

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**ESTUDIO RETROSPECTIVO DE LA PRESENCIA DE STEC  
EN CARNE BOVINA EN RELACIÓN A BUENAS  
PRÁCTICAS DE MANUFACTURA EN UN RASTRO DE  
VILLA NUEVA, GUATEMALA, DEL 2019-2021.**

**DULCE MARÍA BARILLAS GONZÁLEZ**

**Médica Veterinaria**

**GUATEMALA, MAYO DE 2024**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**ESTUDIO RETROSPECTIVO DE LA PRESENCIA DE STEC EN  
CARNE BOVINA EN RELACIÓN A BUENAS PRÁCTICAS DE  
MANUFACTURA EN UN RASTRO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA,  
DEL 2019-2021.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD**

**POR**

**DULCE MARÍA BARILLAS GONZÁLEZ**

Al conferírsele el título profesional de

**Médica Veterinaria**

En el grado de Licenciado

**GUATEMALA, MAYO DE 2024**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
JUNTA DIRECTIVA**

DECANO:	M. A. Rodolfo Chang Shum
SECRETARIO:	M. Sc. Lucrecia Emperatriz Motta Rodríguez
VOCAL I:	M. Sc. Juan José Prem González
VOCAL II:	Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta
VOCAL III:	M. V. Edwin Rigoberto Herrera Villatoro
VOCAL IV:	Br. Cesar Francisco Monzón Castellanos
VOCAL V:	P. Agr. Jorge Pablo Rosales Roca

**ASESORES**

LIC. ZOOT. CARLOS HUMBERTO DE LEÓN CASTRO  
LIC. ZOOT. JOSÉ ANDRÉS TELLO FLORES

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con lo establecido por los reglamentos y normas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

### **ESTUDIO RETROSPECTIVO DE LA PRESENCIA DE STEC EN CARNE BOVINA EN RELACIÓN A BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA EN UN RASTRO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA, DEL 2019-2021.**

Que fuera aprobado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Como requisito previo a optar al título de:

## **MÉDICA VETERINARIA**

## **ACTO QUE DEDICO A:**

A Dios: Por acompañarme y brindarme todo lo necesario a lo largo de la carrera; por darme fuerza, voluntad y vocación para lograr alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

A mis padres: Por apoyarme y alentarme a siempre seguir mis sueños, y por creer en mi potencial. Sin su ayuda no lo hubiera logrado, este triunfo es de ustedes también.

A mis hermanos: Por su apoyo y cariño, por ayudarme siempre que lo necesito, y por ser parte de este sueño tan importante en mi vida.

A mi sobrina: Por brindarle alegría a mi vida, y por motivarme a ser mejor cada día.

A mi novio: Por su apoyo incondicional, por siempre creer en mí y por darme ánimos cuando más lo necesitaba durante la carrera.

A mis perros: Coco y Cookie †, por ser mi mayor inspiración para seguir esta profesión. Me brindaron compañía y amor durante toda la carrera, siempre estaré agradecida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres: A mi papá por brindarme todo el apoyo necesario para poder dedicarme a mi carrera y por alentarme a seguir mis sueños; a mi mamá por todos sus cuidados y madrugadas que pasó conmigo durante la carrera. Espero estén orgullosos, los amo.

A mi novio: José Andrés Tello, por siempre darme ánimos para no rendirme, por estar siempre a mi lado y por hacer mis años en la facultad inolvidables. Te amo por siempre.

A mis amigos: Mónica y Keneth por su apoyo y alegrar mis días; Lynda y Elvira por alentarme siempre; Sergio, Ricardo, Diana y Kim por toda su ayuda. Gracias por hacer la carrera algo inolvidable.

A mi asesor: Carlos de León por apoyarme desde que surgió la idea de esta tesis. Gracias por toda su ayuda y conocimientos compartidos.

A la FMVZ: Por todo el conocimiento recibido, las amistades conocidas y las experiencias vividas.

# ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. HIPÓTESIS .....	3
III. OBJETIVOS .....	4
3.1 Objetivo General .....	4
3.2 Objetivos Específicos .....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
4.1 Generalidades de <i>Escherichia coli</i> .....	5
4.2 Clasificación de <i>Escherichia coli</i> .....	5
4.3 Factores de virulencia de STEC.....	5
4.4 Vías de transmisión de STEC .....	7
4.5 Síntomas de infecciones por STEC en seres humanos .....	7
4.6 Factores del huésped que favorecen a la infección por STEC.....	8
4.7 Impacto de STEC en la Salud Pública.....	8
4.8 Buenas Prácticas de Manufactura.....	9
V. MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
5.1 Materiales.....	11
5.2 Metodología.....	11
5.2.1 Tipo de diseño del estudio.....	11
5.2.2 Cantidad de muestras involucradas .....	12
5.2.3 Organización de resultados STEC .....	12
5.2.4 Obtención de registros de inspección.....	12
5.2.5 Organización de datos.....	14
5.2.6 Pruebas estadísticas .....	15

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	16
6.1 Prevalencia de STEC .....	16
6.2 Cantidad de <i>no conformidades</i> registradas .....	17
6.3 Coeficiente de correlación .....	20
6.4 Análisis de varianza .....	22
VII. CONCLUSIONES .....	23
VIII. RECOMENDACIONES .....	24
IX. RESUMEN .....	25
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27
XI. ANEXOS .....	30
Anexo 9.1	
Resultados de STEC en carne bovina en canal de rastros certificados en Guatemala, en el año 2019. ....	31
Anexo 9.2	
Resultados de STEC en carne bovina en canal de rastros certificados en Guatemala, en el año 2020. ....	32
Anexo 9.3	
Resultados de STEC en carne bovina en canal de rastros certificados en Guatemala, en el año 2021. ....	33
Anexo 9.4	
Formato de clasificación de hallazgos dentro de las categorías de BPM establecidas por el AG 384-2010. ....	34
Anexo 9.5	
Gráfica representativa de los hallazgos de inspecciones higiénico-sanitarias en rastro positivo a STEC, en el 2019. ....	36

Anexo 9.6	
Gráfica representativa de los hallazgos de inspecciones higiénico-sanitarias en rastro positivo a STEC, en el 2020.....	36
Anexo 9.7	
Gráfica representativa de los hallazgos de inspecciones higiénico-sanitarias en rastro positivo a STEC, en el 2021.....	37
Anexo 9.8	
Análisis de varianza .....	37

## ÍNDICE DE CUADROS

### Cuadro 1.

Formato de resultados microbiológicos utilizado por el Laboratorio de Inocuidad de los Alimentos, del VISAR MAGA.....12

### Cuadro 2.

Hallazgos de inspecciones higiénico-sanitarias oficiales en el rastro positivo a STEC, en el 2019.....17

### Cuadro 3.

Hallazgos de inspecciones higiénico-sanitarias oficiales en el rastro positivo a STEC, en el 2020.....18

### Cuadro 4.

Hallazgos de inspecciones higiénico-sanitarias oficiales en el rastro positivo a STEC, en el 2021 .....18

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.

Resultados de prueba STEC en carne bovina en canal de rastros autorizados por MAGA, del 2019-2021.....17

Figura 2.

Relación de cantidad de *no conformidades* halladas en las inspecciones higiénico-sanitarias oficiales en el rastro positivo a STEC, del 2019-2021.....19

Figura 3.

Gráficas lineales representativas de la cantidad de resultados positivos y de *no conformidades* registradas del 2019 al 2021.....21

## I. INTRODUCCIÓN

La inocuidad de los alimentos se define como la garantía de que los alimentos, al ser preparados y consumidos, no causarán daño al consumidor. Para que un alimento se considere inocuo, este debe presentar límites inferiores a los permitidos o carecer completamente de agentes físicos, químicos o biológicos que pongan en peligro la salud del consumidor (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación [MAGA], 2020). Según la Organización Mundial de la Salud - OMS - (2020), cada año se registran al menos 2 mil millones de casos de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) en el mundo, por lo que la inocuidad de los alimentos es una cuestión fundamental de salud pública. Dentro de los peligros biológicos que pueden contaminar los alimentos se encuentran ciertas bacterias patógenas capaces de provocar ETAs graves o incluso mortales en humanos, como *Escherichia coli*, un bacilo Gram negativo de la familia Enterobacteriaceae (Arispe y Tapia, 2007). Dentro de esta especie se encuentra *E. coli* enterohemorrágica o productora de toxinas Shiga (STEC), un grupo de cepas patógenas alimentarias implicadas en brotes a nivel mundial desde 1982. Las cepas STEC provocan diversas infecciones y enfermedades gastrointestinales graves en humanos, desde diarrea leve hasta colitis hemorrágica, síndrome urémico hemolítico (SUH), anemia hemolítica, trombocitopenia y fallo renal agudo grave (Kaper, Nataro y Mobley, 2004). Se ha demostrado que, en niños menores a 5 años y ancianos, estas afecciones pueden presentarse de forma potencialmente mortal. Por esto, las cepas STEC son consideradas patógenos altamente peligrosos que deben estar ausentes en cualquier alimento (Vásquez, 2019).

Muchos alimentos han sido vinculados a estos brotes, pero comúnmente se relaciona la infección con el consumo de carne de bovino, debido a que STEC es un habitante normal de su tracto intestinal. La carne bovina, por la naturaleza de su composición, es considerada un medio que favorece el crecimiento de diversas bacterias (Rípodas, Fernández y Macho, 2017). Debido a esto, dentro de los

establecimientos de productos cárnicos se han desarrollado manuales de medidas preventivas para asegurar la inocuidad de los productos, que se aplican desde el sacrificio hasta la comercialización. Uno de estos es el manual de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), el cual detalla los lineamientos y prácticas de higiene generales que deben aplicarse en cada proceso de elaboración y manipulación de productos cárnicos, para disminuir el riesgo de contaminación del producto. Sin embargo, a pesar de que en Guatemala cada establecimiento de productos cárnicos certificado cuenta con manual de BPM, en el registro de muestreo microbiológico mensual del laboratorio del MAGA de los años 2019-2021, se detectaron 19 resultados positivos a STEC en carne bovina proveniente de un rastro en particular. Este estudio se basa en evaluar la aplicación de las BPM en dicho rastro bovino, durante los tres años del estudio, para determinar si la presencia de STEC en el producto cárnico se relaciona con el incumplimiento de estas prácticas.

## II. HIPÓTESIS

La presencia de *Escherichia coli* productora de toxina Shiga (STEC) en carne de bovino se ve relacionada con la mala implementación de las BPM dentro del rastro del cual proviene.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Evaluar si la aplicación deficiente de buenas prácticas de manufactura en un rastro bovino certificado en Guatemala se relaciona con la presencia de *Escherichia coli* productora de toxina Shiga (STEC) en su producto cárnico.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

**3.2.1** Determinar la prevalencia de STEC en muestras de carne provenientes de los rastros bovinos certificados, remitidas al laboratorio del VISAR-MAGA de los años 2019 al 2021.

**3.2.2** Evaluar la aplicación de las buenas prácticas de manufactura en un rastro bovino certificado en Guatemala a través de la correlación de los hallazgos de inspección higiénico-sanitaria oficial con los resultados de STEC de su producto cárnico, de los años 2019 al 2021.

**3.2.3** Determinar qué categorías de incumplimientos de las buenas prácticas de manufactura son las más influyentes en la presencia de STEC en carne de bovino proveniente de un rastro certificado del año 2019 al 2021.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Generalidades de *Escherichia coli*

Las cepas de la especie bacteriana *Escherichia coli* corresponden a bacilos Gram negativos de entre 1,1-1,5 x 2-6 µm pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae. Aparecen aislados o en parejas, no forman esporas y pueden ser móviles gracias a flagelos peritricos. Son aerobios y anaerobios facultativos, por lo que disponen de metabolismo respiratorio y fermentativo (Vásquez, 2019). Son un grupo genéticamente heterogéneo, cuyos miembros son generalmente comensales del tracto gastrointestinal de varias especies animales, principalmente mamíferos.

### 4.2 Clasificación de *Escherichia coli*

Se clasifican según sus mecanismos de patogenicidad y factores de virulencia, en seis grupos: *E. coli* enteropatógenicos (EPEC), *E. coli* enterotoxigénicos (ETEC), *E. coli* enteroinvasivos (EIEC), *E. coli* enteroagregativos (EAEC), *E. coli* con adherencia difusa (DAEC) y *E. coli* enterohemorrágicos o productores de toxinas Shiga (STEC), siendo este último el grupo de interés para este estudio (Kaper et al., 2004). Adicionalmente, las cepas *E. coli* se pueden caracterizar serológicamente según la detección de sus antígenos O (antígeno somático), H (antígeno flagelar) y K (antígeno de la cápsula). Para la mayoría de las cepas de *E. coli*, los antígenos O y H son suficientes para identificar la cepa (Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria [ACHIPIA], 2017).

### 4.3 Factores de virulencia de STEC

Los principales factores de virulencia del grupo STEC son toxinas codificadas por bacteriófagos, muy similares a la producida por *Shigella dysenteriae* tipo 1. Se han descrito dos tipos: la toxina Shiga 1 (Stx1), la cual se divide a su vez en tres subtipos (Stx1a, Stx1b, Stx1c); y la toxina Shiga 2 (Stx2), la cual se divide en siete subtipos (Stx2a, Stx2b, Stx2c, Stx2d, Stx2e, Stx2f, Stx2g). Estas toxinas son las

responsables de producir los cuadros de enfermedad en los seres humanos, siendo los subtipos Stx2a, Stx2c y Stx2d los más asociados a enfermedad severa como SUH y fallo renal por toxicidad hacia las células endoteliales microvasculares renales, mientras que los subtipos Stx2b, Stx2f, Stx2g y Stx1 se asocian a diarreas leves, fiebre, y dolores abdominales (Ernst, 2017). Sin embargo, ambos tipos de toxina interrumpen la síntesis proteica celular, lo cual ocasiona la muerte de las células intestinales, tanto epiteliales como endoteliales (Rípodas et al., 2017).

También presentan factores de virulencia adicionales, como las adhesinas, dentro de las cuales destacan la intimina, la adhesina autoaglutinante STEC y las fimbrias polares largas. Estas son proteínas de la membrana externa responsables de la adhesión de las bacterias al epitelio intestinal (Vásquez, 2019). La intimina se encuentra codificada en el gen *eae*, el cual forma parte de la isla de patogenicidad cromosómica denominada “Locus for Enterocyte Effacement” (LEE), que es el responsable de la alteración en la morfología de los enterocitos por una adherencia íntima a las células epiteliales (Rípodas et al., 2017). Sin embargo, no todas las cepas STEC presentan LEE (cepas LEE-negativas), por lo que, a pesar de provocar alteraciones significativas a nivel intestinal, la existencia de otros factores de virulencia necesarios para la adhesión garantiza que estas cepas LEE-negativas también puedan causar cuadros de enfermedad graves (Vásquez, 2019). Otro factor de virulencia importante es la enterohemolisina, codificada por el gen *ehxA* y situado en el plásmido EHEC. Esta es una toxina formadora de poros que lisa los eritrocitos, y permite la utilización del hierro asociado a ellos como potencial fuente nutricional.

La presencia de LEE y EHEC son marcadores de los serotipos más virulentos pertenecientes a las cepas enterohemorrágicas, entre ellos O157:H7, O26:H11 y O103:H29, los cuales son los principales serotipos implicados en la mayoría de los casos reportados de colitis hemorrágica y SUH en América (Rípodas et al., 2017).

#### **4.4 Vías de transmisión de STEC**

Las epidemias de STEC de origen alimentario generalmente son causadas por la ingesta de productos de origen animal mal cocidos o no pasteurizados, describiéndose en carne picada cruda, vegetales frescos, jugos no pasteurizados, salami, queso y leche sin pasteurizar (Food and Drug Administration [FDA], 2012). Muchos alimentos de origen animal y vegetal están implicados en la transmisión de *E. coli* productora de toxina Shiga (STEC), pero inicialmente se relacionó la infección con el consumo de carne de bovino. Esto se asocia a que el principal reservorio animal de STEC son los rumiantes, particularmente el ganado bovino y ovino, cuya carne se puede contaminar fácilmente con material fecal durante su procesamiento (ACHPIA, 2017). Los primeros brotes registrados en Estados Unidos fueron asociados al consumo de hamburguesas con carne de bovino insuficientemente cocida (Kaper et al., 2004).

Sin embargo, otra forma de transmisión es por contaminación fecal-oral, ya sea por un mal lavado de manos después de ir al baño, por contacto con suelo y/o agua contaminada con heces infectadas, o incluso por contacto directo con animales o personas previamente infectadas (New Mexico Health, 2018). Todas estas vías de transmisión se ven facilitadas debido a que la dosis infecciosa de estos microorganismos es de <100 células, lo que es considerada una carga extremadamente baja.

#### **4.5 Síntomas de infecciones por STEC en seres humanos**

Según estudios realizados en Europa por Mele, Remuzzi y Noris (2014), el periodo de incubación de STEC en humanos es de 3-4 días, e inicia como diarrea no sanguinolenta, seguida de dolor abdominal, fiebres altas y vómitos intermitentes. Luego de 2-3 días, la diarrea suele convertirse en sanguinolenta y el dolor abdominal incrementa, hasta llegar a deposiciones completamente sanguinolentas sin mayor material fecal, que suele durar entre 7-9 días (Rípodas et al., 2017).

En muchos de los casos, la diarrea sanguinolenta se resolverá sin secuelas aparentes, pero aproximadamente en 10% de los casos, la enfermedad progresará a un cuadro de síndrome urémico hemolítico (SUH). El SUH es un síndrome caracterizado por provocar una triada de alteraciones sistémicas: anemia hemolítica, trombocitopenia e insuficiencia renal. El cuadro inicia con oliguria o anuria, edema, palidez y, en casos muy severos, convulsiones. En el 12-30% de los casos, puede provocar secuelas como fallo renal crónico, hipertensión, manifestaciones nerviosas, o puede incluso provocar la muerte en pacientes vulnerables (niños y ancianos) (Kaper et al., 2004).

#### **4.6 Factores del huésped que favorecen a la infección por STEC**

El huésped que recibe a este tipo de patógenos desempeña un rol importante a la hora de desarrollar la enfermedad. Cualquier persona es susceptible a padecer una infección por STEC, sin importar su edad, género o raza. Sin embargo, se han observado ciertas asociaciones entre la edad y el riesgo a desarrollar una enfermedad más grave. Se ha demostrado que los pacientes menores a 5 años y los ancianos tienen más probabilidades de desarrollar síntomas más graves, y son especialmente propensos a desarrollar SUH (ACHIPIA , 2017).

Adicionalmente, un estudio realizado en humanos en Japón analizó la presencia del receptor de la toxina Shiga, globotriaosilceramida (Gb3), y demostró que existe mayor riesgo de contraer SUH en mujeres mayores a 20 años que en hombres. Como en cualquier otra enfermedad, la genética humana y la sensibilidad individual pueden afectar el desarrollo de esta enfermedad y su gravedad (Vélez, Colello, Etcheverría y Padola, 2022).

#### **4.7 Impacto de STEC en la Salud Pública**

Debido a la amplia diversidad de reservorios y vías de transmisión, la infección por STEC en humanos es frecuente. Aunque la incidencia de STEC varía en todo el mundo, la importancia y el impacto de los brotes de colitis hemorrágica

y SUH en la salud pública son enormes. De acuerdo con estudios realizados sobre casos de diarrea hemorrágica provocados por STEC en Latinoamérica, la mayoría de los pacientes se recupera en los primeros 10 días, pero una pequeña proporción de pacientes (5-10%) puede progresar a una enfermedad potencialmente mortal, como SUH en niños menores a 5 años, el cual es considerado el cuadro más grave provocado por STEC, o púrpura trombocitopénica trombótica en ancianos (López, Prado, O'Ryan, & Contrini, 2000). Esta última es muy parecida al SUH en cuanto a sus características clínico-patológicas, pero se caracteriza por producir fiebre y alteraciones del sistema nervioso central, anemia hemolítica microangiopática, trombocitopenia y, en ocasiones, insuficiencia renal aguda (Vásquez, 2019). Estudios realizados sobre SUH en Europa han demostrado que SUH es la principal causa de insuficiencia renal aguda en niños, con una tasa de letalidad de 3-5%, y en los casos más graves puede ocasionar la muerte o secuelas renales permanentes (Mele et al., 2014).

Evidentemente, la infección por STEC puede volverse fatal si no es tratada de la manera adecuada, especialmente en niños y ancianos, y debido a que, en Guatemala, el 25% de la población no cuenta con acceso a un sistema de salud eficiente, es considerada una enfermedad de importancia en salud pública. La infección por STEC puede evitarse con buenas prácticas de higiene y un correcto manejo de alimentos, dos factores que en muchas ocasiones son descuidados en las poblaciones de escasos recursos económicos y educativos (Ávila et al., 2015).

#### **4.8 Buenas Prácticas de Manufactura**

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son los principios básicos y prácticas generales de higiene que se aplican en todos los procesos de elaboración y manipulación de alimentos, para reducir la presencia de peligros físicos, químicos y biológicos en los productos, y así garantizar su inocuidad. Las BPM permiten asegurar las condiciones ambientales e higiénicas del establecimiento, las cuales incluyen normas de higiene personal, aspectos de

limpieza y desinfección, manejo de plagas, control de prácticas operativas, y otros lineamientos. Según el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA, 2016), los establecimientos que certifican su sistema de BPM generan confianza en el consumidor al minimizar la probabilidad de ocurrencia de una enfermedad transmitida por alimentos (ETA). Además, las BPM ayudan a optimizar los procesos de producción, se mejoran las prácticas higiénico-sanitarias y proveen la base para implementar Sistemas de Gestión de Calidad.

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Materiales**

#### Recursos humanos

- Estudiante investigador
- MV inspector del Departamento de Productos Cárnicos y Mataderos del VISAR-MAGA
- Técnico del Laboratorio de Inocuidad de los Alimentos del VISAR-MAGA

#### Recursos de campo

- Base de datos del Sistema Integrado de Inocuidad de Alimentos (SIIA)
- Registros de inspecciones DPCM
- Computadora portátil
- Microsoft Excel 2013
- Programa estadístico R

### **5.2 Metodología**

Para este estudio se realizó una recopilación de los resultados a la prueba microbiológica STEC aplicada en muestras de carne de bovino en canal proveniente de rastros certificados, que fueron remitidas al Laboratorio de Inocuidad de los Alimentos del MAGA desde el año 2019 al 2021. Además, se revisaron los registros oficiales de inspección y supervisión higiénico-sanitaria del rastro del cual provenían los resultados positivos detectados, de los mismos tres años, para realizar una correlación entre la cantidad de resultados positivos a STEC y la cantidad de incumplimientos a las BPM del establecimiento, para finalmente determinar qué categorías de incumplimientos son las más influyentes en la aparición de la bacteria en el producto cárnico.

#### **5.2.1 Tipo de diseño del estudio**

Se realizó un estudio retrospectivo documental de tipo observacional analítico.

### 5.2.2 Cantidad de muestras involucradas

En total, en el SIIA se encuentran registradas 463 muestras de carne bovina sometidas a análisis STEC del 2019 al 2021, provenientes de los distintos rastros certificados. Sin embargo, se tomaron en cuenta únicamente las muestras de carne bovina en canal, ya que es el método de obtención de muestras más simple, directo y en el que hay menor riesgo de alteración del producto cárnico, dando así un resultado más certero de las condiciones higiénico-sanitarias en las que se maneja la carne. Por lo tanto, la cantidad de muestras de carne bovina que se tomaron en cuenta en el estudio se reduce a 123 muestras.

### 5.2.3 Organización de resultados STEC

Los resultados fueron recopilados y organizados en tablas de Excel, tomando como guía el formato de resultados microbiológicos que utiliza el Laboratorio de Inocuidad de los Alimentos, el cual detalla lo siguiente:

**Cuadro 1. Formato de resultados microbiológicos utilizado por el Laboratorio de Inocuidad de los Alimentos, del VISAR MAGA.**

Código	Fecha resultado	Análisis	Método	Resultado

Fuente: Base de datos SIIA

### 5.2.4 Obtención de registros de inspección

Según los resultados del laboratorio, el 100% de los resultados positivos obtenidos del 2019 al 2021 provienen del mismo rastro bovino, ubicado en el municipio de Villa Nueva, Guatemala. Por esto, se realizó la revisión documental del rastro, para recopilar todas las *no conformidades* halladas en las supervisiones oficiales, a lo largo de los 3 años del estudio, realizadas por el Médico Veterinario supervisor de rastros bovinos del DPCM. Estas supervisiones son realizadas de

forma mensual, con el fin de supervisar y auditar el servicio de inspección higiénico-sanitario realizado bajo la responsabilidad del Médico Veterinario Oficial (MVO) permanente del rastro, así como el funcionamiento de los procedimientos de calidad e inocuidad propios del establecimiento. Según el objetivo del estudio, se revisaron 4 tipos de registros, los cuales se desglosan de la siguiente forma:

- Registros de estándares de ejecución sanitaria
  - Certificados de registro sanitario de empresa de control de plagas y fichas técnicas de pesticidas utilizados.
  - Resultados microbiológicos y fisicoquímicos del agua potable.
  - Fichas técnicas de los productos químicos utilizados para limpieza y desinfección de la planta.
  - Constancia de seguridad de materiales de empaque.
  - Resultados semanales de pruebas microbiológicas del producto cárnico.
  - Resultados diarios de prueba ATP realizada en equipo y superficies de contacto.
  - Resultados semanales de pruebas microbiológicas de manos y uniformes de los operarios.
- Registros de procedimientos operacionales estandarizados de sanitización
  - Registros de limpiezas profundas en planta.
  - Registros pre operacionales diarios: verificación de limpieza de áreas, maquinaria y utensilios.
  - Registros operacionales diarios: medición de los Puntos Críticos de Control (PCC) según manual HACCP, medición de cloro en agua potable, medición de temperatura de esterilizadores y verificación de limpieza operacional.
- Registros de manuales prerrequisitos y controles internos
  - Registros de evaluaciones de capacitaciones mensuales de los operarios.

- Registros semanales de calibración de termómetros y certificado de termómetro patrón.
- Registros de concentración de amonio cuaternario en pediluvios.
- Registros diarios de temperatura en áreas de proceso y cámaras de almacenamiento.
- Registros de control e informes oficiales
  - Solicitudes de acciones correctivas (SAC) de cada inspección higiénico-sanitaria realizada por el MVO.
  - Informes de supervisión del MV Supervisor de rastros bovinos.

Para la recopilación de estos registros se realizaron 3 visitas al rastro positivo para tener acceso a la información oficial del MVO de cada año abarcado en el estudio, respectivamente.

#### **5.2.5 Organización de datos**

Para facilitar la obtención y análisis de la documentación, los incumplimientos registrados fueron clasificados dentro de 8 categorías generales, que corresponden a las BPM requeridas en rastros de bovino, dictadas en el Capítulo IV Artículo 17 del Acuerdo Gubernativo No. 384-2010: Reglamento para plantas de sacrificio, transformación y almacenadoras de bovinos (MAGA, 2011). Se realizó y utilizó una tabla guía en la que se detallan qué incumplimientos se encuentran en cada categoría para justificar su clasificación (Anexo 9.4). Dichas categorías son:

- I. Salud e higiene del personal
- II. Construcción y diseño de la planta
- III. Operaciones sanitarias
- IV. Control de plagas
- V. Instalaciones sanitarias
- VI. Equipo y utensilios
- VII. Producción y controles
- VIII. Registros

### 5.2.6 Pruebas estadísticas

Para el cálculo de la prevalencia anual de STEC en los diferentes rastros certificados se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Prevalencia de STEC} = \frac{\text{Resultados positivos a STEC}}{\text{Total de muestras analizadas}} \times 100$$

Luego una vez recopilados los hallazgos de inspección y los resultados de STEC, estos fueron plasmados en gráficas para lograr determinar si ambas variables presentan correlación positiva entre sí, es decir, si ambas variables cambian en el mismo sentido (Vinuesa, 2016). Esto se determinó a través de la fórmula de coeficiente de correlación:

$$r = \frac{\sum[(xi - \bar{x})(yi - \bar{y})]}{\sqrt{\sum(xi - \bar{x})^2 * \sum(yi - \bar{y})^2}}$$

Finalmente, las *no conformidades* fueron sometidas a un análisis de varianza, por categoría, utilizando el programa estadístico R. El programa R efectuó una comparación con un nivel de confianza del 95%, entre la cantidad de hallazgos recopilados del 2019 al 2021 por categorías, representadas en el programa con letras de la A a la H. Esto permitió definir qué categorías de incumplimientos son las que más se relacionan con la presencia de STEC en el producto cárnico.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Prevalencia de STEC

En el 2019 se recibió en el Laboratorio de Inocuidad de los Alimentos del VISAR-MAGA, un total de 39 muestras de carne de bovino en canal para prueba de STEC, de las cuales ninguna resultó positiva. Por lo tanto, en el año 2019 no hubo prevalencia de STEC en la carne bovina proveniente de rastros certificados (Anexo 9.1).

En el 2020, se recibió un total de 50 muestras de carne de bovino en canal, obteniendo 4 resultados positivos a STEC. Esto indica que en el año 2020 la prevalencia de dicha bacteria en los rastros certificados fue de 8% (Anexo 9.2).

$$\text{Prevalencia de STEC 2020} = \frac{4 \text{ positivos}}{50 \text{ muestras}} \times 100 = 8\%$$

En el año 2021, se recibió un total de 41 muestras de carne de bovino en canal, obteniendo 15 resultados positivos a STEC. Por lo tanto, en el año 2021 la prevalencia de STEC en los rastros certificados fue de 36.6% (Anexo 9.3).

$$\text{Prevalencia de STEC 2021} = \frac{15 \text{ positivos}}{41 \text{ muestras}} \times 100 = 36.6\%$$

A lo largo de los 3 años analizados se recibieron 123 muestras, obteniendo 19 resultados positivos en total, lo cual corresponde a una prevalencia de STEC de 15.4% en los rastros certificados de Guatemala, en dicho periodo.

$$\text{Prevalencia de STEC 2019 al 2021} = \frac{19 \text{ positivos}}{123 \text{ muestras}} \times 100 = 15.4\%$$

**Figura 1. Resultados de prueba STEC en carne bovina en canal de rastros autorizados por MAGA, del 2019-2021.**



Fuente: Elaboración propia.

## 6.2 Cantidad de *no conformidades* registradas

En la revisión documental de los registros y *no conformidades* del rastro positivo, se determinó que en el 2019 se realizaron 10 inspecciones, con un total de 47 hallazgos desglosados de la siguiente manera:

**Cuadro 2. Hallazgos de inspecciones higiénico-sanitarias oficiales en el rastro positivo a STEC, en el 2019.**

No Conformidades / Fallas	Total
Salud e higiene del personal	4
Construcción y diseño de la planta	8
Operaciones sanitarias	2
Control de plagas	5
Instalaciones sanitarias	10
Equipo y utensilios	3
Producción y controles	10
Registros	5
<b>TOTAL HALLAZGOS 2019</b>	<b>47</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con base a estos resultados, se logró determinar que las 3 categorías con más hallazgos en dicho año fueron: Instalaciones sanitarias, Producción y controles, y Construcción y diseño de la planta (Anexo 9.5).

En el 2020, se realizó un total de 10 inspecciones nuevamente, con un total de 88 hallazgos desglosados de la siguiente manera:

**Cuadro 3. Hallazgos de inspecciones higiénico-sanitarias oficiales en el rastro positivo a STEC, en el 2020.**

No Conformidades / Fallas	Total
Salud e higiene del personal	16
Construcción y diseño de la planta	8
Operaciones sanitarias	7
Control de plagas	5
Instalaciones sanitarias	12
Equipo y utensilios	14
Producción y controles	19
Registros	7
<b>TOTAL HALLAZGOS 2020</b>	<b>88</b>

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar estos resultados, se logró determinar que las 3 categorías con más hallazgos fueron: Producción y controles, Salud e higiene del personal, y Equipo y utensilios (Anexo 9.6).

En el año 2021, se realizaron 10 inspecciones nuevamente, con un total de 119 *no conformidades* halladas desglosadas de la siguiente manera:

**Cuadro 4. Hallazgos de inspecciones higiénico-sanitarias oficiales en el rastro positivo a STEC, en el 2021.**

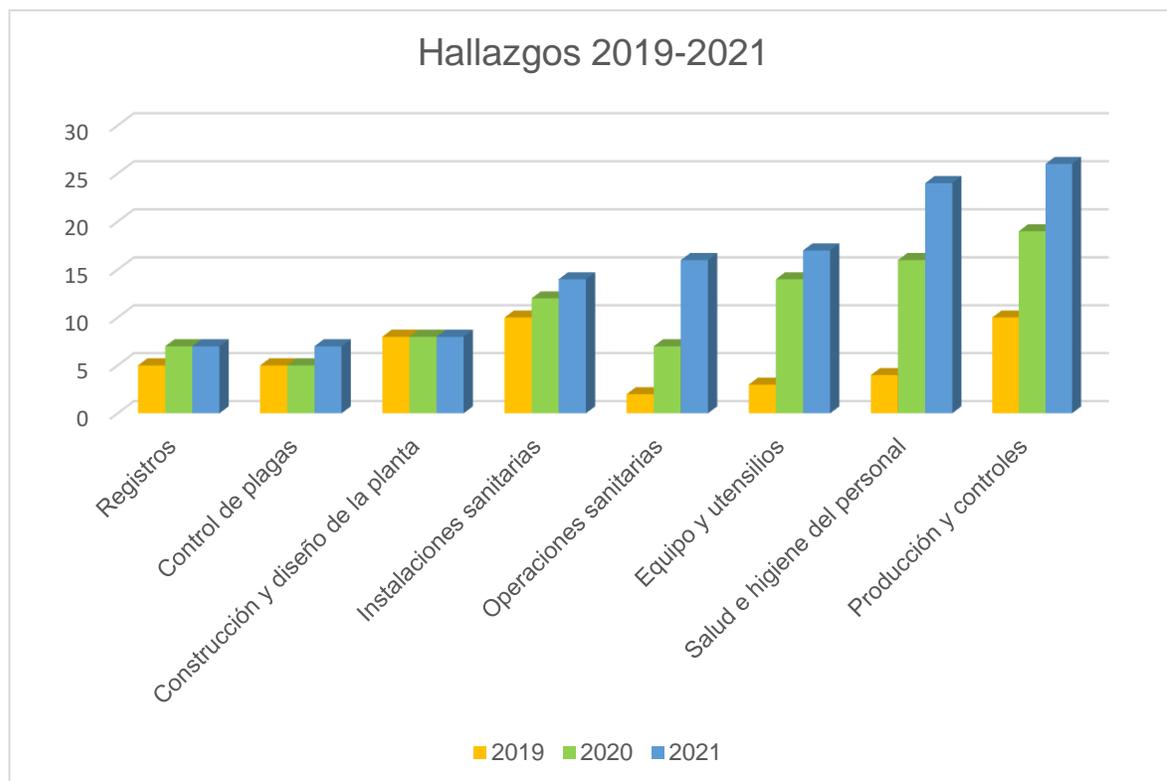
No Conformidades / Fallas	Total
Salud e higiene del personal	24
Construcción y diseño de la planta	8
Operaciones sanitarias	16

Control de plagas	7
Instalaciones sanitarias	14
Equipo y utensilios	17
Producción y controles	26
Registros	7
<b>TOTAL HALLAZGOS 2021</b>	<b>119</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó que las 3 categorías con más hallazgos en el 2021 fueron: Producción y controles, Salud e higiene del personal, y Equipo y utensilios, que fueron las categorías más elevadas en el año anterior (Anexo 9.7).

**Figura 2. Relación de cantidad de *no conformidades* halladas en las inspecciones higiénico-sanitarias oficiales en el rastro positivo a STEC, del 2019-2021.**



Fuente: Elaboración propia.

### 6.3 Coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación ( $r$ ) es la medida específica que cuantifica la intensidad de la relación lineal entre dos variables en un análisis de correlación, para lograr identificar si existe relación entre ambas.

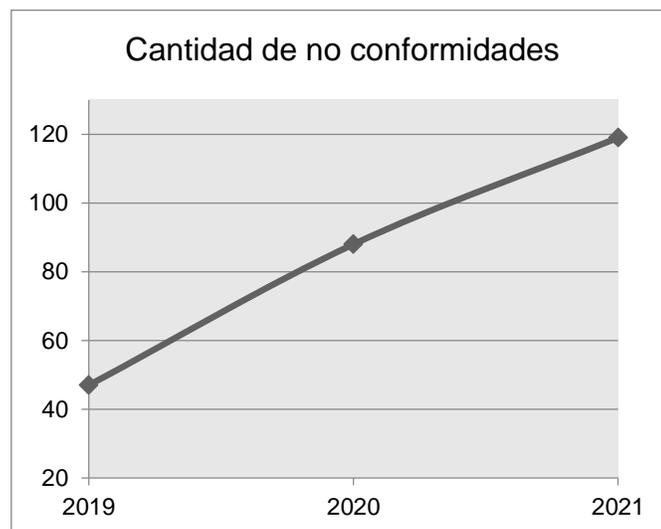
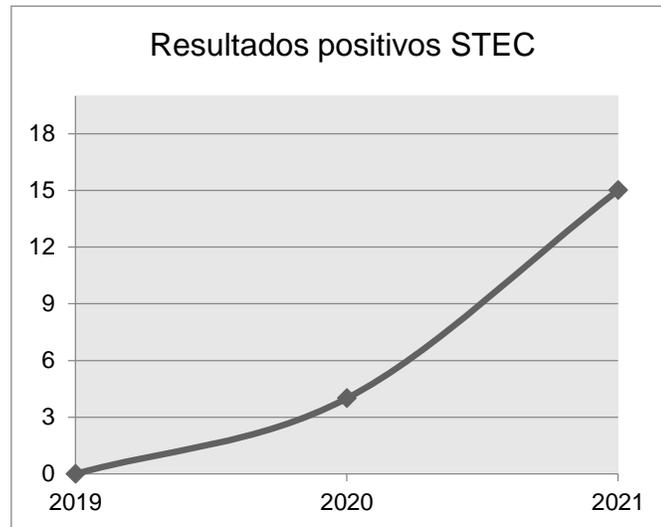
Los valores de  $r$  positivos indican una correlación positiva, en la que los valores de ambas variables tienden a incrementarse juntos, indicando una correlación directa; mientras que los valores de  $r$  negativos indican una correlación negativa, en la que los valores de una variable tienden a incrementarse mientras que los valores de la otra variable descienden. De forma complementaria, el análisis del coeficiente de correlación también se basa en su proximidad al valor 1. Entre más cercano al 1 se encuentre el resultado, indica una correlación más fuerte y significativa (Vinuesa, 2016).

$$r = \frac{528.33}{\sqrt{120.67 * 2,608.67}} = \frac{528.33}{\sqrt{314,788.21}} = \frac{528.33}{561.06} = \mathbf{0.94}$$

El resultado obtenido ( $r=0.94$ ) nos indica que las *no conformidades* y los resultados positivos a STEC en el producto cárnico presentan una correlación directa, que además es considerada una correlación significativa.

Al colocar en gráficas lineales los resultados positivos a STEC y la cantidad total de hallazgos de inspección, podemos observar el aumento en ambas variables a lo largo de los tres años del estudio.

**Figura 3. Gráficas lineales representativas de la cantidad de resultados positivos y de *no conformidades* registradas del 2019 al 2021.**



Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que hay ciertas categorías de incumplimientos que tuvieron un notable y abrupto aumento a través de los 3 años implicados en el estudio, como pudimos observar en la Figura 2, estas no son las categorías consideradas como influyentes en la presencia de STEC en el producto cárnico.

## 6.4 Análisis de varianza

Con el análisis de varianza (Anexo 9.8) se determinó con un nivel de confianza del 95%, que existe una relación entre las categorías de hallazgos “Instalaciones Sanitarias” y “Producción y controles”, con la aparición de STEC en las muestras de carne bovina ( $P < 0.05$ ). La gráfica plasmada en la Figura 2 logra demostrar que las curvas de crecimiento de estas dos categorías son las que mantienen una progresión normal, por lo que se concluye que dichas categorías son las más influyentes en los resultados positivos a STEC obtenidos del 2019 al 2021 en el rastro en cuestión. Adicionalmente, el ANDEVA demostró que la aparición de STEC también puede estar relacionada con los hallazgos de la categoría “Salud e higiene del personal”, pero con un nivel de confianza del 93%.

Este análisis logra confirmar la hipótesis, la cual indica que los incumplimientos en las buenas prácticas de manufactura dentro de un rastro bovino infieren en la inocuidad de la carne obtenida, específicamente por presencia de STEC.

## VII. CONCLUSIONES

- El incumplimiento de las Buenas prácticas de manufactura (BPM) dentro de un rastro bovino si tiene relación con la presencia de *Escherichia coli* productora de toxina Shiga (STEC) en el producto cárnico.
- Durante los 3 años del estudio se registraron 19 resultados positivos a STEC, representando una prevalencia de 15.4% en los rastros certificados de Guatemala, con un incremento sustancial en el 2021.
- Se determinó que los incumplimientos correspondientes a las categorías de Instalaciones sanitarias y Producción y controles son los que se relacionan directamente con la presencia de STEC en el producto cárnico dentro de un rastro certificado ( $P < 0.05$ ).

## **VIII. RECOMENDACIONES**

- Realizar más estudios acerca de la prevalencia de infecciones por STEC en Guatemala, para respaldar la importancia de este agente etiológico en la salud pública y la importancia de velar por la inocuidad de los alimentos en cada etapa del proceso productivo.
- Al comprobar la relación entre la mala implementación de las BPMs en rastros bovinos con la aparición de contaminantes biológicos en el producto cárnico, en este caso STEC, se recomienda a todos los establecimientos dedicados a la obtención, manipulación, almacenamiento y transformación de productos cárnicos que cumplan con sus manuales prerrequisitos y controles de procesos de producción, para poder brindarles a los consumidores productos inocuos que no comprometan su salud.
- Incluir el análisis de STEC dentro de las pruebas requeridas por el plan de vigilancia microbiológica nacional en establecimientos bovinos certificados, ya que no se encuentra dentro de los agentes patógenos normados para análisis microbiológico en productos cárnicos no procesados.

## IX. RESUMEN

Las buenas prácticas de manufactura (BPM) son principios generales de higiene que se aplican en los establecimientos dedicados a la elaboración y manipulación de alimentos para garantizar su inocuidad. Sin embargo, a pesar de que en Guatemala cada rastro bovino certificado cuenta con manual de BPM, en el registro de muestreo microbiológico del laboratorio del MAGA se detectaron 19 resultados positivos a STEC dentro de un total de 123 muestras de carne bovina en canal, del 2019 al 2021, resultando en una prevalencia de STEC de 15.4% en los rastros certificados de Guatemala. Los resultados positivos provenían del mismo rastro, por lo que se realizó un estudio retrospectivo documental en el cual se recopilaron las *no conformidades* reportadas en los registros de inspecciones higiénico-sanitarias oficiales realizadas del 2019 al 2021 en el rastro positivo.

El objetivo de este estudio fue evaluar si la aplicación deficiente de las BPM dentro de dicho rastro bovino favorece la presencia de STEC en el producto cárnico, y así poder validar la importancia de las BPM para garantizar la inocuidad de la carne. A través de una correlación entre la cantidad de hallazgos con la cantidad de resultados positivos a STEC y un análisis de varianza, se logró determinar con un 95% de confiabilidad que la presencia de STEC si se relaciona con el aumento de incumplimientos higiénico-sanitarios dentro del rastro, específicamente de aquellos correspondientes a las categorías de Instalaciones sanitarias y Producción y controles.

## **SUMMARY**

Good Manufacturing Practices (GMP) are basic sanitary principles that are applied in establishments dedicated to food elaboration and manipulation, in order to guarantee its safety. Even though in Guatemala every slaughterhouse has a GMP manual, the microbiological analysis record kept by MAGA's official laboratory from 2019 to 2021, showed 19 positive results to STEC out of 123 samples of bovine carcass meat, which means that certified slaughterhouses in Guatemala had a STEC prevalence of 15.4% during that time. Every positive result came from the same establishment, hence a retrospective documental study was made in order to gather all the non-compliances reported in every official sanitary inspection performed from 2019 to 2021 in that particular slaughterhouse.

The main goal in this study was to evaluate if the deficient application of GMP in this establishment was favorable for the emergence of STEC in the meat product, with the purpose of demonstrating how important these sanitary practices are in order to obtain harmless meat. Through the correlation of the amount of non-compliances with the amount of positive STEC results and an analysis of variance, with a 95% of reliability, it was possible to confirm that the emergence of STEC in this establishment's meat product is in fact related with its increase in sanitary non-compliances, specially to those related to the categories of Sanitation facilities and Production and controls.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria. (2017). *Escherichia coli productora de toxina Shiga (STEC)*, Ficha de peligros de la Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria -ACHIPIA-. (7). Recuperado de <https://www.achipia.gob.cl/wpcontent/uploads/2018/03/Ficha-Peligro-07-STEC-v01.pdf>
- Arispe, I., y Tapia, M. S. (2007). Inocuidad y calidad: requisitos indispensables para la protección de la salud de los consumidores. *Agroalimentaria*, 12(24), 105- 118.
- Ávila, C., Bright, R., Gutiérrez, J. C., Hoadley, K., Coite, M., y Romero, N. (2015). *Guatemala, Análisis del Sistema de Salud 2015*. Bethesda, Maryland: Proyecto Health Finance and Governance, Abt Associates Inc.
- Ernst, D. (2017). *Subtipificación de toxinas Shiga en STEC de origen bovino en Uruguay* (Tesis de pregrado). Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.
- Food and Drug Administration. (2012). *Bad Bug Book: Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook. Second Edition*. Estados Unidos: Silver Spring US Food and Drug Administration.
- Kaper, J. B., Nataro, J. P., & Mobley, H. L. (2004). Pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews, Microbiology*, 2, 123-140. doi: 10.1038/nrmicro818
- López, E. L., Prado-Jiménez, V., O'Ryan-Gallardo, M., & Contrini, M. M. (2000). *Shigella* and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* causing bloody diarrhea in Latin America. *Infectious Disease Clinics*, 14(1), 41-65.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2011). *Reglamento de Inspección y Vigilancia sanitaria de los rastros, sala para el deshuese y*



*almacenadoras de productos cárnicos de la especie bovina: Acuerdo Gubernativo 384-2010. Edición Enero 2011. Guatemala: Dirección de Inocuidad de los Alimentos. Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.*

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2020). *Reglamento para la Inocuidad de los Alimentos: Acuerdo Gubernativo 969-99. Edición Enero 2020. Guatemala: Dirección de Inocuidad de los Alimentos. Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.*

Martín, F. (2020). *Aspectos microbiológicos e inocuidad de la carne fresca.* México: BMeditores. Recuperado de <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/aspectos-microbiologicos-e-inocuidad-de-la-carne-fresca/>

Mele, C., Remuzzi, G., & Noris, M. (2014). Hemolytic uremic syndrome. *Journal of the American Society of Nephrology*, 16, 1035-1050. doi: 10.1007/s00281-014-0416-x

New Mexico Health. (2018). *Manual for Investigation and Control of Communicable Diseases.* New Mexico Department of Health, Epidemiology and Response Division.

Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2016). *Manual de Buenas Prácticas de Manufactura en carne de bovinos, porcinos y aves.* San Salvador: Dirección Regional de Inocuidad de Alimentos.

Organización Mundial de la Salud. (2020). *Inocuidad de los Alimentos.* Organización Mundial de la Salud. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>

Rípodas, A., Fernández, D., y Macho, M. (2017). Investigación de Escherichia coli productor de toxinas Shiga (STEC) en carnes y derivados cárnicos. *Sanidad*



de las Fuerzas Armadas, 73(3), 147-152. doi: 10.4321/S1887-85712017000300002

Vásquez, V. (2019). *Caracterización de Escherichia coli productora de toxina Shiga aislada desde perros y gatos de comunas de la Región Metropolitana* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Vélez, M., Colello, R., Etcheverría, A. y Padola, N. (2022). Escherichia coli productora de toxina Shiga: el desafío de adherirse para sobrevivir. *Revista Argentina de Microbiología*, 55(1), 100-107. doi: 10.1016/j.ram.2022.04.001

Vinuesa, P. (2016). *Correlación: Teoría y Práctica*. CCG-UNAM. Recuperado de [https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8\\_correlacion.pdf](https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8_correlacion.pdf)



# **XI. ANEXOS**

**Anexo 9.1 Resultados de STEC en carne bovina en canal de rastros certificados en Guatemala, en el año 2019.**

<b>Código</b>	<b>Fecha resultado</b>	<b>Categoría</b>	<b>Producto</b>	<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>Método</b>
83	2019-04-05	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
82	2019-04-05	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 8.09
104	2019-05-31	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
102	2019-05-31	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
84	2019-05-31	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 8.09
158	2019-06-03	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
114	2019-06-03	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
106	2019-06-03	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
397	2019-06-19	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
338	2019-06-19	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
336	2019-06-19	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
334	2019-06-19	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
254	2019-06-19	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
246	2019-06-19	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
437	2019-06-28	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
435	2019-06-28	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
426	2019-06-28	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
517	2019-08-12	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
488	2019-08-12	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
463	2019-08-12	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.05
441	2019-08-12	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
439	2019-08-12	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
579	2019-08-21	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
638	2019-09-06	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
746	2019-09-26	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
720	2019-09-26	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 8.09
950	2019-10-14	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
929	2019-10-14	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
779	2019-10-14	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
1093	2019-11-13	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
1103	2019-11-15	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04
1137	2019-11-20	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG5B.04

<b>Muestras Positivas</b>	0
<b>Muestras negativas</b>	32
<b>Total muestras</b>	32

**Anexo 9.2 Resultados de STEC en carne bovina en canal de rastros certificados en Guatemala, en el año 2020.**

Código	Fecha resultado	Categoría	Producto	Análisis	Resultado	Método
1298	2020-02-04	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
1380	2020-02-04	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
1489	2020-02-12	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
1561	2020-02-13	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
1597	2020-02-14	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
1653	2020-02-14	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
1821	2020-02-14	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
1853	2020-02-14	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
1892	2020-02-20	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
1918	2020-02-20	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2008	2020-03-16	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2049	2020-03-16	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2086	2020-04-24	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2111	2020-04-24	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2206	2020-05-27	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2294	2020-05-27	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2297	2020-05-27	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2335	2020-06-23	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2374	2020-06-23	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2386	2020-06-23	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2406	2020-06-23	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2462	2020-07-16	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2486	2020-07-16	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2589	2020-07-16	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2671	2020-07-21	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2735	2020-07-21	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2770	2020-07-27	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2800	2020-07-27	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2837	2020-08-13	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2896	2020-08-13	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2936	2020-09-07	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
2975	2020-09-07	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3039	2020-09-28	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
3074	2020-09-28	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3130	2020-09-28	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3176	2020-09-30	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3193	2020-09-30	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3264	2020-11-03	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3283	2020-11-07	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
3363	2020-11-07	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3392	2020-11-08	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04

3470	2020-11-10	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
3546	2020-11-10	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3587	2020-11-24	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3622	2020-12-01	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
3655	2020-12-10	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3685	2020-12-10	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3741	2020-12-23	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3764	2020-12-23	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3821	2020-12-23	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04

<b>Muestras Positivas</b>	4
<b>Muestras negativas</b>	46
<b>Total muestras</b>	50

### Anexo 9.3 Resultados de STEC en carne bovina en canal de rastros certificados en Guatemala, en el año 2021.

Código	Fecha resultado	Categoría	Producto	Análisis	Resultado	Método
3875	2021-01-20	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3996	2021-02-01	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
3932	2021-02-05	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
4042	2021-02-22	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
4126	2021-02-22	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
4151	2021-03-01	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
4215	2021-03-10	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
4311	2021-03-22	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
4378	2021-03-23	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
4534	2021-03-29	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
4645	2021-04-23	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
4775	2021-05-07	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
4835	2021-05-10	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
4899	2021-05-12	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
4996	2021-06-04	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
5093	2021-06-21	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
5323	2021-07-07	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
5175	2021-07-07	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
5215	2021-07-07	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
5423	2021-07-08	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
5498	2021-07-13	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
5494	2021-07-13	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04

5547	2021-07-22	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
5669	2021-07-22	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
5766	2021-08-09	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
5722	2021-08-09	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
5811	2021-08-16	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
5885	2021-08-20	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
5966	2021-08-24	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
6021	2021-08-31	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
6068	2021-09-13	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
6195	2021-09-22	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
6263	2021-09-22	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
6444	2021-10-14	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
6508	2021-10-19	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
6594	2021-11-23	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
6685	2021-11-25	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
6628	2021-11-25	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
6815	2021-11-25	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04
6947	2021-11-29	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Ausencia	USDA MLG 5B.04
6878	2021-11-29	CARNE BOVINA	CARNE EN CANAL	STEC	Presencia	USDA MLG 5B.04

<b>Muestras Positivas</b>	15
<b>Muestras negativas</b>	26
<b>Total muestras</b>	41

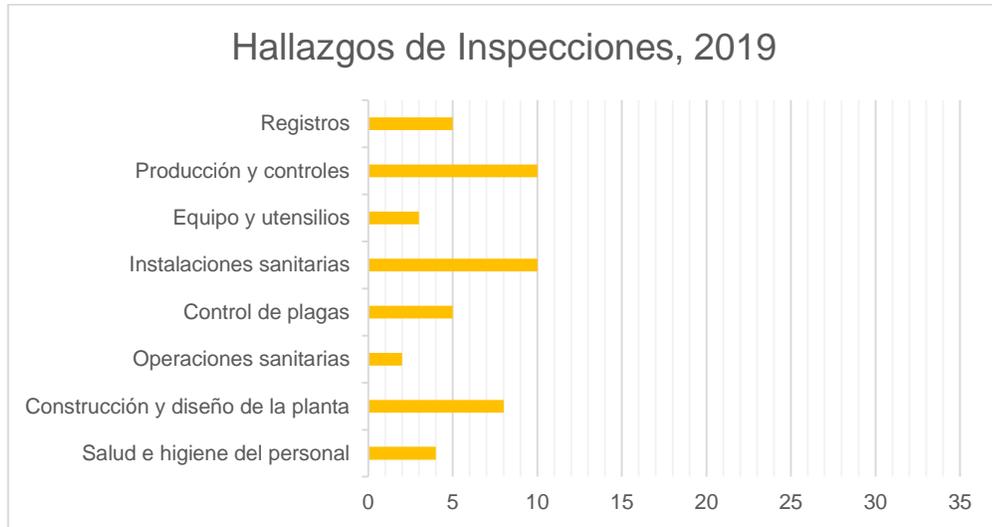
**Anexo 9.4 Formato de clasificación de hallazgos dentro de las categorías de BPM establecidas por el AG 384-2010.**

No.	Categorías de hallazgos	Aspectos de BPM incumplidos
1	Salud e higiene del personal	Enfermedades o padecimientos transmisibles
		Prácticas higiénicas del personal de la planta
		Higiene personal de operarios (uñas largas, barba, bigote, suciedad, malos olores)
		Indumentaria de trabajo
		Contaminación cruzada de parte del personal
		Procedimiento de lavado de manos e inmersión en maniluvio

2	Construcción y diseño de la planta	Estado de infraestructura (paredes, pisos, puertas, techos)
		Barreras contra contaminantes externos (cortinas)
		Ventanas adecuadas (protector/sellador, no vidrio)
		Iluminación adecuada para verificación de limpieza de áreas
		Ventilación
3	Operaciones sanitarias	Procedimiento de limpieza de instalaciones
		Sustancias utilizadas para limpieza y desinfección aptas para plantas de alimentos
		Estado del equipo utilizado para la limpieza (mangueras, cepillos, esponjas, escobas, etc.)
		Aislamiento y separación de basura/desperdicios
		Limpieza de superficies en contacto con los alimentos
4	Control de plagas	Plagas ausentes
		Inspección y visitas de control frecuentes por empresa externa
		Métodos físicos y mecánicos para el control de plagas
		Métodos químicos para el control de plagas
		Precauciones para el uso de plaguicidas
5	Instalaciones sanitarias	Suministro de agua (cantidad y calidad)
		Disponibilidad de jabón apto para alimentos
		Estado de tuberías y drenajes
		Estado y limpieza de servicios sanitarios
		Estado y control de instalaciones sanitarias (componentes de filtro sanitario)
		Disponibilidad y limpieza de vestidores
6	Equipo y utensilios	Estado general de los equipos utilizados en el proceso
		Limpieza/mantenimiento de equipos
		Uso de equipos y utensilios permitidos en alimentos (no madera, cobre, plomo ni porcelana)
7	Producción y controles	Procedimientos adecuados de producción, por personal capacitado
		Esterilizadores funcionales durante todo el proceso (>82°C)
		Niveles de cloro en agua
		Estado/higiene de recipientes de almacenamiento
		Temperatura de ambiente, según área de proceso
8	Registros	Registros completos y actualizados

		Registro por cada etapa de proceso
		Existencia y actualización de manuales prerequisites (BPM, POES, HACCP, capacitaciones)

**Anexo 9.5 Gráfica representativa de los hallazgos de inspecciones higiénico-sanitarias en rastro positivo a STEC, en el 2019.**



**Anexo 9.6 Gráfica representativa de los hallazgos de inspecciones higiénico-sanitarias en rastro positivo a STEC, en el 2020.**



**Anexo 9.7 Gráfica representativa de los hallazgos de inspecciones higiénico-sanitarias en rastro positivo a STEC, en el 2021.**



**Anexo 9.8 Análisis de varianza**

Letra	Categoría de hallazgos
A	Registros
B	Control de plagas
C	Construcción y diseño de la planta
D	Instalaciones sanitarias
E	Operaciones sanitarias
F	Equipo y utensilios
G	Salud e higiene del personal
H	Producción y controles

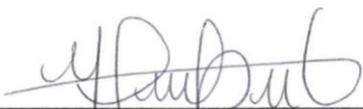
```

> summary(aov(set2$Año ~ set2$A))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
set2$A  1    1.5     1.5      3  0.333
Residuals 1    0.5     0.5
> summary(aov(set2$Año ~ set2$B))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
set2$B  1    1.5     1.5      3  0.333
Residuals 1    0.5     0.5
> summary(aov(set2$Año ~ set2$C))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Residuals 2    2      1
> summary(aov(set2$Año ~ set2$D))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
set2$D  1    2      2 3.105e+25 1.14e-13 ***
Residuals 1    0      0
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary(aov(set2$Año ~ set2$E))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
set2$E  1  1.947     1.947   36.75  0.104
Residuals 1  0.053     0.053
> summary(aov(set2$Año ~ set2$F))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
set2$F  1  1.8037     1.8037   9.187  0.203
Residuals 1  0.1963     0.1963
> summary(aov(set2$Año ~ set2$G))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
set2$G  1  1.9737     1.9737    75 0.0732 .
Residuals 1  0.0263     0.0263
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary(aov(set2$Año ~ set2$H))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
set2$H  1  1.9896     1.9896   192 0.0459 *
Residuals 1  0.0104     0.0104
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

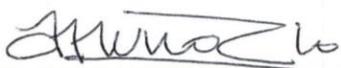
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA

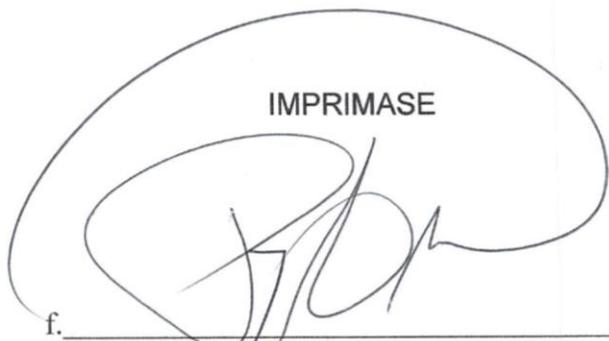
ESTUDIO RETROSPECTIVO DE LA PRESENCIA DE STEC EN  
CARNE BOVINA EN RELACIÓN A BUENAS PRÁCTICAS DE  
MANUFACTURA EN UN RASTRO DE VILLA NUEVA,  
GUATEMALA, DEL 2019-2021.

f.   
DULCE MARÍA BARILLAS GONZÁLEZ

f.   
Lic. Zoot. Carlos Humberto de León Castro  
ASESOR PRINCIPAL

f.   
Lic. Zoot. José Andrés Tello Flores  
ASESOR

f.   
M.A. María Andrea Muñoz Lorenzana  
EVALUADOR

IMPRIMASE  
f.   
M. A. Rodolfo Chang Shum  
DECANO

