para vocalización fueron de 30.4%, respiración rítmica 21.7%, reflejo corneal 17.4% y elevación de la cabeza 13%. Similares resultados encontraron **Pérez et al. (2015)** para vocalización 31.3% e intento de levantar cabeza 11.8% **Romero et al. (2012)** para respiración rítmica con 20.1%. y **Gallo et al. (2003)**, para el reflejo corneal con 20.4% pero diferentes a los valores obtenidos por **Gallo y Tadich (2008)**, con resultados de 46.9%, 86.3%, 66.9% y 26%, para vocalización, respiración rítmica, reflejo palpebral y levantamiento de cabeza, respectivamente. Estos resultados pueden deberse a que la insensibilización se la realiza con una presión de 180 (psi) en todos los animales y no se calibra según el tamaño de cada animal, por lo tanto, los animales no estuvieron correctamente aturdidos al presenciar indicadores de sensibilidad como reflejo corneal. **Pérez et al. (2015)** y **Gallo et al. (2003)** indican que el reflejo corneal nulo es un excelente indicador de inconciencia en el ganado posterior al noqueo. También mencionan que otras causas pueden estar relacionadas con el diámetro del perno cautivo, la velocidad, la puntería y la falta de experiencia del operador.

Tabla 6. Indicadores de sensibilidad.

Indicadores de sensibilidad		Total N=23	
		N	%
Signos de sensibilidad	Vocalización	7	30.4
	Respiración rítmica	5	21.7

Reflejo corneal	4	17.4
Elevación de la cabeza	3	13.0
Nulo	4	17.4

Indicadores de limpieza

Los indicadores de limpieza son descritos en la **Tabla 7**, el 17.4% de los operarios al momento del corte de patas y cabezas, marcaje de canales y pre-descuerado no realizaron el lavado de sus utensilios. Durante el descuerado, los operarios lavaron sus manos en un 43.5% y asearon sus utensilios en un 56.5%. Estos datos son similares a los encontrados por **Montero et al. (2019)** donde el 60% lavo únicamente sus utensilios y ninguno hizo el lavado de manos. En el proceso de evisceración hubo salpicaduras de contenido ruminal y sangre hacia la superficie de la canal en el 65.2% de los casos.

El tiempo promedio de lavado de la canal fue de 123.9 s. Dentro de este marco, el tiempo de permanencia de las canales en cuarto de oreo fue de media 60.2 min. Tiempo similar al de **Gagaoua et al. (2015)** que realizaron evaluaciones en cuarto de oreo cada hora, empezando a las 0 h y terminando a las 24 h. Pero difiere de **Hopkins et al. (2014)** que mantuvieron a las canales por 35 min en cuarto de oreo, antes de pasar a refrigeración para su posterior muestreo a las 24 h. Para **Lema y Lema (2019)** el tiempo en cuarto de oreo no fue el adecuado, pues las canales son llevadas a los distintos puntos de distribución el mismo día que se realiza el faenamiento sin ingresar a refrigeración.

Las contusiones encontradas en canales en el presente estudio fueron nulas en el 65.2% de los casos, se evidencia la presencia de contusiones grado 1 con el 26.1% y grado 2 del 8.7%. Estos valores concuerdan con la investigación realizada por **Strappini et al. (2010)** donde no se encontraron contusiones en el 79.24% de los casos y se encontraron de grado 1 y grado 2 en el 19.3% y 7.5% respectivamente. En cambio, **Romero et al. (2011)** tuvieron prevalencia de contusiones grado 1 en el 54.9% y lesiones grado 2 en

el 12% de las canales evaluadas. Entre las probables causas para la presencia de contusiones se encuentra, la capacidad de carga mientras se realiza el transporte, el prolongado tiempo de reposo en corrales, la no categorización de los animales y el temperamento (Romero et al. 2011).

Tabla 7. Indicadores de limpieza en las canales bovinas.

Indicadores de limpieza			Total N=23	
			N	%
Despelleje	Marcaje de canales y	Lavado de manos	4	17.4
	Pre-descuerado	Lavado de utensilios	0	0
	Descuerado	Lavado de manos	10	43.5
		Lavado de utensilios	13	56.5
Eviscerado	Salpicaduras	Si	15	65.2
		No	8	34.8
		Ninguno	15	65.2
Lavado/Oreo	Contusiones	Grado 1	6	26.1
		Grado 2	2	8.7
		Tiempo de lavado (seg)*	123.9	
	Tiempo en cuarto de oreo (min)*	60.2		

*Los tiempos se reportan en promedio

Análisis del pH en el músculo

En la **Tabla 8** se observa los valores de pH de 23 muestras, las mismas que tienen un promedio de 6.73 ± 0.09 . Los valores de pH obtenidos en la presente investigación son similares al trabajo realizado por **Torrescano et al. (2010)**, en el músculo *Longissimus dorsi*, obteniendo como resultados, pH de 6.66 ± 0.21 y de **Gagaoua et al. (2015)**, con valores de pH de 6.87 ± 0.10 durante a los 45 min post mortem, sin embargo, los

resultados del estudio fueron superiores al valor de pH óptimo para carne bovina (<5.8), los cual podrían deberse a varias causas.

En la planta de faenamiento fue evidente la existencia de serios problemas de bienestar animal relacionados con el proceso antemortem y post mortem. Dos de ellos son el estrés al que fueron sometidos los bovinos durante el transporte desde los camiones hasta los corrales y el ocurrido al permanecer largos periodos de reposo, sin mencionar las prácticas abusivas donde se combinó con frecuencia el uso indiscriminado de la picana eléctrica, patadas y palos para obligar al bovino a desplazarse. También, se demostró que existe una baja efectividad de la insensibilización considerándose como un problema de bienestar animal ocasionado por la variabilidad de tamaño del bovino, falta de capacitación de los operarios, inadecuado mantenimiento de la pistola y grandes dimensiones del cajón de aturdimiento.

Jerez et al. (2019) manifiestan que el estrés es la respuesta fisiológica, hormonal y bioquímica para restablecer el equilibrio del medio interno debido a estímulos intrínsecos o extrínsecos. El deficiente manejo premortem tiene como consecuencia un animal estresado que sufre cambios hormonales intensos en su tejido muscular impactando negativamente las características fisicoquímicas de la carne (**Hernández et al. 2013**). El estrés provoca cambios en el contenido de glucógeno, temperatura y el pH (**Warner et al. 2000, 2005**). **Romero et al. (2011)** mencionan que durante el estrés agudo por miedo y excitación se da la liberación de catecolaminas sintetizadas en la médula de la glándula adrenal o en las terminaciones nerviosas. Esta alteración provoca un elevado pH debido al consumo desmesurado de glucógeno muscular en el animal vivo y por ende menor producción de ácido láctico en el músculo posterior al faenamiento. El valor final del pH repercute sobre la calidad cárnica, en su capacidad de retener agua, propiedades organolépticas como sabor, color, terneza y aroma y la inhibición de la contaminación bacteriana (**Zimmerman 2011**). Una glucogenólisis lenta origina una carne oscura, firme y seca (DFD) y la glucogenólisis veloz genera una carne pálida, suave y exudativa (PSE) (**Steel et al. 2021**).

En la etapa post mortem, se observó con gran frecuencia que el introductor mantuvo la canal por aproximadamente una hora en oreo para luego ser despachada en un camión sin refrigeración para su posterior venta. Durante ese tiempo la canal del bovino que aún estaba caliente no fue refrigerada y no existió monitoreo del pH durante el rigor-mortis y maduración. **Marsh (1954)** menciona que la temperatura del músculo durante las fases pre-rigor y post rigor es considerado un factor importante en el metabolismo del músculo post mortem. La temperatura controla la velocidad de la glucólisis anaerobia e influye en el descenso del pH y la velocidad de inicio del rigor mortis. Temperaturas de 15 a 20 °C causan un acortamiento del sarcómero e incrementa el peligro de una contaminación microbiana. **Lomiwes et al. (2014)** mencionan que las canales deben permanecer al menos 24 horas en refrigeración, aspecto transcendental para la conversión fisiológica de músculo en carne. La maduración se realiza durante la refrigeración; periodos largos de maduración y temperaturas muy bajas hace que el proceso se haga muy lento y ocasiona cambios de sabor en la carne (**Epley 1992, Parrish 1995**).

Cuantificación de Escherichia coli

La cuantificación de *E. coli* se describe en la **Tabla 8**. En el estudio se evidenció la presencia positiva de *E. coli* en el 78.3 % de los casos y negativa en el 21.7% restante (**Gráfico 2**). La carga bacteriana de *E. coli* está comprendidas entre -0.80 y 0.82 log UFC/cm², con recuentos positivos de media aritmética 0.23 ± 0.08 log UFC/cm². El 60.9% de los recuentos positivos están comprendidos en el rango de 0.02 a 0.82. Estos valores difieren con los resultados obtenidos por **Camargo et al. (2019)** en un estudio realizado en 8 mataderos ubicados en 3 estados brasileños (Minas Gerais, Paraná y Rio Grande do Sul) donde el recuento medio de *E. Coli* en los 3 estados fueron de 1.53 ± 0.08 log UFC/cm². Al igual que por los autores **Hernández et al. (2007)** en Hidalgo, México. Se determinaron bacterias mesofílicas aerobias, coliformes, *E. coli*, *Staphylococcus aureus* y Salmonella, en la línea de sacrificio bovino la incidencia de *E. coli* fue del 69% de las canales y con un recuento medio de -0.03 ± 0.65 log UFC/cm² y cuyo valor máximo estuvo en 0.98 UFC/cm² y por **Rosado et al. (2021)** en una revisión realizada a plantas de beneficio ubicadas en el departamento del Atlántico, Colombia, obteniendo valores para recuento de *E. Coli* entre 1 y 758

UFC/cm² en el 54% de las canales analizadas. Por otro lado, los resultados son similares a los valores promedios de 0.52 ± 0.24 log UFC/cm² en un matadero del estado de Paraná (**Alves de Queiroz 2017**), y en otra investigación realizada por **Signorini et al. (2018)** en Buenos Aires, Argentina, el recuento de *E. coli* fue en promedio de 0.49 ± 0.63 log UFC/cm².

Las posibles causas de estos resultados fueron una contaminación cruzada de las canales bovinas en el proceso de faenamiento. **Hernández et al. (2013)** menciona que existe un riesgo durante el aturdimiento para la calidad microbiológica de la carne cuando se utilizan aturdidores mecánicos, pues al momento de insertarse pueden contaminar por medio del sistema vascular y contribuir a un tiempo prolongado de desangrado. Así mismo, un animal estresado antes del sacrificio evidencia un pH final por encima de 6.2 teniendo además un color oscuro de la carne y escasa pérdida de agua; dichas características son ideales para la proliferación de microorganismos patógenos haciendo que la calidad cárnica sea reducida.

Los valores de pH encontrados en la presente investigación no son lo bastantes ácidos como para inhibir el crecimiento microbiano, **Mariño et al. (2005)** menciona que valores por encima de 6.5 puede conllevar alteraciones peligrosas de origen bacteriológico. La carne se hace susceptible al crecimiento bacteriano cuando existe un pH elevado y presencia de sustancias solubles como glucosa, ribosa, péptidos, aminoácidos, entre otros. Si existe un descenso correcto del pH tiene un impacto bacteriostático (**Lora 1993**).

Uno de los factores que podrían ser causantes del incremento de *E. Coli* en las canales es la inadecuada limpieza de manos y utensilios durante el marcaje, pre-descuerado, descuerado, evisceración y lavado de las canales, sin contar el incorrecto aseo después de usar los servicios higiénicos. Según **Grispoldi et al. (2020)** el médico veterinario debe monitorear y supervisar el aseo del personal de trabajo. **Di Pillo y Sotomayor (2018)** menciona que los cuchillos, utensilios y recipientes deben limpiarse con

frecuencia y minuciosidad a fin de evitar la propagación de bacterias y posible contaminación cruzada.

Por último, un aumento en la presencia de contusiones es indicativo de la aparición de carnes de color rojo oscuro, apariencia seca y carnes duras. Estas canales son predisponentes a un pH alto, lo cual facilita el incremento de microorganismos patógenos, haciendo que se acorte la vida útil de estas carnes (**Romero et al. 2011**).

Tabla 8. Medias \pm DE, rangos y frecuencias de los valores pH y *E. coli* (log UFC/cm²).

Total N=23				
	Promedio	Rango	Frecuencia	
			N	%
pH		6.45 – 6.63	7	30.4
	6.73 \pm 0.09	6.64 – 6.82	9	39.2
		6.83 – 7.01	7	30.4
<i>E. coli</i>		ND	5	21.7
	0.23 \pm 0.08	-0.80 – 0.01	4	17.4
		0.02 – 0.82	14	60.9
Temperatura*	37.50 \pm 0.17			

ND: No determinado

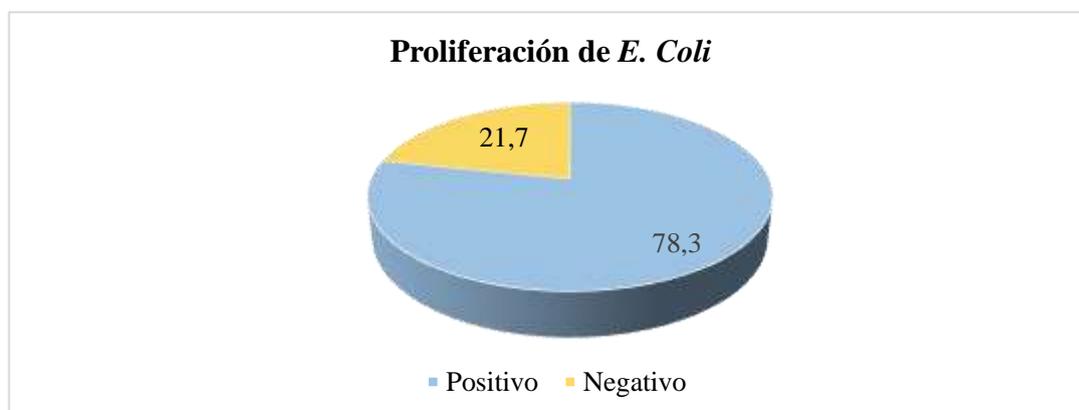


Gráfico 2. Resultados obtenidos de los análisis de *E. coli* en canales bovinas realizado en el laboratorio de Microbiología del Camal Municipal Ambato.

Correlación de Pearson

La correlación de Pearson en la **Tabla 9** en base a pH y *E. coli* arrojó un resultado de $r = 0.84$ (< 0.0001) r al ser un valor positivo señala el crecimiento de la recta en dirección izquierda a derecha, entendiéndose como una relación lineal muy fuerte y elevada entre los niveles de pH y la proliferación de *E. coli*. El valor final del pH repercute sobre la calidad cárnica, en su capacidad de retener agua y propiedades organolépticas (**Zimmerman 2011**). Mientras que cuando existe una correcta curva descendente del pH tiene un impacto bacteriostático, inhibiendo la proliferación de microorganismos potencialmente patógenos como *E. coli* (**Lora 1993**).

Tabla 9. Correlación de Pearson

Variable (1)	Variable (2)	N	Pearson	P – valor
pH	pH	23	1.00	<0.0001
pH	<i>E. coli</i>	23	0.84	<0.0001
<i>E. coli</i>	pH	23	0.84	<0.0001
<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	23	1.00	<0.0001

Diagrama de Dispersión

Se utilizó un diagrama de dispersión para graficar las relaciones entre los conjuntos de pH y *E. coli*, describiendo sus relaciones en pares como una nube de puntos expresados en el **Gráfico 3** y representando la pendiente de la recta con la ecuación $y = 2.016x - 13.324$ con correlación $r = 0.84$.

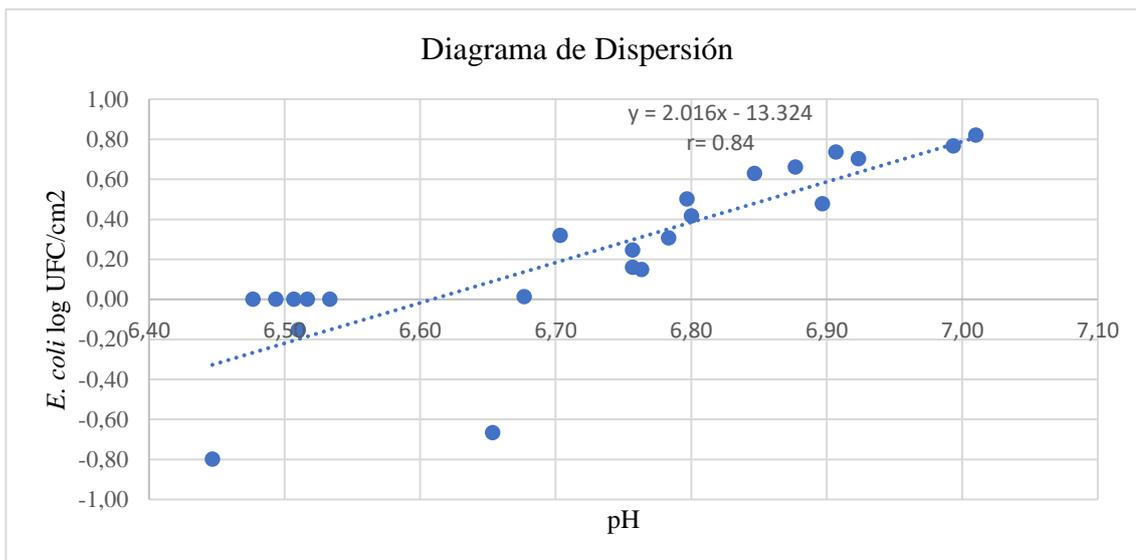


Gráfico 3. Diagrama de dispersión. Las cifras de pH encontradas en la recta se relacionan de manera creciente, de izquierda a derecha en correspondencia con los valores *E. coli*.

3.2 Verificación de hipótesis

A partir de los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación se acepta la hipótesis planteada (H_i), debido a que existe correlación positiva fuerte (0.84) entre los niveles de pH y la proliferación de *E. coli* en las canales bovinas.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se correlacionaron los niveles de pH encontrados en las mismas canales bovinas a las cuales se procedió a evaluar la proliferación de *E. coli*, teniendo como resultado una correlación muy fuerte y elevada de 0.84 ($p < 0.0001$).
- Los niveles de pH encontrados en las canales bovinas mediante Norma Internacional ISO 2917, fueron de media 6.73 ± 0.09 , 139.2% de los valores pH se encontraron en el rango de 6.64 – 6.82, el 30.4% en un rango de 6.45 a 6.63 y el 30.4% restante en el rango de 6.83 a 7.01. Estos se presentan cuando no existe un reposo adecuado en cuarto de refrigeración, adicional a los problemas presentes en los indicadores de manejo, comportamiento y de sensibilidad descriptos durante todo el proceso.
- La proliferación de *E. coli* se dio en el 78.3% de las muestras procesadas, con una media de 0.23 ± 0.08 log UFC/cm². El 60.9% de las muestras positivas se encontraron en el rango de 0.02 a 0.82 log UFC/cm², el 17.4% se situaron en el rango -0.80 – 0.01 log UFC/cm² y el 21.7% presentó ausencia de esta. Estos valores distan mucho del límite de aceptación $m = 1.5$ log UFC/cm² y del límite $M = 2.5$ log UFC /cm² el cual se rechaza el producto, de acuerdo con el Reglamento Internacional CE 229/2019. Entre las posibles causas se encuentran los indicadores de limpieza descritos en la presente investigación.
- Se procedió a analizar el proceso de manufactura acotando que el Camal Municipal de Ambato dispone de regulación BPM la cual elabora puntos de control y puntos críticos que deben ser evaluados por los profesionales a cargo de cada área, se recomendó la calibración permanente de la pistola de noqueo según el volumen de animales a faenar y un mantenimiento regular. De igual manera, dar capacitaciones frecuentes a los operarios del camal a fin de evitar sufrimiento y por ende estrés en

los animales, previo al faenamiento. Cabe considerar, por otra parte la disposición de lavamanos cercanos a los operadores para contrarrestar la contaminación cruzada de los canales.

4.2 Recomendaciones

- Cada animal que ingresa a los corrales de reposo debe ser evaluado al momento de su ingreso, para determinar problemas patológicos que este puede presentar in situ.
- Dictar charlas y capacitaciones acerca de los beneficios del bienestar animal y normas sanitarias a los introductores de animales y a los operarios de la planta de faenamiento, a fin de satisfacer la calidad microbiológica de las canales que son enviadas a los distintos puntos de distribución y venta, para evitar la presencia de ETAs.
- Se recomienda que la toma de muestras se realice en horarios más adecuados (24 horas) y de ser factible en diferentes horas para identificar el cambio o variación de los valores de pH y crecimientos microbiológicos.
- Los resultados microbiológicos son obtenidos únicamente al final del proceso de faenamiento, razón por la cual no proporcionan información acertada sobre el origen del problema. Por lo tanto, se deberían utilizar criterios microbiológicos basados en las varias etapas del proceso de sacrificio en la planta, incluidos los valores finales de la canal.
- Se recomienda utilizar un método no destructivo como el frotis con esponjas, al ser una técnica práctica, para la implementación un sistema de seguimiento con indicadores de limpieza, durante el procedimiento de sacrificio.

MATERIALES DE REFERENCIA

Albertí, P; Delfa, R; Ripoll, G; Panea, B; Revilla, R; Lahoz, F; Sañudo, C; Olleta, J; Purroy, A; Arana, A; Beriain, M; Mendizábal, J; Insausti, K; Indurain, G; Alzón, M; Goyache, F; Fernández, I; Díez, J; Bahamonde, A; del Coz, J. 2005. La raza Retinta y sus cruces. FEAGAS 28(1):72-76.

Aldana, D. 2011. Determinación de la calidad microbiológica de la carne de res expandida en el Mercado Municipal de La Gomera, departamento de Escuintla (en línea). s.l., Universidad de San Carlos de Guatemala. 24 p. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2816/>.

Alves de Queiroz, I. 2017. Carne Moída Bovina Em Araguaína : Qualidade Higiénico-Sanitária E Perfil De Resistência Antimicrobiana De *E. coli* e *Salmonella* sp. s.l., Universidade Federal Do Tocantins. 82 p.

Amtmann, VA; Gallo, C; van Schaik, G; Tadich, N. 2006. Relaciones entre el manejo antemortem, variables sanguíneas indicadoras de estrés y pH de la canal en novillos. Archivos de medicina veterinaria 38(3):259-264. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2006000300010>.

AOAC, A of OAC. 2005. Método oficial AOAC 998.08 Recuentos confirmados de *Escherichia coli* en aves, carnes y mariscos. :3-5.

Ayala, C. 2018. Importancia nutricional de la carne (en línea). Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 3(2):54-61. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182016000200006%0Ahttp://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v5nEspecial/v5_a08.pdf.

Bastidas, A. 2018. Determinación de *Escherichia coli* O157: H7 por el método Oficial AOAC 996.09 en carne de res faenada, proveniente de la empresa metropolitana de rastro de Quito (en línea). s.l., Universidad Central del Ecuador. 67 p. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.4914609>.

Bergey, D. 1989. Bergey's manual of systematic bacteriology. Vol 1. Philadelphia,

Baltimore. 47-54 p.

Bohórquez, W. 2016. Bienestar animal en bovinos durante la fase de faenado e incidencia del manejo pre sacrificio sobre características específicas de la canal en una planta de beneficio del Departamento de Sucre. s.l., Universidad de Sucre. 109 p.

Calero, J; Andrade, L; Cedeño, M. 2013. Diagnóstico de normas procedimentales en las carnes producidas en el Matadero Municipal del cantón Paján. *La Técnica: Revista de las Agrociencias* 11:16-25. DOI: https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i11.558.

Callaway, T; Carr, M; Edrington, T; Anderson, R; Nisbet, D. 2009. Diet, *Escherichia coli* O157:H7, and cattle. *Molecular Biology* 11(1):67-80.

Calvache, I. 2019. Evaluación de la Calidad de la Canal de Bovinos Faenados en la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito (EMRAQ-EP) en función del pH y contusiones (en línea). s.l., Universidad Central del Ecuador. 43 p. DOI: <https://doi.org/.1037//0033-2909.I26.1.78>.

Camargo, AC; Cossi, MVC; Da Silva, WP; Bersot, LDS; Landgraf, M; Baranyi, J; Franco, BDG de M; Augusto, NL. 2019. Microbiological testing for the proper assessment of the hygiene status of beef carcasses. *Microorganisms* 7(3):1-11. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms7030086>.

Castro, A. 2012. Evaluación de diferentes parametres de calidad de la canal de res durante su almacenamiento en condiciones de refrigeration y eficacia de la desinfección con acido lactico o acido peracetico de la canal de res y carne de cachete de res en la empresa Ganad. s.l., Universidad de Costa Rica. 70 p.

Dagnino, J. 2014. Correlación. *Revista Chilena de Anestesia* 43(2):150-153.

Delgado, H; Cedeño, C; Montes de Oca, N; Villoch, A. 2015. Calidad higiénica de la carne obtenida en mataderos de Manabí-Ecuador. *Revista de Salud Animal* 37(1):1-9.

Department of Agriculture Water and the Environment, AG. 2020. Microbiological Manual for Sampling and Testing of Export Meat and Meat Products. 1.04:1-77.

Epley, RD. 1992. Meat Tenderness (en línea). *The Science of Meat Quality* :99-117. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118530726.ch6>.

Escuin, J; Hidalgo, S. 2011. Guía de prácticas correctas de higiene del sector de mataderos de ungulados domésticos y ratites (en línea). 1era ed. FEDACOVA (ed.). Valencia, España, s.e. 227 p. Disponible en https://www.fedacova.org/wp-content/uploads/2017/03/GUIA_HIGIENE_MATADEROS.pdf.

FAO. 2018. Perspectivas alimentarias: Resúmenes de mercado (en línea). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura :1-12. Disponible en <http://www.fao.org/3/CA0910ES/ca0910es.pdf>.

FAO. 2021. Perspectivas alimentarias: Resúmenes de mercado (en línea). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura :1-12. Disponible en <http://www.fao.org/3/cb6233es/cb6233es.pdf>.

Farfán, R. 2012. Evaluación de bacterias aeróbias mesófilas totales en canales de bovinos (*Bos taurus*) en el Camal Municipal de Tacna-2011. s.l., Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna. 58 p.

Forrest, J; Aberle, E; Hendrick, H; Judge, M; Merkel, R. 1979. Fundamentos de Ciencia de la Carne. Zaragoza, España, Ed Acribia.

GAD Municipalidad de Ambato, G. 2012. Estudio de impacto ambiental ex post del Camal Frigorífico del Cantón Ambato. Gesambconsult (ed.). Ambato-Ecuador, s.e. 266 p.

GAD Municipalidad de Ambato 2020. Camal Municipal aplica estrictas exigencias sanitarias (en línea). Ambato, s.e. Disponible en <https://ambato.gob.ec/camal-municipal-aplica-estrictas-exigencias-sanitarias>.

Gagaoua, M; Terlouw, EMC; Micol, D; Boudjellal, A; Hocquette, JF; Picard, B. 2015. Understanding Early Post-Mortem Biochemical Processes Underlying Meat Color and pH Decline in the Longissimus thoracis Muscle of Young Blond d'Áquitaine Bulls Using Protein Biomarkers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63(30):6799-6809. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02615>.

Gallo, C. 2003. Carnes de corte oscuro en bovinos. *Revista Americarne & FIFRA* :2-3.

Gallo, C; Carmine, J; Correa, S. 1995. Análisis del tiempo de transporte y espera,

destare y rendimiento de la canal de bovinos transportados desde Osorno a Santiago. Coquimbo, Resúmenes de la XX Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal. p. 205-206.

Gallo, C; Espinoza, M; Gasic, J. 2001. Efectos del transporte por camión durante 36 horas con y sin período de descanso sobre el peso vivo y algunos aspectos de calidad de carne en bovinos. Archivos de medicina veterinaria 33(1):43-53. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2001000100005>.

Gallo, C; Tadich, N. 2005. Transporte terrestre de bovinos: efectos sobre el bienestar animal y la calidad de la carne. Agro-Ciencia 21(2):37-49.

Gallo. 2008. Bienestar animal y calidad de carne durante los manejos previos al faenamiento en bovinos. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria 9(10B):2-19.

Gallo, C; Teuber, C; Cartes, M; Uribe, H; Grandin, T. 2003. Mejoras en la insensibilización de bovinos con pistola neumática de proyectil retenido tras cambios de equipamiento y capacitación del personal. Archivos de Medicina Veterinaria 35(2):159-170. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0301-732x2003000200004>.

Gallo, C; Teuber, C; Cartes, M; Uribe, H; Grandin, T. 2003. Mejoras en la insensibilización de bovinos con pistola neumática de proyectil retenido tras cambios de equipamiento y capacitación del personal Improvements in stunning of cattle with a pneumatic stunner after changes in equipment and employee training. Archivos de Medicina Veterinaria 35(2):159-170.

Gamon, AC. 2018. Evaluación de la insensibilización de bovinos durante el sacrificio mediante el uso de indicadores conductuales (en línea). Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica UMSA 4(1):915-923. Disponible en http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/apt/v4n1/v4n1_a03.pdf.

Garzón, A; Gómez, J. 2007. Evaluación de la cinética de crecimiento para *Escherichia coli* ATCC 25922, y estandarización de un método alternativo de preservación a corto plazo empleando buffer fosfatos. Bogotá, Pontifica Universidad Javeriana. 1-95 p.

Gómez, A; Hernández, JF; Molina, RM; Munguía, J; Robles, J. 2018. Evaluación de indicadores de bienestar de bovinos en rastros Tipo Inspección Federal de Sonora ,

México : desembarque y cajón de noqueo (en línea). *Nacameh* 12(2):42-52. Disponible en <http://www.surveystofware.net/sscalce.html>.

Grajales, SI. 2010. Evaluación del proceso de sacrificio de bovinos mediante indicadores de bienestar animal en un rastro TIF de la zona centro del estado de Veracruz. (en línea). s.l., Universidad de León. 75 p. Disponible en <https://repositorio.leon.uia.mx/xmlui/12345678/734>.

Grandin, T. 1998. Objective scoring of animal holding and stunning practices at slaughter plants. *JAVMA* 212(1):36-39.

Grandin, T. 1999. BUENAS PRÁCTICAS DE TRABAJO PARA EL MANEJO E INSENSIBILIZACIÓN DE ANIMALES.

Grandin,T. 2010. Auditing animal welfare at slaughter plants (en línea). *Meat Science* 86(1):56-65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.022>.

Grandin, T. 2012. Developing measures to audit welfare of cattle and pigs at slaughter. *Animal Welfare* 21(3):351-356. DOI: <https://doi.org/10.7120/09627286.21.3.351>.

Grispoldi, L; Karama, M; Hadjicharalambous, C; de Stefani, F; Ventura, G; Ceccarelli, M; Revoltella, M; Sechi, P; Crotti, C; D’Innocenzo, A; Couto-Contreras, G; Cenci-Goga, B. 2020. Bovine lymph nodes as a source of *Escherichia coli* contamination of the meat. s.l., s.e., vol.331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108715>.

Hanna Instruments, S. s. f. Ficha técnica del producto medidor portátil de pH para carnes. s.l., s.e. p. 1-4.

Heras, T; Enríquez, I; Gaxiola, S; Romo, J; Anne, P; Barajas, R. 2016. Comportamiento de *Escherichia coli* en heces de vacas adicionadas con taninos hidrolizables. *Abanico veterinario* 6(3):47-54. DOI: <https://doi.org/10.21929/ABAVET2016.63.4>.

Heredia, N; Dávila, J; Solís, L; García, S. 2014. Productos cárnicos: principales patógenos y estrategias no térmicas de control. *Nacameh* 8(1):20-42.

Hernández, J; Aquino, J; Ríos, F. 2013. Efecto del manejo pre-mortem en la calidad de la carne. *Nacameh* 7(2):41-64.

Hernández, S; Zúñiga, A; Sánchez, I; Castro, J; Román, A; Santos, E. 2007. Condiciones microbiológicas en el proceso de sacrificio en un rastro municipal del estado de Hidalgo, México. *Veterinaria Mexico* 38(2):187-195.

Hopkins, DL; Ponnampalam, EN; Van De Ven, RJ; Warner, RD. 2014. The effect of pH decline rate on the meat and eating quality of beef carcasses. *Animal Production Science* 54(4):407-413. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN12314>.

INEN. 2012. Productos cárnicos Crudos, y requisitos microbiológicos. Quito, Ec, s.e. 7 p.

INEN. 2016. NTE INEN 2346. Carnes y menudencias comestibles de animales de abasto. Quito, s.e.

Invima, I.N. 2015. Bienestar animal en plantas de beneficio de bovinos y porcinos (en línea). Bogotá, Colombia, s.e. Disponible en https://www.invima.gov.co/documents/20143/426809/BIENESTAR_ANIMAL.pdf/ad52a638-30ae-8af8-4dee-c0fe11dc41da?t=1559844826581.

ISO 2917, SS. 1999. Meat and meat products - Measurement of pH. Reference method. s.l., s.e. 1-14. p.

Jerez, I; Ruiz, I; Mancera, J. 2019. Bienestar Animal en la Acuicultura de Peces: Atenuación del Estrés a través de la Dieta y mediante el Empleo de Anestésicos durante el Transporte (en línea). *Animal (Forum of Animal Law Studies)* 10:85-92. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.5565/rev/da.463>.

Jiménez, M; Chaidez, C; León, J. 2012. Microbiological quality of beef sold in the municipal market of Culiacan, Sinaloa. *Vet. Méx* 43(4):273-284.

Laguna, C. 2019. Correlación y regresión lineal. *Análisis exploratoria de datos* :143-178. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctvc5pc9g.6>.

Lancaster, JM; Buseman, BJ; Weber, TM; Nasados, JA; Richard, RP; Murdoch, GK; Price, WJ; Colle, MJ; Bass, PD. 2020. Impact of beef carcass size on chilling rate, pH decline, display color, and tenderness of top round subprimals. *Department of Animal and Veterinary Sciences* 4:1-12. DOI: <https://doi.org/10.1093/tas/txaa199>.

Larenas, F. 2016. Evaluación de las variaciones de textura, color y pH en 3 cortes comerciales de carne bovina, envasados al vacío y almacenados en refrigeración a 4 °C durante 90 días (en línea). s.l., Universidad de Concepción. 1-57 p. Disponible en http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/2120/Tesis_Evaluacion_de_las_variaciones_de_textura.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Lawrie, R. 1967. Ciencia de la carne. Editorial, A (ed.). s.l., s.e. 187 p.

Lawrie, RA; Ledward, D. 2006. Lawrie's Meat Science: Seventh Edition. Seventh Ed. Limited, WP (ed.). New York, USA, s.e. 1-442 p. DOI: <https://doi.org/10.1533/9781845691615>.

Lema, L; Lema, J. 2019. Influencia del bienestar animal, sobre la calidad microbiológica de las canales de vacunos faenados en la empresa pública metropolitana de rastro de Quito (EMRAQ-EP) (en línea). s.l., Universidad Central del Ecuador. 63 p. DOI: <https://doi.org/10.1037/0033-2909.126.1.78>.

León, M; Orduz, A; Velandia, M. 2018. Composición fisicoquímica de la carne de ovejo, pollo, res y cerdo. Limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria 15(2):62-75. DOI: <https://doi.org/10.24054/16927125.v2.n2.2017.2969>.

Lomiwes, D; Farouk, MM; Wu, G; Young, OA. 2014. The development of meat tenderness is likely to be compartmentalised by ultimate pH (en línea). Meat Science 96(1):646-651. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.08.022>.

López, G; Martínez, C; Ros, G; Periago, M. 2001. Evaluación del bienestar animal en mataderos y su relación con la calidad de la carne de bovino. ITEA 97(3):165-179.

Lora, P. 1993. Problemas de calidad en la carne del toro lidiado. :167-181.

Luchini, L; Wicki, G. 2013. Estudio de cadenas pecuarias de Ecuador (en línea). Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca :17. Disponible en https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos//0000000000_Desarrollos_Acuícolas/140213_Principales_insumos_utilizados_en_los_alimentos_para_organismos_acuaticos.pdf.

MAGAP. 2017. Ecuador es autosuficiente para cubrir demanda nacional de carne bovina (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-es->

autosuficiente-para-cubrir-demanda-nacional-de-carne-bovina/.

MAGAP, A. 2013. Bienestar Animal Faenamiento de Animales de Producción (en línea). Quito, Ecuador, s.e. Disponible en <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/113.pdf>.

Mancipe, M; Ariza, Á. 2020. Evaluación del bienestar animal mediante indicadores conductuales en una planta de beneficio bovino en Boyacá, Colombia (en línea). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 31(2):1-11. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i2.16213>.

Mariño, G; Vilca, M; Ramos, D. 2005. Evaluación del ph en canales de toros Holstein (*Bos taurus*) y Nelore (*Bos indicus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru* 16(1):90-95. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v16i1.1545>.

Marmolejo, L. 2010. Evaluación de los factores de transporte, reposo e insensibilización, sobre el pH y características organolépticas de canales bovinas y porcinas, en la empresa oro de carne butchergold, ubicada en la parroquia san mateo, Cantón Esmeraldas (en línea). 7(2):1-7. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2011.03.004%0A>

Marsh, BB. 1954. Rigor mortis in beef. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 5:70-75.

Martínez, B; Celda, MF; Millán, ME; Espaci, A; Cano, M. 2005. Efecto del orden de sacrificio sobre el recuento de microorganismos aerobios mesofilos de la superficie de canales bovinas, equinas, porcinas y ovinas (en línea). *Centro de Salud Pública de Alzira* :53-66. Disponible en [http://www.jornadasavesa.com/ronda/ComunicacionesOrales/EFEECTO DEL ORDEN DE SACRIFICIO Bernanrdo Martinez y otros.pdf](http://www.jornadasavesa.com/ronda/ComunicacionesOrales/EFEECTO_DEL_ORDEN_DE_SACRIFICIO_Bernanrdo_Martinez_y_otros.pdf).

Martínez, GL; Graciá, CM; Berruezo, GR; Jesús, M; Castón, P. 2001. Evaluación del Bienestar Animal en Mataderos y su relación con la Calidad de la Carne de Bovino. *ITEA* 97(3):165-179.

McLauchlin, J; Little, C; Hobbs, BC. 2017. Meat Industry Guide. Chapter 13 Microbiological Criteria. *Hobbs' Food Poisoning and Food Hygiene*. . EU, s.e. 321-

332. p. DOI: <https://doi.org/10.1201/b13378-24>.

Milios, KT; Drosinos, EH; Zoiopoulos, PE. 2014. Food Safety Management System validation and verification in meat industry: Carcass sampling methods for microbiological hygiene criteria - A review (en línea). *Food Control* 43:74-81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.02.041>.

Ministerio de Salud Pública 2021. Subsistema de vigilancia SIVE-Alerta. Enfermedades transmitidas por agua y alimentos, SE 22, 2021 (en línea). Quito, Ecuador, Disponible en <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2021/06/GACETA-ETAS-SEM-22.pdf>.

Moberg, G. 1996. Stress and its measurement in domestic animals. A review of behavioural and physiological studies under field and laboratory situations. *Adv Vet Sci Comp Med* 24(1):179-210.

Montero, C; Celaya, C; Martín, R. 2019. Evaluation of the hygiene and health practices in Food Trucks. Implications for Food Safety. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria* 39(3):96-103. DOI: <https://doi.org/10.12873/393montero>.

Moragas, M; Valcarcel, S. 2021. Normas microbiológicas de los alimentos y asimilados (superficies, aguas diferentes de consumo, subproductos) y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario (en línea). Bilbao, s.e. Disponible en <https://www.boe.es/doue/2013/068/L00019-00023.pdf>.

Moreira, D; Rossi, G; Barre, E. 2017. Procedimiento para el Programa de Muestreo Microbiológico en Carne de Suino. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, República Oriental del Uruguay 1:1-19.

Moreno, AV; Rueda, AL; Ceular, V. 1999. Análisis cuantitativo del pH de canales de vacuno en matadero (en línea). *Archivos de Zootecnia* 48(181):33-42. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4121.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec>.

Muñoz, D; Strappini, A; Gallo, C. 2012. Indicadores de bienestar animal para detectar problemas en el cajón de insensibilización de bovinos. *Archivos de Medicina Veterinaria* 44:297-302.

OIE. 2011. Sacrificio de animales (en línea). s.l., s.e. p. 1-22. Disponible en http://www.oie.int/index.php?id=169&L=2&htmfile=chapitre_aw_slaughter.htm.

OMS. 2020. Datos y cifras. Principales enfermedades transmitidas por los alimentos y sus causas (en línea). Inocuidad de los alimentos . Disponible en <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>.

Orús, A. 2021. Principales países productores de carne de vacuno a nivel mundial en 2021 (en línea). Hamburgo, Alemania, s.e.; 20 abr.:1-2. Disponible en <https://es.statista.com/estadisticas/635290/carne-de-vacuno-principales-paises-productores/>.

Palacio, J; Santolaria, P; García-Belenguer, S; Rodes, D; Aceña, C; Gascón, M; Ángel, J; Lles, J; Lobera, B; Martín-Maestro, I; Bayo, F; Til, L. 1999. Factores de estrés previos al sacrificio y su repercusión sobre el pH final de las canales en ganado vacuno. ITEA 20(1):14-16.

Panea, B; Ripoll, G; Olleta, J; Sañudo, C. 2011. Efecto del sexo y del cruzamiento sobre la calidad instrumental y sensorial y sobre la aceptación de la carne de añojos de la raza Avileña-Negra Ibérica. 107(3):239-250.

Parrish, FC. 1995. Meat science aging of beef (en línea). Departament of Animal Science :55-57. Disponible en <https://www.goodcooking.com/steak/aging.htm>.

Pérez, C; Figueroa, F; Estrada, A; Sánchez, E; Barreras, A; Bolado, J; Ríos, F. 2015. Indicadores de bienestar animal durante el aturdimiento de bovinos sacrificados en establecimientos Tipo Inspección Federal del noroeste de México. Archivos de medicina veterinaria 47(3):375-380. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0301-732x2015000300015>.

Pérez, C; Sánchez, E; Ríos, F; Olivas, J; Figueroa, F; Barreras, A. 2013. Factores de manejo pre y post sacrificio asociados a la presencia de carne DFD en ganado bovino durante la época cálida. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias 4(2):149-160.

Di Pillo, F; Sotomayor, G. 2018. Escherichia coli productoras de toxinas Shiga O157 y No O157 en carne bovina, Chile. Agencia Chilena para la Calidad e Inocuidad Alimentaria 3(1):1-77.

Rendón, ME; Villasís, MÁ; Miranda, MG. 2016. Estadística descriptiva. Revista Alergia México 63(4):397-407. DOI: <https://doi.org/10.29262/ram.v63i4.230>.

Rodas, A. 2011. Capítulo LVI. Auditando el bienestar animal en mataderos bovinos (en línea). Innovación & Tecnología en la Ganadería Doble Propósito :546-559. Disponible en http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/innovacion_tecno/pdfs/67capitulolvi.pdf.

Rodríguez, R. 2020. Evaluación de Coliformes totales y Escherichia coli en superficies de contacto , Salmonella sp . en Br . Rubén Antonio Rodríguez Ruiz. s.l., Universidad Nacional Agraria. 61 p.

Romero, M; Gonzáles, L; Cobo, C. 2012. Evaluación del bienestar animal por medio de indicadores conductuales durante el sacrificio de bovinos. Luna Azul ISSN 35:48-59.

Romero, M; Uribe, L; Sánchez, J. 2011. Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne. Biosalud 10(1):71-87.

Rosado, D; Bonivento, J; Salcedo, S; Molina, A; Maestre, R; García, A. 2021. Determinación de E . coli biotipo 1 y E. coli O157:H7 en canal de carne bovina en plantas de beneficio del departamento del Atlántico (Colombia). Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 32(3):176-184. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i3.18476> Determinación.

Røssvold, E; Hauge, SJ; Skjerve, E; Johannessen, G; Økland, M; Røtterud, OJ; Nesbakken, T; Alvseike, O. 2017. Experimental evaluation of performance of sampling techniques for microbiological quantification on carcass surfaces. Food Protection Trends 37(6):419-429.

Rubio, MS; Braña, D; Médez, D; Torrescano, G; Sánchez, A; Pérez, C; Figueroa, F; Delgado, E. 2013. Guía práctica para la estandarización y evaluación de canales bovinas mexicanas. 1era ed. México, UNA de (ed.). México D.F., México, s.e. 72 p.

Ruiz de Huidobro, F; Miguel, E; Onega, E; Blazquez, B. 2003. Changes in meat quality characteristics of bovine meat during the first 6 days post mortem. Meat Science

65(1):1439-1446.

Sánchez, RE; Muñoz, GA; Sarmiento, LA. 2021. ¿Cómo afecta la disponibilidad de espacio y el tamaño de grupo al bienestar de los animales de granja? (en línea). ITEA - Informacion Tecnica Economica Agraria 20:1-15. DOI: <https://doi.org/10.12706/itea.2020.041>.

Signorini, M; Costa, M; Teitelbaum, D; Restovich, V; Brasesco, H; García, D; Superno, V; Petrolí, S; Bruzzone, M; Arduini, V; Vanzini, M; Sucari, A; Suberbie, G; Maricel, T; Rodríguez, R; Leotta, GA. 2018. Evaluation of decontamination efficacy of commonly used antimicrobial interventions for beef carcasses against Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (en línea). *Meat Science* 142(December 2017):44-51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.009>.

Silva, JA; Patarata, L; Martins, C. 1999. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Science* 52(4):453-459. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00029-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00029-7).

Steel, CC; Lees, AM; Bowler, D; Gonzalez, PA; Tarr, G; Warner, RD; Dunshea, FR; Cowley, FC; McGilchrist, P. 2021. Abattoir factors influencing the incidence of dark cutting in australian grain-fed beef. *Animals* 11(2):1-15. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11020474>.

Strappini, AC; Frankena, K; Metz, JHM; Gallo, B; Kemp, B. 2010. Prevalence and risk factors for bruises in Chilean bovine carcasses (en línea). *Meat Science* 86(3):859-864. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.07.010>.

Tarrant, P; Grandin, T. 1993. *Livestock handling and transport* (en línea). 1era Ed. Transport, L handling and (ed.). s.l., s.e. 126 p. Disponible en [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=GhmrNYJhcrIC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Tarrant,+P%3B+Grandin,+T.+1993.+Cattle+transport.+Grandin,+T+\(ed.\).+s.l.,+Livestock+handling+and+transport.+109-126+p.&ots=OghNUZyiGx&sig=3i8mpMiWk2C8fLg99JEpD4KE198](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=GhmrNYJhcrIC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Tarrant,+P%3B+Grandin,+T.+1993.+Cattle+transport.+Grandin,+T+(ed.).+s.l.,+Livestock+handling+and+transport.+109-126+p.&ots=OghNUZyiGx&sig=3i8mpMiWk2C8fLg99JEpD4KE198).

Tarrant, P V.; Kenny, FJ; Harrington, D; Murphy, M. 1992. Long distance transportation of steers to slaughter: effect of stocking density on physiology, behaviour and carcass quality. *Livestock Production Science* 30(3):223-238. DOI:

[https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(06\)80012-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(06)80012-6).

Torrescano, G; Sánchez, A; Vásquez, MG; Paz, R; Pardo, D. 2010. Caracterización de canales y de carne de bovino de animales engordados en la zona centro de Sonora. *Rev Mex Cienc Pecu* 1(2):157-168.

Tuninetti, N; Blainq, L; Otero, JL. 2017. Evaluación de las contusiones y del pH en canales bovinas en un Matadero de la Provincia de Santa Fe. *InVet* 19(1):1514-6634.

Vargas, M. 2019. Evaluación microbiológica de la carne bovina en mercados y camal del Cantón Machala, Provincia de El Oro (en línea). s.l., Universidad Técnica de Machala. 39 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

Vera, C; Vilela, L. 2021. Análisis Bacteriológico (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella* spp) en carne bovina procedente de Matadero Municipal para consumo humano. s.l., Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. 68 p.

Vieira, C; García-Cachán, M; Recio, M; Domínguez, M; Sañudo, C. 2006. Effect of ageing time on beef quality of rustic type and rustic x Charolais crossbreed cattle slaughtered at the same finishing grade. *Spanish Journal of Agricultural Research* 4(3):225-234.

Warner, RD; Bond, JJ; Kerr, MG. 2000. Meat quality traits in lamb M. Longissimus thoracis et lumborum: The effect of pre-slaughter stress and electrical stimulation. 46th ed. Technology, international congress of meat science and (ed.). Argentina: Buenos Aires, s.e. 154-155 p.

Warner, RD; Ferguson, DM; McDonagh, MB; Channon, HA; Cottrell, JJ; Dunshea, FR. 2005. Acute exercise stress and electrical stimulation influence the consumer perception of sheep meat eating quality and objective quality traits. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45:553-560.

Warriss, P. 1996. Instrumental measurement of colour. *In Taylor, S; Raimundo, A; Severini, M; Smulders, J (eds.)*. s.l., s.e. p. 221-230.

Wirth, F. 1987. Tecnología para la transformación de carne de calidad anormal. *Fleischwirtsch* 1(1):22-28.

Wythes, R; Arthur, R; Thompson, G; Williams, E; Bond, J. 1981. Effect of transporting cows various distances on liveweight, carcass traits and muscle pH. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb 21(1):557-561.

Zimerman, M. 2011. pH de la carne y factores que lo afectan. :141-152.

ANEXOS

1. Instalaciones Camal Municipal Ambato



Foto 1. Ingreso al Camal Municipal Ambato.



Foto 2. Nave de faenamiento bovino



Foto 3. Edificio del Laboratorio de Microbiología.



Foto 4. Laboratorio de microbiología.

2. Proceso de faenamiento bovino



Foto 1. Ingreso del vehículo que transporta a los animales hasta el Camal Municipal Ambato.



Foto 2. Guía de movilización emitida por AGROCALIDAD, para el ingreso de los animales a corrales.



Foto 3. Ingreso de los animales a través de las mangas.



Foto 4. Animales en reposo en corrales con acceso al agua.



Foto 5. Hoja de registro de los animales faenados por fecha.



Foto 6. Arreo de los animales hasta el ingreso de la nave de faenamiento (uso de picana eléctrica).



Foto 7. Duchado de los animales.



Foto 8. Ingreso de los animales a cajón de noqueo con puerta tipo guillotina y aturdimiento de los animales.



Foto 9. Signos de sensibilidad.



Foto 10. Izado de la res y recolección de sangre.



Foto 11. Corte de extremidades y cabeza.



Foto 12. Marcaje de las canales y pre-descuerado.



Foto 13. Despelleje con tecla manual.



Foto 14. Corte de esternón y eviscerado.



Foto 15. Separación en medias canales.



Foto 16. Lavado de canal (operador camal).



Foto 17. Lavado final (estibador/introductor).



Foto 18. Canales en sala de oreo.



Foto 19. Canales en cámara de refrigeración.



Foto 20. Despacho canales.

3. Preparación de materiales



Foto 1. Preparación del agua peptonada (pesaje del polvo y añadidura de agua destilada, para posterior esterilización en autoclave).



Foto 2. Elementos esterilizados. Guantes quirúrgicos, marco de plástico de un solo uso y esponja Whril-pack con la identificación de la muestra (número de muestra, fecha y hora).



Foto 3. Esterilización de materiales de vidrio (pipetas, probetas, vasos de precipitación).



Foto 4. Cámara de flujo laminar, esterilizada y con los materiales a utilizar.



Foto 5. Incubadora preparada a 35°C



Foto 6. Calibración del potenciómetro con solución de buffer de pH 4.01 y pH 7.01.



Foto 7. Humectación de la esponja Whirl-pack con 10 ml de agua peptonada

4. Toma de Muestras

- pH y Temperatura



Foto 1. Toma de muestra de pH



Foto 2. Toma de muestra de pH y Temperatura.



Foto 3. Valor elevado de pH.

- *Escherichia coli*



Foto 3. Toma de muestra S1 (falda).



Foto 4. Toma de muestra S2 (pecho).



Foto 5. Toma de muestra S3 (cadera).

5. Procesamiento de las muestras (hisopado)



Foto 1. Añadir el volumen restante para completar 25 ml de agua peptonada.



Foto 2. Pesaje de la muestra final, para el cálculo de volumen a añadir.



Foto 3. Se añadió el volumen resultante de la transformación de masa a volumen y se homogenizó en bolsas filtrantes SEWAR.



Foto 4. Se recogió 1 ml del líquido para cada placa Petrifilm y se procedió a inocular en la placa con ayuda del dispositivo esparcidor de plástico.



Foto 5. Siembra en triplicado para cada muestra de hisopado.



Foto 6. Incubación de las placas Petrifilm durante 24 h \pm 1 h a 35 °C \pm 0.5 °C



Foto 7. Conteo de *E. coli* con ayuda de una lupa para conteo de microorganismos.

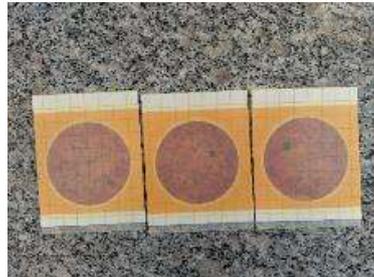


Foto 8. Identificación de las colonias de *E. coli* aparecieron de color azul dentro de un diámetro asociado con burbujas de gas. Los demás coliformes aparecieron como colonias rojas con una o más burbujas de gas.



Foto 9. Desnaturalización de las bacterias mediante autoclave a 121°C durante 30min, para su posterior eliminación en bolsa rojo, como desecho peligroso.

8. Hojas de registro de pH, temperatura y cálculo de *E. coli* expresado en log UFC/cm².

CODIGO	REPETICION	pH			Temperatura			UFC/placa	Escherichia Coli				MEDIA	log UFC/cm ²	DESV. EST.	
		VALORES	MEDIA	DESV. EST.	VALORES	MEDIA	DESV. EST.		Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	ml - gr	Area M. (cm ²)				UFC/cm ²
A01	1	6,83	6,88	0,06	37,0	38,0	0,06	28				3,58	4,58	0,66	0,16	
	2	6,92			38,0			29	4,714	26,875	49,036	300				4,74
	3	6,45			38,0			27	1							4,43
A02	1	6,32	6,45	0,12	36,3	36,03	0,06	1				0,16	0,16	-0,80	0,00	
	2	6,56			36,0			1	4,748	26,177	47,600	300				0,16
	3	6,25			36,5			0								0,00
A03	1	6,65	6,49	0,18	36,4	36,40	0,10	0				0,00	0,00	0,00	0,00	
	2	6,54			36,2			0	4,773	25,133	45,493	300				0,00
	3	6,24			35,4			0								0,00
A04	1	6,73	6,65	0,10	37,4	37,33	0,12	1				0,16	0,22	-0,67	0,09	
	2	6,69			37,4			1	4,714	26,641	48,568	300				0,16
	3	6,54			37,2			1								0,16
A05	1	6,45	6,51	0,07	36,7	36,80	0,17	0				0,00	0,00	0,00	0,00	
	2	6,49			36,7			0	4,787	27,188	49,309	300				0,00
	3	6,58			37,0			0								0,00
A06	1	6,45	6,48	0,03	36,2	36,30	0,10	0				0,00	0,00	0,00	0,00	
	2	6,50			35,4			0	2,582	24,81	47,038	300				0,00
	3	6,48			36,3			0								0,00
A07	1	6,51	6,52	0,17	36,7	36,77	0,06	0				0,00	0,00	0,00	0,00	
	2	6,51			36,8			0	2,840	24,385	45,93	300				0,00
	3	6,65			36,8			0								0,00
A08	1	6,65	6,76	0,06	37,9	38,23	0,20	8				3,25	1,41	0,15	0,16	
	2	6,78			38,4			8	3,052	25,009	46,966	300				3,43
	3	6,81			38,4			10								3,57
A09	1	6,67	6,68	0,11	37,6	37,73	0,23	7				0,08	1,03	0,01	0,09	
	2	6,79			37,0			7	3,046	25,947	48,848	300				3,14
	3	6,57			37,0			6								0,08
A10	1	6,88	6,85	0,12	38,2	38,07	0,15	27				4,21	4,26	0,63	0,09	
	2	6,74			38,3			28	2,893	24,819	46,745	300				4,36
	3	6,95			38,1			31								4,36
A11	1	6,93	6,91	0,08	38,2	38,23	0,15	31				5,45	5,45	0,74	0,18	
	2	6,97			38,4			30								5,27
	3	6,82			38,4			30								5,27
A12	1	6,48	6,51	0,04	36,1	36,27	0,15	4				0,70	0,70	-0,15	0,00	
	2	6,49			36,3			4	3,29	28,015	52,74	300				0,70
	3	6,56			36,4			4								0,70
A13	1	7,06	7,01	0,10	38,4	38,30	0,17	38				6,67	6,62	0,82	0,10	
	2	6,89			38,3			37	3,022	27,856	52,69	300				6,59
	3	7,08			38,4			38								6,67
A14	1	6,75	6,80	0,02	38,5	38,57	0,06	18				3,17	3,17	0,50	0,18	
	2	6,78			38,6			18								3,00
	3	6,78			38,3			19	3,124	28,026	52,804	300				3,25
A15	8	6,7	6,78	0,09	38,2	38,33	0,15	11				3,00	2,02	0,31	0,11	
	9	6,87			38,5			13	3,278	30,102	56,926	300				2,00
	10	6,85			38,3			10								3,40
A16	11	6,85	6,80	0,05	38,3	38,13	0,15	17				2,77	2,61	0,42	0,16	
	12	6,72			38,0			15	2,678	25,82	48,962	300				2,45
	13	6,83			38,3			19								2,99
A17	14	7,06	6,90	0,14	38,5	38,23	0,23	20				3,10	3,00	0,48	0,09	
	15	6,82			38,3			19	2,890	24,712	46,534	300				2,25
	16	6,63			36,7			0								0,00
A18	17	6,49	6,53	0,08	36,6	36,63	0,06	0				0,00	0,00	0,00	0,00	
	18	6,48			36,6			0	3,219	25,128	47,037	300				0,00
	19	7,08			38,7			34								5,19
A19	20	6,89	6,92	0,14	38,3	38,30	0,40	33				3,04	5,04	0,70	0,15	
	21	6,80			37,9			32								4,88
	22	6,75			36,8			11								3,71
A20	23	6,70	6,76	0,06	36,5	37,00	0,62	11				3,71	1,76	0,25	0,09	
	24	6,82			37,7			8								3,88
	25	6,78			37,0			8								3,51
A21	26	6,78	6,76	0,03	36,9	36,90	0,10	7				3,32	1,44	0,16	0,11	
	27	6,73			36,8			8	3,493	29,982	56,471	300				3,32
	28	6,85			38,2			33								5,78
A22	29	7,04	6,99	0,09	38,6	38,43	0,21	34				3,05	5,84	0,77	0,10	
	30	6,78			38,5			33	3,172	27,844	52,516	300				5,78
	31	6,81			37,7			14								2,14
A23	32	6,66	6,70	0,09	37,4	37,47	0,21	14				2,14	2,09	0,32	0,09	
	33	6,64			37,4			13	3,201	24,535	45,860	300				3,00

9. Valores finales de pH, temperatura y *E. coli*, expresados en promedios, máximos y m

	pH	D.E.	T	D.E.	E. Coli	Log	D.E.	Presencia	Ausencia
PROMEDIO	6,73	0,09	37,50	0,17	2,23	0,23	0,08	N ---%	N ---%
MINIMO	6,45	-	36,03	-	0,00	-0,80	-	18,00	5,00
MAXIMO	7,01	-	38,57	-	6,62	0,82	-	78,26	21,74