

**Prevalencia de *Escherichia coli* O157 y
Salmonella en canales de res en la planta de
cárnicos**

Daniel Orlando Blandón Blandón

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Prevalencia de *Escherichia coli* O157 y
Salmonella en canales de res en la planta de
cárnicos**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Daniel Orlando Blandón Blandón

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2018

Prevalencia de *Escherichia coli* O157 y *Salmonella* en canales de res en la planta de cárnicos

Daniel Orlando Blandón Blandón

Resumen. *Escherichia coli* O157:H7 y *Salmonella* son microorganismos de importancia en salud pública debido a las enfermedades que estos causan. En el presente estudio se evaluó la prevalencia de ambos microorganismos en canales de res en la planta de cárnicos de Zamorano. También, se revisó el cumplimiento de la planta con respecto a la guía de peligros y controles de carne y aves. Se muestrearon un total de 18 canales para *Salmonella* y microorganismos indicadores (coliformes y *E. coli* genérica); y 11 para *E. coli* O157, en diferentes puntos: piel, pre-evisceración, post-evisceración, post-intervención y enfriado. Se analizó la prevalencia de patógenos mediante 3M MDS; los microorganismos indicadores se analizaron mediante la técnica de vaciado en placa. Basado en la guía, se aplicaron preguntas generales y específicas a diferentes etapas del proceso de cosecha. *E. coli* O157 presentó una prevalencia de 90.90% en pieles, 27.30% en pre-evisceración y 0% en post-intervención. *Salmonella* no se presentó en ninguna de las canales muestreadas. La piel representó el mayor conteo de coliformes con 4.08 log UFC/ 300 cm², mientras que *E. coli* genérica presentó mayor conteo en pre-evisceración y piel con 1.71 y 1.58 log UFC/300 cm², respectivamente. En cuanto a preguntas generales, recibo y espera de animales presentó el menor grado de cumplimiento, mientras que en preguntas específicas, fue el procesamiento de restos comestibles. La piel fue considerada la principal fuente de contaminación de *E. coli* O157. Se recomienda incorporar nuevos registros en cosecha y la reducción del patógeno en el eslabón productivo.

Palabras clave: Carne, cosecha, intervención, STEC

Abstract. *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* are microorganisms of importance in public health due to diseases they can cause. The present study evaluated the prevalence of both microorganism on beef carcasses at the meat processing plant in Zamorano. In addition, the compliance of the plant with respect to the meat and poultry hazards and controls guide was reviewed. A total of 18 beef carcasses were sampled for *Salmonella* and indicator microorganisms (coliforms and *E. coli* generic); and 11 for *E. coli* O157 at different steps: hide, pre-evisceration, post-evisceration, post-intervention and chilling. Prevalence of pathogens were evaluated by 3M MDS; the indicator microorganisms were evaluated by pour plating method. Based on the guide, general and specific questions were applied to different stages of the slaughter process. *E. coli* O157 had a prevalence of 90.90% on hides, 27.30% on pre-evisceration, and 0% on post-intervention. *Salmonella* was no present in any of the carcasses. Hide represent the highest count of coliforms with 4.08 log UFC/ 300 cm², while *E. coli* generic presented a high count on pre-evisceration and hide with 1.71 and 1.58 log UFC/300 cm², respectively. Regarding general questions, receiving and holding presented the lowest degree of compliance, while in specific questions was the processing of edible offal processing. Hide was considered the main source of contamination of *E. coli* O157. It's recommended to incorporate new records in harvest and the reduction of the pathogen in the productive farm.

Key words: Meat, slaughter, intervention, STEC.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES	14
5. RECOMENDACIONES	15
6. LITERATURA CITADA.....	16
7. ANEXOS	19

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Conteo Coliformes y <i>E. coli</i> genérica (log UFC/300 cm ²) en muestras de canales de res en diferentes etapas del proceso.	6
2. Prevalencia <i>Escherichia coli</i> O157 (presencia en 300 cm ²) en muestras de canales de res en diferentes etapas del proceso.	8
3. Prevalencia <i>Salmonella</i> (presencia en 300 cm ²) en muestras de canales de res en diferentes etapas del proceso.	10
4. Cumplimiento del área de cosecha basado en la “Guía de peligros y controles de carne y aves de corral”.....	11

Anexos	Página
1. Recuento coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> genérica en diferentes unidades	19
2. Escala utilizada para llenar las preguntas específicas y generales de la guía del FSIS.	19
3. Resultados preguntas generales aplicadas a las diferentes etapas del área de cosecha.	20
4. Resultados preguntas específicas aplicadas a las diferentes etapas del área de cosecha.	27

1. INTRODUCCIÓN

En Estados Unidos de América, el CDC (Center for Disease Control and Prevention) estimó en el año 2015, que *Salmonella* fue la responsable de 149 brotes en alimentos causando 3,944 hospitalizaciones. Mientras que *Escherichia coli* productora de toxina shiga (STEC por sus siglas en inglés) se le atribuyen 27 brotes dejando 302 casos de hospitalizaciones (CDC 2017). *Escherichia coli* O157:H7 es considerada actualmente uno de los patógenos de mayor importancia en la salud pública debido a la severidad de los síntomas, la baja dosis de infección y las secuelas que podría dejar a los pacientes enfermos. No obstante, la incidencia de enfermedades es baja si es comparada con *Salmonella* y *Campylobacter* (Nastasijevic 2011). *Escherichia coli* O157:H7 y *Salmonella* son los microorganismos frecuentemente más encontrados en carne y productos cárnicos (Rivera-Betancourt *et al.* 2004).

En alimentos de origen animal, la piel es considerada como un reservorio importante de patógenos; debido a esto es tomada en cuenta como una de las principales fuentes de contaminación hacia la canal (Koochmaraie *et al.* 2005). El músculo superficial del animal es considerado estéril. Sin embargo, es afectado microbiológicamente durante la remoción de la piel en el proceso de cosecha (Rivera-Betancourt *et al.* 2004). Otra fuente importante de contaminación de patógenos es el tracto gastro-intestinal de animales (Rivera-Betancourt *et al.* 2004; Etcheverría *et al.* 2010). Los patógenos tienen diversas formas de comprometer la inocuidad de las canales; estos podrían ser por contaminación directa o cruzada. Esta contaminación difiere entre plantas dependiendo de factores, como: diseño y tamaño de la planta, equipo, velocidad de cosecha, automatización, antigüedad de las instalaciones, estado de los corrales, temporada, origen de los animales y localización de la planta (Etcheverría *et al.* 2010).

Debido al potencial de contaminación de la piel y el tracto gastro-intestinal de los animales, las intervenciones antimicrobianas en diferentes etapas de cosecha resultan ser necesarias. Koochmaraie *et al.* (2005) indican que intervenciones antimicrobianas en la piel y canal, son estrategias que podrían mejorar la inocuidad del producto final. Estudios señalan que unas combinaciones de intervenciones antimicrobianas resultan ser más eficiente en la reducción del conteo de microorganismos. El uso de vapor saturado, pasteurización con vapor, baño de agua caliente y aplicación de ácidos orgánicos; son intervenciones antimicrobianas realizadas por diversas plantas de procesamiento (Arthur *et al.* 2004). Un estudio se efectuó en Honduras en dos plantas procesadoras de res para evaluar la incidencia de *Salmonella* en venta de carne al por menor y canales de res. Las muestras en planta se realizaron en dos instalaciones, en tres puntos del procesamiento: piel, pre evisceración y post evisceración. El muestreo de carne se realizó en cuatro ciudades: Tegucigalpa, San Pedro Sula, Choluteca y Siguatepeque. Se reportó una incidencia de 5.9% para *Salmonella* en centros de venta al

por menor. Para el caso de canales un 7.8% de las canales resultaron ser positivas para *Salmonella*. La planta ubicada en Catacamas presentó una prevalencia de 23.3% en piel, 6.7% pre evisceración y 0% post evisceración. Por otro lado, la planta ubicada en Siguatepeque presentó 11.8% de prevalencia en pieles y ausencia en pre evisceración y post evisceración (Maradiaga 2012).

Diversos estudios se han realizado para determinar la incidencia de *Salmonella* y *Escherichia coli* O157:H7 en corrales de alimentación y su impacto en la contaminación de canales. Narváez-Bravo *et al.* (2013) tomaron muestras de pieles y heces; así como también en tres puntos de procesamiento: pre evisceración, previo al ingreso al cuarto frío y 24 horas posterior al enfriamiento seco. Se determinó una prevalencia de *Salmonella* de 92.4% en pieles, 49.0% en pre evisceración, 24.8% previo al cuarto frío y 6.0% 24 horas después del enfriamiento. *Escherichia coli* O157:H7 se reportó 11.7% en pieles, 0.8% pre evisceración, 0.4% previo al cuarto frío y 0.04% en enfriamiento (Narvaez-Bravo *et al.* 2013).

De igual manera se han realizado estudios para evaluar la eficiencia de intervenciones antimicrobianas. (Arthur *et al.* 2004) evaluaron la eficiencia de estas intervenciones en la prevalencia de *Escherichia coli* O157:H7 en pieles y canales de res en dos plantas comerciales. Cinco puntos fueron evaluados desde la entrada del animal a procesamiento hasta la salida de la canal del cuarto de enfriamiento. En pieles se encontró el 76% de muestras positivas para este patógeno, en la etapa final no se encontró *Escherichia coli* O157:H7. Se encontró que existe una relación positiva entre la incidencia en pieles y las muestras en pre evisceración. También, se evaluó aerobios totales y enterobacterias (Arthur *et al.* 2004).

El monitoreo de *Salmonella* y *Escherichia coli* O157:H7 resulta ser importante para asegurar la inocuidad de los productos a ser comercializados. Maradiaga (2012) indicó que aunque las intervenciones utilizadas y buenas prácticas en ambas plantas lograron reducir a cero la incidencia de *Salmonella* hay un problema de inocuidad en productos cárnicos comercializados en Honduras. Debido a esta situación es necesario evaluar la prevalencia de ambos microorganismos en diferentes puntos de las plantas procesadoras; y tomar medidas al respecto.

Basados en la problemática descrita anteriormente, se definieron los siguientes objetivos:

- Realizar un diagnóstico de la prevalencia para los dos microorganismos patógenos de interés presentes en canales de res en la planta de cárnicos Zamorano.
- Revisar cumplimiento de la planta de cárnicos con la nueva guía de peligros y controles de carne y aves de corral emitida por el Servicio de inspección e inocuidad alimentaria del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América publicada en marzo 2018.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis microbiológicos.

Muestreo canales. Se realizó el muestreo microbiológico de canales de res en la planta de industrias cárnicas Zamorano para: *Salmonella*, *Escherichia coli* O157 y microorganismos indicadores (*Escherichia coli* genérica y coliformes). Se determinó un tamaño de muestra de dieciocho canales de res para *Salmonella* y microorganismos indicadores, y en el caso de *Escherichia coli* O157 se determinó un tamaño de once canales. Estos tamaños de muestras se determinaron basado en una incidencia de 7.8% *Salmonella* y 4.3% *Escherichia coli* O157:H7 en canales de res en el área de cosecha (Maradiaga 2012; Narváez-Bravo *et al.* 2013). El tamaño de la población de reses cosechadas en 2017 fue de 220 y un 90% de confiabilidad. Se utilizó la ecuación 1 para la determinación del tamaño de muestra:

$$n = \frac{Z^2 \times P \times Q \times N}{Ne^2 + Z^2 \times P \times Q} \quad [1]$$

Donde:

Z= Nivel de confianza

P= Incidencia del microorganismo

Q=Proporción esperada de ausencia del microorganismo

N= Tamaño de la población

e= Error

El muestro se llevó acabo en diferentes puntos del área de cosecha mediante la técnica de hisopado. En el caso de los microorganismos patógenos se monitoreo en tres puntos: piel antes de remoción, canales previas a evisceración y canales posterior a intervención antimicrobiana con ácido acético al 2.5%. Los microorganismos indicadores fueron evaluados en cinco puntos: piel antes de remoción, previo a evisceración, posterior a evisceración, posterior a intervención antimicrobiana y en cuarto de enfriamiento 24 horas posterior a la cosecha.

Los puntos de muestreo en la canal se determinaron siguiendo las regulaciones del FSIS (Food Safety and Inspection System por sus siglas en inglés). Estos puntos fueron: falda, pecho y pierna (FSIS 2018b). Previo al muestreo, se tomó una gasa estéril y se humedeció con 10 ml de búfer de fosfato en una bolsa estéril (USDA 2015, 2017). Usando una plantilla de aluminio estéril de 10 cm x 10 cm, se colocó en la parte de la canal a ser muestreada comenzando en la pierna. Se colocó la plantilla y se procedió con la gaza a realizar los pases. Se hicieron un total de 10 pases verticales y 10 pases horizontales. Con la misma esponja del lado contrario se efectuó la misma cantidad

de pases tanto en la falda como en el pecho, de esta manera se obtuvo 300 cm². Una vez se tomaron los tres puntos con la esponja, esta fue colocada en la bolsa estéril, se tomó la temperatura y se rotuló debidamente. Se depositó en un contenedor con gel refrigerante, para posteriormente realizar el análisis en el laboratorio (FSIS 2018b). Todas las muestras tomadas una vez colocadas en el contenedor refrigerado fueron llevadas al laboratorio de microbiología de alimentos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano (LMAZ).

Preparación muestras. Una vez que las muestras fueron trasladadas al LMAZ se procedió a su preparación. A las muestras identificadas para microorganismos indicadores se les adicionaron 15 ml de búfer fosfato para llevarlo a un volumen total de 25 ml, siendo esta la dilución 10⁰. Estas muestras una vez con el volumen completo fueron procesadas para posteriormente realizar la técnica de vaciado en placa.

El medio de pre enriquecimiento utilizado para microorganismos patógenos fue 3M Buffered Peptone Water ISO (3M BPW ISO). A las muestras de *Escherichia coli* O157 con 10 ml de búfer de fosfato y esponja, se le adicionaron 50 ml de 3M BPW ISO; con ayuda de una probeta; para llevarlo a una relación de 1:5 (USDA 2015). Posterior a este pre enriquecimiento las muestras fueron incubadas a 41.5 ±1 °C (Incubadora Fisher Scientific 13986127G) de 8-24 horas (3M Food Safety 2011). A las muestras de *Salmonella* con 10 ml de búfer de fosfato y esponja, se le adicionó 50 ml de Buffered Peptone Water ISO (3M BPW ISO) con el propósito de llevarlo a una relación de 1:5 (USDA 2017). Posterior a esto se prosiguió a la incubación de las muestras a 37 ±1 °C (Incubadora Thermo Scientific 6850) de 18-24 horas (3M Food Safety 2011).

Una vez transcurrido el tiempo de incubación de los microorganismos patógenos se procedió a realizar muestras compuestas. Se tomó 1 ml con una pipeta estéril y se transfirió a un frasco estéril; se realizó el mismo procedimiento con las otras muestras. Una vez que se colocó 1 ml de cada muestra se le adicionó 5 ml de 3M BPW ISO a cada una para mantener la relación de 1:5 (USDA 2015, 2017). Estas fueron incubadas a las temperaturas y tiempos pertinentes para ambos microorganismos anteriormente mencionados. Las muestras utilizadas pertenecían al mismo punto (remoción de piel, pre evisceración o post evisceración) con diferentes canales.

***Escherichia coli* y coliformes.** Se preparó el medio de cultivo para posteriormente realizar la técnica de vaciado en placa para el conteo de los microorganismos. Para esto se utilizaron dos tipos de medio de cultivo: Agar Bilis Rojo violeta y Agar Bilis Rojo violeta 4-metilumbeliferil- β- D- glucurónido (MUG). Los platos Petri fueron tapados y colocados en incubación a 35 ±1 °C durante 24 horas.

***Escherichia coli* O157 y *Salmonella*.** Una vez que las muestras compuestas fueron retiradas de la incubadora se prosiguió con el respectivo análisis mediante 3M Molecular Detection Sytem (3M MDS) (Bird *et al.* 2013).

Revisión Guía de peligros y controles de carne y aves de corral

Se realizó una revisión del área de cosecha desde los corrales de espera para animales hasta el área de enfriamiento basado en la “Guía de peligros y controles de carne y aves de corral” (FSIS 2018). El FSIS desarrolló esta guía como una herramienta para evaluar diferentes aspectos que están relacionados con establecimientos de carne y aves de corral, con la finalidad de identificar lo que les permita sustentar las decisiones en el análisis de peligros cuando se realiza la verificación de este. Esta guía describe los procesos habituales usados en plantas de procesamiento para cosecha de cerdos, aves y reses; y menciona los principales peligros físicos, químicos y biológicos; así como también los controles y medidas preventivas para cada punto de procesamiento en específico. La guía es útil para realizar análisis de peligros, sustentar decisiones sobre inocuidad y realizar modificaciones posterior a la reevaluación, en caso de que en las plantas donde se efectuó ya tengan un sistema HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) (FSIS 2018a).

La revisión de esta guía se basó en una serie de preguntas generales de verificación y adicionalmente interrogantes de verificación específicas para cada punto evaluado durante esta etapa. Los puntos evaluados fueron: área de recibo y espera de animales, aturdimiento-sangrado y remoción de piel, remoción de cabeza y amarrado de esófago, evisceración, procesamiento de restos comestibles, intervención antimicrobiana y lavado final, y enfriado. La intención con estas interrogantes es proporcionar un pensamiento analítico en la toma de decisiones en el análisis de riesgo (FSIS 2018a).

A cada pregunta se le asignó un puntaje dependiendo del nivel de cumplimiento del área de procesamiento; siendo 0 cuando no aplica la interrogante, 25 cuando es deficiente, 50 con un cumplimiento parcial, 75 cuando es alto y 100 cuando se da un cumplimiento total. Basado en este puntaje se determinó el porcentaje de cumplimiento para cada área, y de manera general del área de cosecha para cada tipo de pregunta.

Análisis estadístico.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco tratamientos (puntos de muestreo) y 18 repeticiones (canales de res) para microorganismos indicadores. Se realizó una separación de medias TUKEY, a través del Statistical Analysis Software (SAS versión 9.4). Los resultados de los microorganismos patógenos se analizaron a través de una prueba de Q de Cochran para evaluar si existen diferencias en la prevalencia de ambos microorganismos en los tres puntos muestreados, usando el programa estadístico SPSS versión 15.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presenta la distribución de coliformes totales y *Escherichia coli* genérica en el área de cosecha, en diferentes puntos de procesamiento. La piel de los animales (posterior al exanguinado) exhibió el mayor conteo de coliformes con 4.08 log UFC/300 cm² sin diferencias ($P > 0.05$) con la post evisceración. La media de coliformes en la pre evisceración fue de 3.08 log UFC/300 cm²; siendo similar a las muestras de post evisceración y enfriado. En post evisceración se evidenció una población de 3.59 log UFC/300 cm²; mientras que en post intervención se observó el menor valor con 2.04 log UFC/300 cm² siendo este no diferente en el enfriado. Las canales muestreadas en el enfriado presentaron una media de 2.61 log UFC/300 cm².

Cuadro 1. Conteo Coliformes y *E. coli* genérica (log UFC/300 cm²) en muestras de canales de res en diferentes etapas del proceso.

Punto de muestreo	Coliformes		<i>E. coli</i>	
	Media \pm D.E	CV (%)	Media \pm D.E	CV (%)
Piel antes de remoción	4.08 \pm 0.55 ^a	13.49	1.58 \pm 0.44 ^{ab}	27.97
Pre evisceración	3.08 \pm 0.71 ^{bc}	23.01	1.71 \pm 0.58 ^a	34.10
Post evisceración	3.59 \pm 0.47 ^{ab}	13.05	1.29 \pm 0.42 ^{bc}	32.68
Post intervención	2.04 \pm 0.76 ^d	37.45	1.18 \pm 0.29 ^c	24.59
Enfriado	2.61 \pm 0.72 ^{dc}	27.64	1.19 \pm 0.29 ^c	24.60

D.E: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

^{abc} Las medias con diferentes letras minúsculas para cada microorganismo indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Bacon *et al.* (2000) determinaron la población microbiológica en pieles de animales y canales de res en diferentes etapas en una planta de industrias cárnicas. Estos autores encontraron una población de coliformes totales de 6.0-7.9 log UFC/100 cm², los cuales fueron mayores a los encontrados en la presente investigación en las muestras de piel. En la etapa de pre evisceración (posterior a la remoción de piel) encontraron un rango de 3.0-6.0 log UFC/100 cm². Estos datos al igual que los encontrados en el presente estudio reflejan una contaminación proveniente de la fase previa (remoción de piel); esto debido a que el músculo de la canal es considerado estéril. Otro punto evaluado por Bacon *et al.* (2000) fue posterior a la aplicación de tratamientos antimicrobianos (ácidos orgánicos) pero antes de la entrada al cuarto frío. En esta etapa ellos obtuvieron un rango de 1.5-3.7 log UFC/100 cm²; en la etapa final del estudio los coliformes presentaron una población en el cuarto frío de 0.9-1.3 log UFC/100 cm² (Bacon *et al.* 2000). Es importante mencionar que

en dicho estudio diferentes intervenciones fueron utilizadas en diferentes etapas del proceso. McEvoy *et al.* (2004) evaluaron la prevalencia de coliformes y *Escherichia coli* genérica; así como también enterobacterias en una planta procesadora en Irlanda. Ellos muestrearon varios puntos a lo largo del proceso: después de la remoción de la piel, posterior a la evisceración, lavado y enfriado. En la primera etapa se encontró un conteo de 3.77 y 3.59 log UFC/cm² en la etapa posterior a evisceración; en ambas áreas solo el pecho era monitoreado. En el caso del lavado y enfriado se muestrearon dos partes de la canal, pecho y por dentro de la pierna. En el lavado se encontró 3.34 y 3.08 log UFC/cm²; mientras que posterior al enfriado 2.85 y 2.44 log UFC/cm² (McEvoy *et al.* 2004).

Sofos *et al.* (1999) muestrearon siete plantas procesadoras en dos épocas del año (seca y húmeda). En este estudio se encontró que las canales muestreadas presentaban mayor contaminación en la etapa de pre evisceración, en comparación con las dos etapas posteriores. En la pre evisceración se encontró que más del 75% presentaron conteo de coliformes <10¹ UFC/cm²; mientras que las etapas finales más del 90% de las canales tenían una población <10¹ UFC/cm². Sin embargo, en la etapa posterior al enfriado algunos conteos llegaron hasta 10⁵ UFC/cm² (Sofos *et al.* 1999).

En el caso de *Escherichia coli* genérica; como se puede observar en el Cuadro 1; el punto de pre evisceración resultó tener el mayor conteo de este microorganismo con 1.71 log UFC/300 cm² no siendo estadísticamente diferente con los de la muestra de piel. Sin embargo, difiere con el conteo de las canales en post evisceración 1.29 log UFC/300 cm². Las canales muestreadas en el área de enfriado y post intervención, 1.19 log UFC/300 cm² y 1.18 log UFC/300 cm² respectivamente; resultaron ser estadísticamente similares con las de post evisceración.

Bacon *et al.* (2000), también evaluaron la prevalencia de *Escherichia coli* genérica, encontrando una incidencia de este microorganismo en la piel de 5.5-7.5 log UFC/100 cm². Estos niveles fueron mayores en comparación con los encontrados en este estudio probablemente debido al lavado que se le realiza al animal posterior al aturdimiento, pero previo al exanguinado. Bacon *et al.* (2000) reportaron una población de 2.6-5.3 log UFC/100 cm² en pre evisceración. Posterior a la intervención con ácidos orgánicos pero previo a la entrada al cuarto frío tuvo una incidencia de 1.0-3.0 log UFC/100 cm²; en la etapa final posterior al enfriado reportaron una incidencia de 0.9 log UFC/100 cm² (Bacon *et al.* 2000).

Da Silva Pacheco *et al.* (2014), realizaron un estudio en una planta procesadora de cárnicos en Brasil en tres puntos del procesamiento: piel (posterior al aturdimiento, previo a la remoción de piel), pre eviscerado y previo al lavado final (post evisceración). En piel ellos reportaron una población de *E. coli* de 2.57 log UFC/100cm² (rango entre 0.31-5.07). Las variabilidades en las muestras en este punto fueron atribuidas a los diferentes orígenes de los animales, edad del animal, grado de suciedad en la piel y la raza del animal. En el segundo punto de muestreo encontraron una incidencia media de 0.46 log UFC/100 cm² (alcanzando hasta 2.42); estos resultados al igual que los resultados en el presente estudio indican una contaminación proveniente de la piel, basado en el principio que la canal es un músculo estéril. En el punto final se encontró una media de 0.40 log UFC/100cm² para *E. coli* (Da Silva Pacheco *et al.* 2014).

Antic *et al.* (2010) evaluaron la distribución de la microbiota en la piel de bovinos y como esta se transmite a la carne debido al contacto directo. En este estudio encontraron que todos los animales dieron positivo a la prueba de *Escherichia coli* genérica (40/40), y que el nivel de contaminación de la parte distal de la pierna (metacarpo) y el pecho presentaron los mayores niveles de contaminación en comparación al anca, cuello y la falda de la canal. Para *E. coli* no encontraron diferencias entre la edad de los animales, aunque ciertos estudios reflejaron que animales más jóvenes presentan mayores niveles de población. Adicionalmente Antic *et al.* (2010) no observaron diferencias en el grado de limpieza de los animales, contrario a lo que ciertos autores mencionan que a mayor grado de suciedad en la piel de los animales, mayor es la población de *E. coli*. En este estudio se menciona que *E. coli* presenta una tasa de contaminación de piel a carne del 10%.

Martínez-Chávez *et al.* (2015) evaluaron la prevalencia de *Escherichia coli* genérica en canales de res y productos cárnicos. Las plantas evaluadas no tenían un sistema de inocuidad implementado. *E. coli* presentó una prevalencia de $97 \pm 27\%$ (138/142) en las canales (posterior al lavado pero previo a la entrada al cuarto frío), con recuentos de $3.2 \pm 0.7 \log \text{ UFC}/300 \text{ cm}^2$. Los resultados presentados en dicho estudio indican que las plantas evaluadas presentaron un déficit en la prevención de la contaminación fecal en las canales de res (Martínez-Chávez *et al.* 2015).

La prevalencia de *Escherichia coli* O157 en los tres puntos de cosecha se observan en el Cuadro 2. Las muestras tomadas en piel reportaron un 90.90% de prevalencia (10/11). Mientras que en las canales en pre evisceración se encontró un 27.30% de muestras positivas (3/11). No se reportó prevalencia de *E. coli* O157 en las canales posterior al tratamiento con ácido acético al 2.5%; demostrando que este es efectivo en el control de este patógeno. Este microorganismo presenta un efecto que algunos autores han denominado “efecto cascada” durante el proceso de cosecha y procesamiento. Este es basado en que este microorganismo se encuentra presente en el tracto gastro intestinal de las reses. Las heces de los animales que contengan *E. coli* O157:H7 pueden ser transferidas a la piel, del mismo o de otros animales. Las heces que se transfieren a la piel pueden ser acarreadas a la canal durante el proceso de remoción de piel. Una vez en la canal, los cuchillos, sierras y cualquier artefacto usado durante el proceso de cosecha se convierte en un vector para transferir *E. coli* O157:H7 en diferentes productos cárnicos (Laury *et al.* 2009).

Cuadro 2. Prevalencia *Escherichia coli* O157 (presencia en 300 cm²) en muestras de canales de res en diferentes etapas del proceso.

Punto de muestreo	Positivos	Negativos	Porcentaje Positivos (%)
Piel antes de remoción	10	1	90.90
Pre evisceración	3	8	27.30
Post intervención	0	11	0.00

N=11

Q de Cochran: 15.80 Gl: 2 Significancia asintótica: .000

En México Narvaez-Bravo *et al.* (2013) desarrollaron un estudio para evaluar la prevalencia de *Salmonella* y *Escherichia coli* O157:H7; en una cadena vertical de “feedlot” y planta de procesamiento. En este estudio se muestrearon la piel de los animales; así como también en la pre evisceración, antes del enfriamiento y posterior a 24 horas de enfriamiento. De manera general, *Salmonella* presentó mayor prevalencia en comparación con *E. coli* O157:H7; siendo la prevalencia del último 11.7% en piel, 0.8% pre evisceración, 0.4% previo al cuarto de enfriamiento y 0.4% en el cuarto frío. A lo largo de las canales en el proceso se observó una reducción debido a las buenas prácticas del sistema de inocuidad de la planta; así como también a la aplicación de ácido láctico como intervención antimicrobiana (Narváez-Bravo *et al.* 2013).

Otro estudio realizado por Varela-Hernández *et al.* (2007) en México para determinar la incidencia de *Escherichia coli* O157:H7 en el cuarto frío al menos 12 horas posterior a la cosecha, reflejó una incidencia del 2.7% (7/258 canales). Los autores mencionan que la alta incidencia de este microorganismo en este estudio podría estar relacionada a la ausencia de una intervención antimicrobiana en el proceso. Además, indican que la variabilidad de este patógeno entre los diferentes estudios se puede dar a factores tales como los métodos utilizados para el muestreo y aislamiento del mismo, así como también la población en la cual este se encuentra (Varela-Hernández *et al.* 2007).

En Estados Unidos de América Arthur *et al.* (2004) evaluaron la prevalencia de *Escherichia coli* O157:H7 en diferentes etapas en una planta comercial procesadora de carne. En este estudio se encontró un 75.7% de incidencia de este patógeno en la piel; 14.7% en las canales en pre evisceración. Posterior a la evisceración, *E. coli* O157:H7 fue encontrada en el 3.8% de las canales y posterior a la intervención antimicrobiana (ácido láctico) se encontró en una sola canal (0.3%). No hubo prevalencia de este patógeno en las canales muestreadas posterior al enfriado (Arthur *et al.* 2004).

Debido a que la piel es la principal fuente de contaminación hacia la canal con microorganismos como *Escherichia coli* O157:H7, se han desarrollado estudios para evaluar cómo el depilado químico influye en la prevalencia de este microorganismo. Se desarrolló un estudio en donde los animales dentro del grupo de remoción de piel tradicional y los animales con el tratamiento (depilado químico) presentaron niveles de contaminación de 88 y 67% respectivamente. Sin embargo, se observó una gran diferencia en las canales en la pre evisceración donde las canales del depilado químico presentaron una prevalencia del 1% comparado con el 50% del grupo control (Nou *et al.* 2003). Otras estrategias que se han investigado para evaluar la reducción de *Escherichia coli* O157:H7 es el lavado de los animales previo a la cosecha. En este estudio se evaluó 1 y 3 minutos de lavado de los animales con manguera; así como también un control que no recibió lavado. Se encontró que únicamente el lavado de 3 minutos logró una reducción significativa en el conteo de dicho patógeno, aunque ambas (1 y 3 minutos) lograron remover toda la contaminación fecal. Sin embargo, el lavado no redujo el conteo entre la piel y la canal. Por otro lado, las canales con el lavado de 3 minutos no presentaron este microorganismo en tres de las cuatro áreas muestreadas en la canal, lo que indica que el lavado de los animales podría considerarse como un método de descontaminación (Byrne *et al.* 2000). En el Cuadro 3 se muestra la prevalencia de *Salmonella* en el área de cosecha.

Cuadro 3. Prevalencia *Salmonella* (presencia en 300 cm²) en muestras de canales de res en diferentes etapas del proceso.

Punto	<i>Salmonella</i> /300 cm ²		
	Positivos	Negativos	Porcentaje Positivos (%)
Piel antes de remoción	0	18	0.00
Pre evisceración	0	18	0.00
Post intervención	0	18	0.00

N=18

De las 18 canales evaluadas durante este estudio, no se encontró prevalencia de este microorganismo en ninguno de los tres puntos de procesamiento. Esto concuerda con los datos que posee la planta sobre la incidencia de *Salmonella* en los análisis que ha realizado durante el año 2018. El laboratorio de microbiología de alimentos de la universidad realizó muestreos de las canales en el área de enfriado en los meses de enero, febrero, marzo y abril; en los cuales no se detectó prevalencia de este microorganismo.

Este resultado de ausencia de *Salmonella* en los tres puntos de procesamiento hacen referencia a los datos obtenidos por Maradiaga (2012); quien encontró una baja incidencia de *Salmonella* en plantas de procesamiento en Honduras. En este estudio se encontró una prevalencia general (piel, pre evisceración y post evisceración; 2 plantas de procesamiento) de 7.9%; siendo en la planta 1 (Catacamas) de 10% y la planta 2 (Siguatepeque) 3.9%. En ambas plantas no se encontró prevalencia de *Salmonella* en la etapa de post evisceración (Maradiaga 2012).

Los bajos niveles o ausencia de *Salmonella* en las muestras se pueden explicar de diversas maneras. Da Silva Pacheco *et al.* (2014) indican que bajos niveles se puede deber a diferentes orígenes de los animales cosechados. El cual no aplica en el caso de este estudio debido a que todas las canales muestreadas provenían de animales de las unidades de ganado lechero (33.33%) y ganado de carne (66.67%). También mencionan que animales provenientes de ganaderías extensivas, presentan niveles bajos de contaminación; esto debido al poco contacto que hay entre animales. En el caso de los animales de ambas unidades ya se encontraban en pastoreo por lo que el contacto es mucho menor en comparación a cuando se encuentran estabulados. Otros factores mencionados por el autor es el tipo de alimentación de los animales, transporte y el ambiente (Da Silva Pacheco *et al.* 2014).

En cuanto al ambiente se ha demostrado que la época del año si presenta un efecto en la prevalencia de *Salmonella* y *Escherichia coli* O157:H7. Barkocy-Gallagher *et al.* (2003) indican que durante el invierno se encuentran los niveles más bajos de *Escherichia coli* O157:H7 al igual que para *Salmonella*. Esta tendencia se mantiene en la etapa de pre evisceración, con la variante de que la primavera presenta niveles bajos al igual que el invierno para el caso de *Salmonella*. En cuanto a la post intervención *Salmonella* no presentó diferencias a lo largo del año, sin embargo *E. coli* O157:H7 presentó los niveles más bajos en invierno (Barkocy-Gallagher *et al.* 2003). Es debido a este factor la importancia de monitorear la prevalencia de este microorganismo a lo largo del año; en época de verano e invierno.

Los factores anteriormente mencionados hacen referencia a la prevalencia de *Salmonella* debido al ingreso de este patógeno teniendo a los animales como medio de transporte, y como esta se encuentra en las diferentes etapas del procesamiento. Martínez-Chávez *et al.* (2015) indican que altas prevalencias de *Salmonella* en muestras cárnicas (canales de res, trozos de carne y carne molida) están relacionadas con mala aplicación o incumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), ausencia de Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES), o bien que no posean un sistema de inocuidad alimentaria como es el caso del HACCP (Martínez-Chávez *et al.* 2015).

En el cuadro 4 se presenta los resultados obtenidos a los cuestionarios (preguntas generales y específicas) del USDA FSIS que se realizó en cada etapa de cosecha. El área de recibimiento y espera de animales es la que presentó menor grado de cumplimiento respecto a las preguntas generales (47.22% parcial). Esto principalmente debido a que no posee un programa pre-requisito en esta área; así como también no puede demostrar que los peligros no son probables. Esta área no posee una validación de métodos de control, medidas preventivas y programas pre requisitos. El área de recibimiento y espera de animales al igual que todas las etapas posee los equipos e instalaciones, limpias y en buenas condiciones; sin embargo, esta etapa y todas las del área de cosecha no poseen información que indiquen una re-evaluación de peligro o del sistema HACCP. Referente a las preguntas específicas, esta área (recibimiento y espera de animales) presenta deficiencia en que no implementa estrategias pre cosecha para reducir la cantidad de patógenos entrantes. Tampoco existe un sistema que permita clasificar a los animales dado el grado de suciedad antes de entrar a planta. Por otro lado, debido a que la planta no ha tenido problema con infractores, no posee un listado de estos para prestarle especial atención.

Cuadro 4. Cumplimiento del área de cosecha basado en la “Guía de peligros y controles de carne y aves de corral”.

Área	Porcentaje Cumplimiento Preguntas Generales (%)	Porcentaje Cumplimiento Preguntas Específicas (%)
Recibimiento y espera de animales	47.22	75.00
Aturdimiento y remoción de piel	52.78	62.50
Remoción de cabeza y amarrado de esófago	61.11	75.00
Evisceración	72.22	100.0
Procesamiento de restos comestibles	66.67	45.83
Intervención antimicrobiana	77.50	90.00
Enfriado	77.78	81.25
Porcentaje Cumplimiento General	65.04	75.65

El área de aturdimiento y remoción de piel cuenta con un 52.78% de cumplimiento (alto) para las preguntas generales y 62.50% (alto) para las preguntas específicas. Este al igual que todas las áreas dentro de la documentación no poseen información que indique una re-evaluación del plan HACCP. De igual manera esta etapa no puede demostrar que los peligros contemplados en el análisis de peligros no son probables y no posee una validación de los métodos de control, medidas preventivas y programas pre requisitos. También, esta etapa no posee un POES definido. Aunque posee formatos en donde se considera la hora de aturdimiento no posee registros de limpieza. En cuanto a las preguntas específicas esta etapa no usa armas de fuego, así como tampoco usa tratamientos antimicrobianos. La contaminación que se pudiera dar en esta etapa debido al contenido del tracto digestivo no es abordada dado que no posee medidas preventivas. En etapas posteriores se da el amarrado de esófago lo cual ayuda a prevenir este tipo de contaminación.

El grado de cumplimiento 61.11% (alto) y 75.00% (alto) en el área de remoción de cabeza y amarrado de esófago, para las preguntas generales y específicas, respectivamente. En esta etapa no se puede demostrar que los peligros descritos en el análisis de peligro no son probables, así como tampoco posee una validación de los métodos de control, medidas preventivas y programas pre-requisitos. Sobre los procedimientos mencionados en el HACCP no son cumplidos en su totalidad, se está realizando un lavado, pero la revisión de contaminación de materia orgánica no se está dando efectivamente. Esta etapa no cuenta con un tratamiento antimicrobiano.

En cuanto al área de evisceración fue la que mayor grado de cumplimiento posee en cuanto a preguntas específicas (100% total). Esto debido a que posee procedimiento bien establecidos para abordar la contaminación incidental y cruzada. Así como también realiza una desinfección oportuna de cuchillos y equipos, con el propósito de disminuir el riesgo de contaminación. El diseño de la planta también juega un papel importante, debido a que permite que el movimiento de las canales se produzca en una manera que no exista contaminación entre canales. Sin embargo, no tiene validación de los métodos, así como tampoco puede demostrar que los peligros no son probables.

El área de procesamiento de restos comestibles posee un grado de cumplimiento en cuanto a preguntas generales de 66.67% (alto). En esta etapa la planta no puede demostrar que el peligro es probable; así como tampoco hay una validación de medidas preventivas, métodos de control y programas pre-requisitos. En preguntas específicas es el área con el menor grado de cumplimiento (45.83% parcial); esto se debe a que no tiene procedimientos que aborden la contaminación incidental o cruzada. En esta etapa es monitoreada la temperatura mas no el tiempo de estos productos a esas temperaturas. De igual manera no posee datos que demuestren que los productos estarían en la zona de peligro para el crecimiento de bacterias (48.89 a 26.67 °C) durante más de 1 hora.

La intervención antimicrobiana es realizada con ácido acético al 2.5%. Esta etapa posee un 77.50% (total) grado de cumplimiento. Esta etapa posee registros de concentración del ácido, mas no un registro sobre las temperaturas a las cuales este es aplicado. Existen otros parámetros críticos relacionados con la aplicación del ácido tales como: cobertura de aplicación y pH; los cuales no son documentados. La planta realiza pruebas microbiológicas, pero de microorganismos indicadores; no considerando los

microorganismos patógenos. En cuanto a preguntas específicas se obtuvo 90.00% (total) de cumplimiento.

El enfriado presenta el mayor grado de cumplimiento referente a las preguntas generales (77.78% total); la validación de esta etapa es parcial y se produce ocasionalmente por la LANAR (laboratorio nacional de análisis de residuos). La planta no puede demostrar que los peligros en esta etapa no son probables. Relacionado con las preguntas específicas (81.25% total); las temperaturas son monitoreadas mas no el tiempo. Se tiene un tiempo estándar, pero este tiempo para lograr las temperaturas deseadas podría variar dependiendo de la cantidad de canales en el cuarto de enfriamiento.

De manera general, la planta presenta un mayor grado de cumplimiento en cuanto a preguntas específicas 75.65% (total), en comparación a las preguntas generales 65.04% (alto). El área de recibimiento y espera de animales, y el procesamiento de restos comestibles fueron las áreas con menores grados de cumplimiento. Las preguntas realizadas en este estudio funcionan como un ejemplo de las preguntas que generalmente son utilizadas por los directivos del FSIS cuando verifican el cumplimiento normativo (FSIS 2018a).

4. CONCLUSIONES

- *Escherichia coli* O157 se encuentra presente en la piel de los animales provenientes de las unidades de ganado lechero y carne, lo cual sugiere que los animales pudieron ser el medio de transporte de este microorganismo para su ingreso en la planta y contaminación de la canal y el ambiente de trabajo.
- La intervención con ácido acético está cumpliendo su función antimicrobiana de controlar la presencia *Escherichia coli* O157 en la canal de res.
- *Salmonella* no representa un peligro de contaminación en la piel y en las canales de res, ya que los controles preventivos efectuados por la planta están produciendo un efecto en el control de este microorganismo.
- Diversos puntos del área de cosecha carecen de información completa o de registros que sustenten las actividades que se llevan a cabo. Existe una necesidad de validación de los métodos de control, medidas preventivas y de los programas pre requisitos que la planta posee.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar la prevalencia de *Escherichia coli* O157 y *Salmonella* en la época seca y comparar la prevalencia con la estación lluviosa.
- Realizar otro estudio para la prevalencia de *Salmonella* en toda la canal (7,000 cm²). En el caso de *Escherichia coli* productora de toxina shiga ampliar el muestreo a N60 y buscar los 7 serotipos de STEC.
- Realizar cuantificación de la población de *Escherichia coli* O157 y *Salmonella* para determinar la contaminación transferida de un punto a otro.
- Implementar estrategias a nivel del eslabón productivo en las unidades de ganado lechero y ganado de carne para reducir la presencia de *E. coli* O157 previo a su envío a la planta.
- Implementar estrategias pre-cosecha en el área de recibimiento y espera de animales con el propósito de reducir la carga microbiana y de patógenos entrantes a la planta de cárnicos.
- Elaboración de documentación y registros asociados a la limpieza y sanitización en las áreas que se demostraron carentes de estos.

6. LITERATURA CITADA

3M Food Safety. 2011. Sistema 3M™ de detección molecular de patógenos. Puro y simple. Minnesota, MN.

Antic D, Blagojevic B, Ducic M, Nastasijevic I, Mitrovic R, Buncic S. 2010. Distribution of microflora on cattle hides and its transmission to meat via direct contact. *Food Control*. 21(7):1025–1029. doi:10.1016/j.foodcont.2009.12.022.

Arthur T, Bosilevac J, Nou X, Shackelford S, Wheeler T, Kent M, Pauling B, Allen D, Koohmaraie M, Jaroni D. 2004. *Escherichia coli* O157 prevalence and enumeration of aerobic bacteria, enterobacteriaceae, and *Escherichia coli* O157 at various steps in commercial beef processing plants. *Journal of Food Protection*; [consultado 2018 jun 22]. 67(4):658–665.

Arthur T, Bosilevac JM, Nou X, Shackelford SD, Wheeler TL, Kent MP, Jaroni D, Pauling B, Allen DM, Koohmaraie M. 2004. *Escherichia coli* O157 prevalence and enumeration of aerobic bacteria, Enterobacteriaceae, and *Escherichia coli* O157 at various steps in commercial beef processing plants. *Journal of Food Protection*. 67(4):658–665. eng.

Bacon RT, Belk KE, Sofos JN, Clayton RP, Reagan JO, Smith GC. 2000. Microbial Populations on Animal Hides and Beef Carcasses at Different Stages of Slaughter in Plants Employing Multiple-Sequential Interventions for Decontamination. *Journal of Food Protection*. 63(8):1080–1086. doi:10.4315/0362-028X-63.8.1080.

Barkocy-Gallagher GA, Arthur TM, Rivera-Betancourt M, Nou X, Shackelford SD, Wheeler TL, Koohmaraie M. 2003. Seasonal prevalence of Shiga toxin-producing *Escherichia coli*, including O157:H7 and non-O157 serotypes, and *Salmonella* in commercial beef processing plants. *Journal of Food Protection*. 66(11):1978–1986. eng.

Bird P, Fisher K, Boyle M, Huffman T, Benzinger J, Bedinghaus P, Flannery J, Crowley E, Agin J, Goins D. 2013. *Salmonella* in selected food 3M molecular detection assay (MDA) *Salmonella* for detection of *Salmonella* in selected food: Collaborative study. *Journal of AOAC International*; [consultado 2018 jun 24]. 96(6). <https://multimedia.3m.com/mws/media/9138980/3m-molecular-detection-assay-salmonella-aoac-article-2013.pdf>.

Byrne CM, Bolton DJ, Sheridan JJ, McDowell DA, Blair IS. 2000. The effects of preslaughter washing on the reduction of *Escherichia coli* O157: H7 transfer from cattle hides to carcasses during slaughter. *Lett Appl Microbiol*. 30(2):142–145. doi:10.1046/j.1472-765x.2000.00689.x.

Center for Disease Control and Prevention. 2017. Surveillance for Foodborne Disease Outbreaks, United States, 2015, Annual Report. Atlanta, Georgia. US Department of Health and Human Services. https://www.cdc.gov/foodsafety/pdfs/2015FoodBorneOutbreaks_508.pdf.

Da Silva Pacheco FF, Horvath MB, Silveira JG, Pieta L, Tondo EC. 2014. Occurrence of *Salmonella* spp. and generic *Escherichia coli* on beef carcasses sampled at a Brazilian slaughterhouse. *Braz J Microbiol.* 45(1):17–23. eng. doi:10.1590/S1517-83822014005000037.

Etcheverría AI, Padola NL, Sanz ME, Polifroni R, Krüger A, Passucci J, Rodríguez EM, Taraborelli AL, Ballerio M, Parma AE. 2010. Occurrence of shiga toxin-producing *E. coli* (STEC) on carcasses and retail beef cuts in the marketing chain of beef in Argentina. *Meat Sci*; [consultado 2018 jun 16]. 86(2):418–421. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2010.05.027.

FSIS. 2018a. Meat and poultry hazards and control guide. College Station Road Athens, GA: USDA; [consultado 2018 jul 2]. https://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/3cd0a6a5-fcff-4809-a298-030f3cd711a9/Meat_and_Poultry_Hazards_Controls_Guide_10042005.pdf?MOD=AJPERES.

FSIS. 2018b. Sampling requirements to demonstrate process control in slaughter operations. College Station Road Athens, GA: USDA; [consultado 2018 sep 5]. https://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/0b0fb57d-c23d-4b26-913e-499dd99aca86/26_IM_Sampling_Requirements.pdf?MOD=AJPERES.

Koohmaraie M, Arthur TM, Bosilevac JM, Guerini M, Shackelford SD, Wheeler TL. 2005. Post-harvest interventions to reduce/eliminate pathogens in beef. *Meat Sci*; [consultado 2018 jun 22]. 71(1):79–91. doi:10.1016/j.meatsci.2005.03.012.

Laury A, Echeverry A, Brashears M. 2009. Fate of *Escherichia coli* O157:H7 in Meat. En: Toldrá F, editor. *Safety of Meat and Processed Meat*. New York, NY: Springer New York. p. 31–53.

Maradiaga M. 2012. Baseline of *Salmonella* prevalence in retail beef and produce from Honduras and Mexico [Master of sciences]. Texas, Estados Unidos: Texas Tech University. 1-95 p; [consultado 2018 jun 23]. <https://ttu-ir.tdl.org/ttu-ir/bitstream/handle/2346/47029/MARADIAGA-THESIS.pdf%3Bsequence=1>.

Martínez-Chávez L, Cabrera-Díaz E, Pérez-Montaña JA, Garay-Martínez LE, Varela-Hernández JJ, Castillo A, Lucia L, Ávila-Novoa MG, Cardona-López MA, Gutiérrez-González P, et al. 2015. Quantitative distribution of *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* on beef carcasses and raw beef at retail establishments. *Int J Food Microbiol.* 210:149–155. eng. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2015.06.016.

McEvoy JM, Sheridan JJ, Blair IS, McDowell DA. 2004. Microbial contamination on beef in relation to hygiene assessment based on criteria used in EU Decision 2001/471/EC. *Int J Food Microbiol.* 92(2):217–225. eng. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2003.09.010.

Narvaez-Bravo C, Miller MF, Jackson T, Jackson S, Rodas-Gonzales A, Pond K, Echeverry A, Brashears MM. 2013. *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 prevalence in Cattle and on Carcasses in a Vertically Integrated Feedlot and Harvest Plant in Mexico. *Journal of Food Protection*; [consultado 2018 jun 23]. 76(5):786–795. doi:10.4315/0362-028X.JFP-12-079.

Nastasijevic I. 2011. STEC O157 in the beef chain - risk assessment and management. *CAB Reviews*; [consultado 2018 jun 21]. 6(061):1–19. doi:10.1079/PAVSNR20116061.

Nou X, Rivera-Betancourt M, Bosilevac JM, Wheeler TL, Shackelford SD, Gwartney BL, Reagan JO, Koohmaraie M. 2003. Effect of chemical dehairing on the prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 and the levels of aerobic bacteria and enterobacteriaceae on carcasses in a commercial beef processing plant. *Journal of Food Protection*. 66(11):2005–2009. eng.

Rivera-Betancourt M, Shackelford S, Terrance A, Westmoreland K, Bellinger G, Rossman M, Reagan J, Koohmaraie M. 2004. Prevalence of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella* in Two Geographically Distant Commercial Beef Processing Plants in the United States. *Journal of Food Protection*; [consultado 2018 jun 21]. 67(2):295–302.

Sofos JN, Kochevar SL, Bellinger GR, Buege DR, Hancock DD, Ingham SC, Morgan JB, Reagan JO, Smith AC. 1999. Sources and Extent of Microbiological Contamination of Beef Carcasses in Seven United States Slaughtering Plants. *Journal of Food Protection*. 62(2):140–145. doi:10.4315/0362-028X-62.2.140.

USDA. 2015. Detection, isolation and identification of *Escherichia coli* O157:H7 from meat products and carcass and environmental sponges. College Station Road Athens, GA: [sin editorial]; [consultado el 22 de jun. de 2018]. 1-15.

USDA. 2017. Isolation and identification of *Salmonella* from meat, poultry, pasteurized egg, and siluriformes (Fish) products and carcass and environmental sponges. College Station Road Athens, GA: [sin editorial]; [consultado el 22 de jun. de 2018]. 1-20.

Varela-Hernández JJ, Cabrera-Díaz E, Cardona-López MA, Ibarra-Velázquez LM, Rangel-Villalobos H, Castillo A, Torres-Vitela MR, Ramírez-Alvarez A. 2007. Isolation and characterization of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157:H7 and non-O157 from beef carcasses at a slaughter plant in Mexico. *Int J Food Microbiol*. 113(2):237–241. eng. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2006.06.028.

7. ANEXOS

Anexo 1. Recuento coliformes totales y *Escherichia coli* genérica en diferentes unidades.

Punto	Coliformes totales			<i>E.coli</i> genérica
	Log UFC/100cm ²	Log UFC/cm ²	UFC/cm ²	Log UFC/100cm ²
Piel antes de remoción	3.60	1.60	40.0	1.10
Pre evisceración	2.60	0.60	4.0	1.23
Post evisceración	3.11	1.11	12.9	0.81
Post intervención	1.56	-0.43	0.3	0.70
Enfriado	2.13	0.13	1.3	0.71

Anexo 2. Escala utilizada para llenar las preguntas específicas y generales de la guía del FSIS.

Detalle	Puntaje	Comentario
Total	75-100	Posee documentación y hace uso de esta, en caso que la documentación aplique a la interrogante. Posee esta actividad contemplada en el funcionamiento de la planta y está bien definida en sus procedimientos.
Alto	50-75	Posee documentación en caso que aplique a la interrogante. Realiza esta actividad, pero no está bien definida dentro del procedimiento.
Parcial	25-50	Documentación incompleta en caso que aplique a la interrogante. Los procedimientos que se realizan no están definidos y son escasos de información, su realización es deficiente. Solo aplica la mitad de lo que indica la interrogante.
Deficiente	0-25	No posee documentación en caso que aplique a la interrogante. No realiza los procedimientos que se indican en la interrogante.
No Aplica	0	No aplica esta interrogante.

Anexo 3. Resultados preguntas generales aplicadas a las diferentes etapas del área de cosecha.

Recibimiento y espera de animales.		
Porcentaje de cumplimiento	47.22	
Pregunta	Puntaje	Comentario
¿Es este un punto crítico?	0	
¿Posee la planta este proceso en el flujo de proceso y análisis de peligro?	75	Se está dando de forma parcial.
¿Posee la planta un programa pre requisito que guie esta etapa?	25	Incluir un programa pre-requisito; se realiza limpieza de corrales, pero no está estipulado como un POES.
¿Tiene la planta identificada cualquier peligro en esta etapa?	100	
¿Puede la planta demostrar que el peligro es no probable?	25	
¿Valido la planta los métodos de control, incluyendo medidas preventivas y el programa pre requisito para este peligro?	25	
¿Está la planta siguiendo todos los procedimientos identificados en el análisis de peligro?	50	Parcial.
¿Mantiene la planta un registro asociado a esta etapa?	25	
¿Estos registros contienen información que indique una re-evaluación del análisis de peligro o plan HACCP necesario?	25	
¿Es el equipo usado limpiado, sanitizado y en buenas condiciones?	75	Evaluar otras estrategias de sanitización en los corrales.

Aturdimiento y remoción de cabeza.		
Porcentaje de cumplimiento	52.78	
Pregunta	Puntaje	Comentario
¿Es este un punto crítico?	0	
¿Posee la planta este proceso en el flujo de proceso y análisis de peligro?	100	
¿Posee la planta un programa pre requisito que guie esta etapa?	25	
¿Tiene la planta identificada cualquier peligro en esta etapa?	100	
¿Puede la planta demostrar que el peligro es no probable?	25	
¿Valido la planta los métodos de control, incluyendo medidas preventivas y el programa pre requisito para este peligro?	25	
¿Está la planta siguiendo todos los procedimientos identificados en el análisis de peligro?	25	No posee POES.
¿Mantiene la planta un registro asociado a esta etapa?	50	La planta posee un formato donde se considera la hora en la cual el animal fue aturdido. Pero no posee registros de limpieza en esta etapa.
¿Estos registros contienen información que indique una re-evaluación del análisis de peligro o plan HACCP necesario?	25	
¿Es el equipo usado limpiado, sanitizado y en buenas condiciones?	100	

Remoción de cabeza y amarrado de esófago		
Porcentaje de cumplimiento	61.11	
Pregunta	Puntaje	Comentario
¿Es este un punto crítico?	0	
¿Posee la planta este proceso en el flujo de proceso y análisis de peligro?	100	
¿Posee la planta un programa pre requisito que guie esta etapa?	100	POE, sería bueno establecer un POES.
¿Tiene la planta identificada cualquier peligro en esta etapa?	100	
¿Puede la planta demostrar que el peligro es no probable?	25	
¿Valido la planta los métodos de control, incluyendo medidas preventivas y el programa pre requisito para este peligro?	25	
¿Está la planta siguiendo todos los procedimientos identificados en el análisis de peligro?	50	Se están lavando las canales, pero no se está dando eficientemente la revisión de contaminación con materia orgánica.
¿Mantiene la planta un registro asociado a esta etapa?	25	
¿Estos registros contienen información que indique una re-evaluación del análisis de peligro o plan HACCP necesario?	25	
¿Es el equipo usado limpiado, sanitizado y en buenas condiciones?	100	

Evisceración		
Porcentaje de cumplimiento	72.22	
Pregunta	Puntaje	Comentario
¿Es este un punto crítico?	0	
¿Posee la planta este proceso en el flujo de proceso y análisis de peligro?	100	
¿Posee la planta un programa pre requisito que guie esta etapa?	100	POE, POES.
¿Tiene la planta identificada cualquier peligro en esta etapa?	100	
¿Puede la planta demostrar que el peligro es no probable?	25	
¿Valido la planta los métodos de control, incluyendo medidas preventivas y el programa pre requisito para este peligro?	25	
¿Está la planta siguiendo todos los procedimientos identificados en el análisis de peligro?	100	
¿Mantiene la planta un registro asociado a esta etapa?	75	Establecer registros por actividad en el área de cosecha.
¿Estos registros contienen información que indique una re-evaluación del análisis de peligro o plan HACCP necesario?	25	
¿Es el equipo usado limpiado, sanitizado y en buenas condiciones?	100	

Procesamiento de restos comestibles		
Porcentaje de cumplimiento	66.67	
Pregunta	Puntaje	Comentario
¿Es este un punto crítico?	0	
¿Posee la planta este proceso en el flujo de proceso y análisis de peligro?	100	
¿Posee la planta un programa pre requisito que guie esta etapa?	100	POES de las actividades que se realizan en esta etapa.
¿Tiene la planta identificada cualquier peligro en esta etapa?	100	
¿Puede la planta demostrar que el peligro es no probable?	25	
¿Valido la planta los métodos de control, incluyendo medidas preventivas y el programa pre requisito para este peligro?	25	
¿Está la planta siguiendo todos los procedimientos identificados en el análisis de peligro?	100	
¿Mantiene la planta un registro asociado a esta etapa?	25	
¿Estos registros contienen información que indique una re-evaluación del análisis de peligro o plan HACCP necesario?	25	
¿Es el equipo usado limpiado, sanitizado y en buenas condiciones?	100	

Intervención antimicrobiana		
Porcentaje de cumplimiento	77.50	
Pregunta	Puntaje	Comentario
¿Es este un punto crítico?	100	
¿Posee la planta este proceso en el flujo de proceso y análisis de peligro?	100	
¿Posee la planta un programa pre requisito que guie esta etapa?	100	POE
¿Tiene la planta identificada cualquier peligro en esta etapa?	100	
¿Puede la planta demostrar que el peligro es no probable?	75	Realizan pruebas microbiológicas para microorganismos indicadores, pero no para patógenos.
¿Valido la planta los métodos de control, incluyendo medidas preventivas y el programa pre requisito para este peligro?	50	Realiza análisis microbiológico a las canales posterior a tratamiento con ácido acético.
¿Está la planta siguiendo todos los procedimientos identificados en el análisis de peligro?	100	
¿Mantiene la planta un registro asociado a esta etapa?	75	Posee un registro de la concentración del ácido, pero no se considera la temperatura de este al ser aplicado.
¿Estos registros contienen información que indique una re-evaluación del análisis de peligro o plan HACCP necesario?	25	
¿Es el equipo usado limpiado, sanitizado y en buenas condiciones?	100	

		Enfriado	
Porcentaje de cumplimiento	77.78		
Pregunta	Puntaje	Comentario	
¿Es este un punto crítico?	0		
¿Posee la planta este proceso en el flujo de proceso y análisis de peligro?	100		
¿Posee la planta un programa pre requisito que guie esta etapa?	100	POE	
¿Tiene la planta identificada cualquier peligro en esta etapa?	100		
¿Puede la planta demostrar que el peligro es no probable?	25		
¿Valido la planta los métodos de control, incluyendo medidas preventivas y el programa pre requisito para este peligro?	50	Ocasionalmente por la LANAR.	
¿Está la planta siguiendo todos los procedimientos identificados en el análisis de peligro?	100		
¿Mantiene la planta un registro asociado a esta etapa?	100		
¿Estos registros contienen información que indique una re-evaluación del análisis de peligro o plan HACCP necesario?	25		
¿Es el equipo usado limpiado, sanitizado y en buenas condiciones?	100		

Anexo 4. Resultados preguntas específicas aplicadas a las diferentes etapas del área de cosecha.

Recibimiento y espera de animales.		
Porcentaje de cumplimiento	75.00	
Pregunta	Puntaje	Comentario
¿Posee la planta estrategias de pre cosecha implementadas o programas de especificaciones de compras para considerar la carga del patógeno entrante a la planta?	25	
¿Cómo maneja la planta el mantenimiento y sanitización de corrales, rampas y pistas?	100	Realizan limpieza posterior a la cosecha. Donde se dispone de un espacio no delimitado para colocar las heces.
¿Posee la planta un sistema de puntuación u otras medidas (lavado de canales) para cantidades excesivas de lodo o heces presente en la piel de los animales entrante?	50	Se enjuagan los animales de manera general con agua. No posee un sistema de puntuación o clasificación de animales dependiendo del grado de suciedad.
¿Posee la planta procedimiento in situ para identificar animales sobre los 30 meses de edad?	100	Se posee información de edad por medio de la información provista por el proveedor. De igual manera se evalúa la madurez fisiológica por medio de los botones en las vértebras.
¿Cómo maneja la planta los animales no ambulatorios?	100	El asistente del inspector veterinario realiza una evaluación ante mortem para evaluar si se puede proceder a la cosecha o no.
¿Cómo asegura la planta que los residuos no están presente en los tejidos comestibles que sobre pasen los límites legales?	100	Apreciación visual y lavado
¿Supervisa la planta un listado de infractores reincidentes? ¿Cómo se maneja en la planta los animales recibidos los cuales provienen de infractores reincidentes?	25	A la fecha no se maneja un listado, pero como resultado de este estudio a futuro se establecerán a nivel del eslabón productivo acciones correctivas que de no cumplirse resultaran en

¿Posee el establecimiento procedimientos para restringir el movimiento de empleados de áreas sucias a áreas limpias?	100	denegación de aceptación de esos animales por parte de la planta. Cambio completo del equipo.
--	-----	--

Aturdimiento y remoción de piel		
Porcentaje de cumplimiento	62.50	
Pregunta	Puntaje	Comentario
¿Posee la planta procedimientos o controles para minimizar la contaminación incidental o cruzada a través del proceso de cosecha y procedimiento de remoción de piel?	100	Lavado de canales y esterilización de cuchillos.
¿El personal de la planta está desinfectando adecuadamente los cuchillos, guantes, y otros equipos?	75	
¿Elimina la planta la contaminación visible en la línea de corte?	100	
¿Usa la planta armas de fuego? ¿Son tomadas las medidas necesarias para abordar los riesgos físicos?	25	
¿Usa la planta tratamiento antimicrobiano en este punto? ¿Cómo supervisa y apoya el establecimiento su uso?	25	
¿Posee la planta medidas para evitar la contaminación del contenido del tracto digestivo o de materiales específicos que sean de alto riesgo?	50	Limpieza y esterilización de cuchillos, no obstante en algunas ocasiones cuando el animal se levanta después de aturdimiento regurgita parte del contenido estomacal sobre el piso; aun cuando tiene las 24 horas de descanso en los corrales.

Remoción de cabeza y amarrado de esófago.		
Porcentaje de cumplimiento	75.00	
Pregunta	Puntaje	Comentario
Si la planta usa un tratamiento antimicrobiano ¿Cómo monitorea y sostiene el uso de este?	25	
¿Posee la planta procedimientos de sanitización y prevención de contaminación cruzada durante la remoción de la cabeza?	100	Si contempla procedimientos de prevención de contaminación y sanitización.
¿Posee la planta medidas para evitar la contaminación del contenido del tracto digestivo o materiales de riesgo?	100	Amarrado del esófago.

Evisceración		
Porcentaje de cumplimiento	100.00	
Pregunta	Puntaje	Comentario
¿Posee la planta procedimientos o controles que aborden la contaminación incidental o cruzada durante el proceso de evisceración?	100	
¿Realiza el personal de la planta desinfección de cuchillos, guantes, y otros equipos con la frecuencia necesaria para evitar la contaminación cruzada?	100	
¿Se mueven las canales a lo largo del proceso de manera que no se contaminen las canales?	100	

Procesamiento de restos comestibles		
Porcentaje de cumplimiento	45.83	
Pregunta	Puntaje	Comentario
¿Posee la planta procedimientos o controles que aborden la contaminación incidental y cruzada durante la	25	

recolección de restos comestibles?		
¿Cómo aborda la planta la contaminación con materiales extraños en el sistema HACCP?	25	
¿Monitorea la planta el tiempo/temperatura durante el enfriamiento y almacenamiento de los productos con el fin de evitar la proliferación de bacterias patógenas?	50	Temperatura si, tiempo no.
En el caso que la planta no sigue el apéndice B o tiene otros datos de validación para el enfriamiento de productos de restos comestibles ¿Posee datos que demuestren que los productos estarían en la zona de peligro para el crecimiento de bacterias (48.80°C a 26.67°C)	25	No debido a que no se monitorea el tiempo.
¿Lleva acabo la planta pruebas microbiológicas para restos comestibles?	25	
¿Posee la planta procedimientos que aborden la remoción, segregación y disposición de tejidos incomedibles en productos no comestibles?	100	
En el caso que la planta use intervención antimicrobiana ¿Cómo es esta supervisada y apoyada por parte de la planta?	25	

Intervención antimicrobiana.		
Porcentaje de cumplimiento	90.00	
Pregunta	Puntaje	Comentario
¿Posee la planta una intervención final de lavado e intervención antimicrobiana en el sistema HACCP (plan HACCP, POES de	100	

saneamiento o pre requisito u otro programa?		
¿Cuenta el establecimiento con documentación de respaldo que permita identificar parámetros críticos de operaciones tales como la cobertura de aplicación, pH, temperatura y la concentración de la intervención?	50	Solo se toma en cuenta la concentración del ácido acético.
¿Está la intervención listada en Directive 7120.1 o 9 CFR 424.21?	100	
¿Monitorea la planta los parámetros operativos críticos durante la producción?	100	
¿Posee la planta procedimientos para monitorear y eliminar la contaminación visible de las canales previo a su ingreso al lavado?	100	

Enfriado		
Porcentaje de cumplimiento	81.25	
Pregunta	Puntaje	Comentario
¿Cómo incorpora la planta los procedimientos de refrigeración en el sistema HACCP (plan HACCP, POES de saneamiento, pre requisitos u otro programa)?	100	Inspección, limpieza, monitoreo y medición de temperatura en las canales.
¿Posee la planta soporte de validación para los parámetros de tiempo y temperatura?	75	
¿Monitorea la planta el tiempo y la temperatura durante el enfriamiento?	50	
¿Poseen las canales el espacio adecuado para permitir un enfriado adecuado?	100	