

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



**DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR *Escherichia coli*
EN CANALES DE CERDO SEGÚN EL PARÁMETRO ACEPTABLE,
DEL CÓDIGO DE REGULACIONES FEDERALES, EN UNA PLANTA
PROCESADORA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

SARA ELIZABETH VÁSQUEZ SICAY

MÉDICA VETERINARIA

GUATEMALA, MARZO DE 2020.

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



**DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR *Escherichia coli*
EN CANALES DE CERDO SEGÚN EL PARÁMETRO ACEPTABLE,
DEL CÓDIGO DE REGULACIONES FEDERALES, EN UNA PLANTA
PROCESADORA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD

POR

SARA ELIZABETH VÁSQUEZ SICAY

Al conferírsele el título profesional de

Médica Veterinaria

En el grado de licenciado

GUATEMALA, MARZO DE 2020.

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

DECANO:	M.A Gustavo Enrique Taracena Gil
SECRETARIO:	Dr. Hugo René Pérez Noriega
VOCAL I:	M. Sc. Juan José Prem González
VOCAL II:	Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta
VOCAL III:	Lic. Zoot. Alex Rafael Salazar Melgar
VOCAL IV:	Br. Luis Gerardo López Morales
VOCAL V:	Br. María José Solares Herrera

ASESORAS

M.V. KATTIA YOLANDA MORALES UREÑA

M.V. KAREN SOFÍA CALDERÓN BARRIOS

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:

DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR *Escherichia coli* EN CANALES DE CERDO SEGÚN EL PARÁMETRO ACEPTABLE, DEL CÓDIGO DE REGULACIONES FEDERALES, EN UNA PLANTA PROCESADORA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

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 estar conmigo en todo momento y darme la sabiduría y fuerza necesaria para cumplir esta meta.

A MIS PADRES:

Donaldo Vásquez y Lidia Sicay de Vásquez, por su gran amor y apoyo incondicional durante mi vida. Por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y valentía. Gracias por creer siempre en mí y motivarme a alcanzar mis sueños.

A MIS HERMANOS:

Engel y David, por su apoyo y compañía a través de los años y por brindarme palabras de ánimo en los momentos oportunos.

A MIS FAMILIARES:

Por sus muestras de apoyo en cada etapa de mi vida.

A MARLON CORZO:

Por ser una persona muy especial en mi vida, por su cariño y apoyo incondicional durante los últimos años y por siempre alentarme a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS:

**A LA UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE GUATEMALA:**

Especialmente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por la formación profesional recibida.

A LOS CATEDRÁTICOS:

Por todos los conocimientos y experiencias compartidas durante la carrera.

A MIS AMIGOS:

Por su valiosa amistad, apoyo y por todos los momentos compartidos tanto dentro como fuera de la vida universitaria.

**A MIS ASESORAS Y
EVALUADORAS:**

Por su tiempo, apoyo y dedicación brindada para la realización de este estudio.

**A LA PLANTA PROCESADORA
DE CERDOS:**

A la gerencia general y de producción, a todo el personal administrativo y colaboradores por su ayuda y amabilidad, pero sobre todo por la confianza depositada en mi persona para llevar a cabo esta investigación.

A:

Todas aquellas personas que de alguna u otra manera me apoyaron para culminar esta etapa de mi vida.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	OBJETIVOS	3
	2.1 General	3
	2.2 Específicos	3
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
	3.1 Género: <i>Escherichia</i>	4
	3.2 Clasificación	4
	3.3 Morfología y Características generales	4
	3.5 Epidemiología.....	6
	3.6 Patogénesis y manifestaciones clínicas	8
	3.7 Diagnóstico de Laboratorio.....	10
	3.7.1 Placa Petrifilm™3M™ para recuento de <i>E. coli</i> y Coliformes.....	10
	3.8 Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA).....	11
	3.9 Contaminación de canales de cerdo por microorganismos.....	13
	3.9.1 Niveles de aceptación para <i>Escherichia coli</i> en canales de porcinos establecidos por el Código de Regulaciones Federales (CFR)....	15
	3.10 Control de <i>Escherichia coli</i> en productos alimenticios de origen animal.....	15
	3.10.1 Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)	16
	3.10.1.1 Buenas Prácticas de Higiene Personal	16

3.10.2 Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES).....	18
3.10.2.1 Método general de limpieza y desinfección	18
3.10.3 Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP).....	19
3.11 Buenas prácticas de sacrificio y faenado de cerdos	21
3.11.1 Descripción del proceso de producción.....	21
3.11.1.1 Recepción de los cerdos y examen antemorten.....	21
3.11.1.2 Aturdimiento	22
3.11.1.3 Degüello y desangrado.....	22
3.11.1.4 Escaldado.....	22
3.11.1.5 Depilado mecánico	23
3.11.1.6 Flameado.....	23
3.11.1.7 Eviscerado.....	23
3.11.1.8 Inspección higiénica sanitaria.....	24
3.11.1.9 Separación de la canal	24
3.11.1.10 Lavado de la canal.....	24
3.11.1.11 Desinfección de la canal	25
3.11.1.12 Pesaje de la canal	25
3.11.1.13 Pre-enfriamiento, refrigeración y transportación.....	25
3.12 Estudios relacionados	26

IV. MATERIALES Y MÉTODOS	29
4.1 Materiales	29
4.1.1 Recursos Humanos.....	29
4.1.2 Recursos Biológicos.....	29
4.1.3 Recursos de Laboratorio	29
4.1.4 Recursos de Campo.....	30
4.1.5 Recursos Físicos.....	30
4.2 Metodología.....	31
4.2.1 Diseño del estudio.....	31
4.2.2 Método utilizado de laboratorio	31
4.2.3 Selección de las canales a muestrear.....	31
4.2.4 Recolección de las muestras.....	32
4.2.5 Metodología de Laboratorio.....	32
4.2.6 Interpretación de Resultados.....	33
4.2.7 Análisis de Resultados	34
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
VI. CONCLUSIONES.....	40
VII. RECOMENDACIONES.....	42
VIII. RESUMEN.....	43
SUMMARY.....	44
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
X. ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.1

Niveles de aceptación para *Escherichia coli* en canales de porcinos establecidos por el Código de Regulaciones Federales (CFR).....15

Cuadro No.2

Muestras de canales de cerdo contaminadas y sin contaminación por *E. coli* en post lavado y post desinfección.....36

Cuadro No.3

Resultados de muestreo de *Escherichia coli* en canales de cerdo en post lavado y post desinfección.....57-58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1.

Porcentaje de muestras de canales de cerdo contaminadas y sin contaminación por *E. coli* en post lavado.....37

Figura No. 2.

Porcentaje de muestras de canales de cerdo contaminadas y sin contaminación por *E. coli* en post desinfección.....37

Figura No.3.

Diagrama de flujo del proceso de sacrificio y faenado de cerdos.....51-52

Figura No.4.

Áreas de toma de muestras en canales de cerdo.....53

Figura No.5.

Recuento de *Escherichia coli* en Placa Petrifilm™ *E.coli*/Coliformes.
Muestra No.6 (post lavado).....54

Figura No. 6

Recuento de *Escherichia coli* en Placa Petrifilm™ *E.coli*/Coliformes.
Muestra No.6 (post desinfección).....54

I. INTRODUCCIÓN

Escherichia coli es la bacteria comensal más abundante en el tracto gastrointestinal de humanos y animales siendo, por tanto, el indicador principal de contaminación fecal para evaluar la inocuidad de los alimentos.

La inocuidad de los alimentos es un concepto importante en salud pública que se refiere a la existencia y control de peligros asociados a los productos destinados para el consumo humano.

Microorganismos como *Escherichia coli* tienen la capacidad de evolucionar y explotar nuevas oportunidades de supervivencia y los alimentos constituyen un vehículo excelente por el cual varias bacterias pueden llegar a un sitio de colonización apropiado en un nuevo huésped.

Las Enfermedades Transmitidas por Alimentos están ampliamente distribuidas y constituyen un problema creciente de salud pública en todos los países del mundo no importando el desarrollo económico y sanitario; son motivo de preocupación constante en la salud de la población debido a los altos índices de morbilidad y mortalidad especialmente en los grupos de riesgo.

Para el control de microorganismos en los alimentos de origen animal se deben aplicar las de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) y el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) en las plantas procesadoras de alimentos para obtener productos seguros para el consumo humano.

La función del médico veterinario en la cadena agroalimentaria de carne es proporcionar alimentos inocuos a la población para la protección de la salud, por lo que es importante la implementación de buenas prácticas de faenado en las plantas procesadoras y a la vez la realización de estudios microbiológicos de las canales para la identificación de microorganismos y así asegurar que los productos cumplen con los estándares de calidad para el consumidor.

La planta transformadora dedicada al sacrificio y faenado de cerdos ubicada en la Ciudad de Guatemala, tiene como misión garantizar la conversión de cerdos vivos en canales aptas para el consumo humano, libres de contaminación, a través de procedimientos estandarizados. En este sentido, fue necesario realizar este estudio para determinar la contaminación por *Escherichia coli* en las canales de cerdo de acuerdo con el parámetro aceptable y de esta manera verificar la efectividad del sistema de inocuidad de la planta procesadora de cerdos.

II. OBJETIVOS

2.1 General

- Contribuir al conocimiento de la contaminación por *Escherichia coli* en canales de cerdo en una planta procesadora de la Ciudad de Guatemala.

2.2 Específicos

- Determinar el número de unidades formadoras de colonia por centímetro cuadrado (UFC/cm²) de *Escherichia coli* en las canales de cerdo en post lavado y post desinfección.
- Comparar los resultados obtenidos con el parámetro aceptable para *Escherichia coli* en canales de cerdo de acuerdo al Código de Regulaciones Federales.
- Comparar el número de unidades formadoras de colonia por centímetro cuadrado (UFC/cm²) de *Escherichia coli* en las canales de cerdo entre post lavado y post desinfección.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Género: *Escherichia*

Escherichia coli forma parte de la microbiota normal del tracto intestinal del hombre y de los animales. Por lo que la presencia de este microorganismo en un alimento indica generalmente una contaminación directa o indirecta de origen fecal, siendo por lo tanto el indicador más confiable de contaminación fecal y de la posible presencia de microorganismos patógenos en el agua y en diversos alimentos. Cifras elevadas de *E. coli* en un alimento indican deficiencias sanitarias en el manejo del mismo y/o un almacenamiento inadecuado (Caballero, 2008).

Algunos serotipos de *Escherichia coli* se identifican como frecuentes agentes causales de diarrea en animales neonatos, adultos y en el humano. Las diferentes cepas de *E. coli* se clasifican en patotipos: enteropatógenas (EPEC), enteroinvasivas (EIEC), enterotoxigénicas (ETEC), enteroagregativas (EAEC) y verotoxigénicas (VTEC), dependiendo de los factores de virulencia que poseen (Brooks, Butel y Morse, 2005; Stanichi, 2007).

3.2 Clasificación

Escherichia coli pertenece al orden de las Eubacteriales, familia Enterobacteriaceae, tribu Escherichieae, género *Escherichia*, especie *coli* (Stanichi, 2007).

3.3 Morfología y Características generales

Escherichia coli se presenta como bacilos rectos, gramnegativos, que miden entre 1 y 1,5 μm x 2 y 6 μm , según las condiciones, no producen esporas y pueden aparecer aislados o en pares (Merchant y Packer 1980; Stanichi, 2007).

Entre los elementos constitutivos de su estructura, además de la pared bacteriana, se destacan los pili o fimbrias, la membrana externa, la cápsula que sólo algunas cepas la presentan, posee movilidad gracias a sus flagelos peritricos, pero algunas cepas carecen de ellos (Merchant y Packer 1980; Stanchi, 2007).

3.4 Factores de Virulencia

3.4.1 Antígenos

La cápsula está constituida por polisacáridos que, de acuerdo con variaciones cuali y cuantitativas en los monosacáridos que los componen, originan una amplia gama de antígenos “K” (Stanchi, 2007).

El antígeno somático “O” está determinado por la naturaleza de los azúcares de las cadenas laterales del lipopolisacárido (LPS) que conforma la membrana externa de la bacteria (Stanchi, 2007).

Las cepas móviles poseen también un grupo de antígenos proteicos, constituyentes de los flagelos, designados antígenos “H” (Stanchi, 2007).

Los antígenos fimbriales de *E. coli* son estructuras proteicas montadas sobre las fimbrias de tipo I y II. Las fimbrias de tipo I (F1), llamadas adhesinas universales, están ampliamente difundidas entre las distintas cepas de *E. coli*, pero no poseen una variedad antigénica muy grande. Se adhieren a estructuras glucolipídicas localizadas en la superficie de los eritrocitos de distintas especies, produciendo hemaglutinación (Brooks et al., 2005; Stanchi, 2007).

3.4.2 Toxinas

Las enterotoxinas son producidas por ciertas cepas de *Escherichia coli*, con un alto grado de correlación con la expresión de adhesinas. Ambas enterotoxinas, LT y ST, están codificadas en plásmidos, junto con los genes que otorgan resistencia a antibióticos. La enterotoxina LT (termolábil) es una proteína constituida por una molécula de la subunidad A (PM 27.500) y cinco moléculas de la subunidad B (PM 11.500). La subunidad B se une a un gangliósido receptor situado sobre la superficie de las células epiteliales del intestino, mientras que la subunidad A actúa como activador de la adenilatociclasa (Biberstein y Chung, 1990; Stanchi, 2007).

Las enterotoxinas termoestables (ST) poseen variantes genéticas definidas como ST1a, ST1b. Son proteínas muy pequeñas y por ende actúan como malos inductores de respuesta inmune. ST1a tiene la propiedad de activar la guanilatociclasa en las células del epitelio intestinal, luego de contactar con un receptor de naturaleza glicoproteica, situado en la superficie de las células epiteliales del intestino (Biberstein y Chung, 1990; Stanchi, 2007).

Otro tipo de toxinas que presentan algunas cepas de *Escherichia coli* son las verotoxinas o “Shiga-like toxins”, en sus variantes 1 y 2 (VT1, VT2). Dentro de esta sinonimia, el nombre verotoxina se debe al efecto citopatogénico que ejercen sobre células Vero en cultivo, mientras que el de Shiga-like toxin se origina en las semejanzas fisiológicas e inmunológicas con las toxinas de *Shigella dysenteriae* tipo I (Stanchi, 2007).

3.5 Epidemiología

Escherichia coli puede hallarse en todo el planeta, aun en el sector antártico. No obstante, la situación geográfica, temperatura y humedad ambiente son factores

que determinan su incidencia. La prevalencia es mayor en zonas húmedas y cálidas, condiciones que prolongan la sobrevivencia del microorganismo en el medio ambiente. El suelo y el agua suelen ser las fuentes de infección, contaminados por eyecciones de animales diarreicos (Stanchi, 2007).

Los rumiantes, y en particular el ganado bovino y ovino, son el principal reservorio de esta bacteria. Otros animales como las cabras, los cerdos, los caballos, las aves de corral, los perros y los gatos pueden actuar también como reservorio (OMS, 2016).

En humanos la epidemiología de la *E. coli* patógena transmitida por los alimentos varía alrededor del mundo. La bacteria se transmite al hombre principalmente por el consumo de alimentos contaminados, como carne molida cruda o poco cocida, leche cruda, y hortalizas y semillas germinadas crudas contaminadas (OMS, 2016).

En comunidades con una mala sanidad e higiene, son frecuentes la *E. coli* enterotoxigénica (ETEC), enteroinvasiva (EIEC) y enteropatógena (EPEC). Se adquieren a través del consumo de alimentos y agua contaminada y por la contaminación cruzada a través del contacto humano directo (OMS, 2016).

La *E. coli* patógena transmitida por los alimentos ha aparecido en comunidades con un mejor desarrollo sanitario e higiénico. Sin embargo, las variedades son diferentes (STEC, EHEC y *E. coli* enteroagregativa [EAEC]) y las vías de transmisión con frecuencia incluyen productos animales u hortícolas crudos o elaborados de manera inadecuada, contacto con estiércol de animales, agua contaminada y contaminación cruzada con alimentos crudos (FAO, s.f.).

Las *E. coli* pueden intercambiar material genético a través de elementos genéticos móviles, como plásmidos y bacteriófagos, y pueden adaptarse a entornos nuevos y adversos. Se cree que estos factores contribuyen al surgimiento de tipos

de agentes patógenos intestinales, con una mejor supervivencia y persistencia en los sistemas alimentarios o patogenicidad. También se demostró la relativa facilidad con la que las bacterias *E. coli* intercambian material genético en el caso de la cepa de *E. coli* (O104:H4), responsable del brote en Alemania en mayo/junio de 2011. También se descubrió que transportaba material genético desde las cepas enteroagregativas (de humanos) y enterohemorrágicas (de animales). Además, la cepa es resistente a muchas sustancias antimicrobianas (FAO, s.f.).

3.6 Patogénesis y manifestaciones clínicas

Las cepas de *E. coli* causantes de diarrea se clasifican por las características de sus propiedades de virulencia y cada grupo causa la enfermedad por un mecanismo diferente (Brooks et al., 2005; Hobbs y Roberts, 1993).

La *E. coli* enteropatógena (ECEP) es causa importante de diarrea en los lactantes, particularmente en los países en desarrollo. La ECEP se adhiere a las células mucosas del intestino delgado, hay pérdida de las microvellosidades (borramiento) y en ocasiones penetra a las células mucosas. La infección provoca diarrea acuosa, generalmente autolimitada, pero puede ser crónica. La diarrea por ECEP se ha vinculado con múltiples serotipos específicos de *E. coli*; las cepas se identifican mediante la tipificación del antígeno O y en ocasiones del antígeno H. El tratamiento con antibióticos puede acortar la duración de la diarrea y curarla cuando es crónica (Brooks et al., 2005; Hobbs y Roberts, 1993).

La *E. coli* enterotoxígena (ECET) es causa común de la “diarrea del viajero” y agente etiológico importante de diarrea en lactantes de los países en desarrollo. Algunas cepas producen la enterotoxina termolábil (LT) y otras cepas la enterotoxina termoestable (ST). Las cepas con ambas toxinas producen diarrea más grave. Se recomienda cautela en la selección y con el consumo de alimentos

y agua potencialmente contaminados con ECET para ayudar a prevenir la diarrea del viajero. La profilaxia antimicrobiana puede ser eficaz, pero a veces incrementa la resistencia bacteriana a los antibióticos y quizá no debe recomendarse en todos los casos. Una vez presente la diarrea, el tratamiento con antibióticos reduce de manera eficaz la duración de la enfermedad (Brooks et al., 2005; Hobbs y Roberts, 1993).

La *E. coli* enterohemorrágica (ECEH) produce verotoxina o toxina tipo Shiga. Se ha asociado con colitis hemorrágica, una variedad grave de diarrea; y con el síndrome hemolítico urémico, enfermedad capaz de producir insuficiencia renal aguda, anemia hemolítica y trombocitopenia. El serotipo más común es O157:H7 y el único que puede identificarse en muestras clínicas. Para identificar esta cepa se utilizan anticuerpos específicos. Los antibióticos no deben formar parte del tratamiento de los pacientes con enfermedad por *E. coli* productora de toxina Shiga, y posiblemente aumentan el riesgo de SHU posteriormente (Brooks et al., 2005; Hobbs y Roberts, 1993; OMS, 2016).

La *E. coli* enteroinvasora (ECEI) produce una enfermedad muy similar a la shigelosis. La enfermedad se presenta más comúnmente en los niños de los países en desarrollo y en las personas quienes viajan a dichos países. La ECEI produce la enfermedad al invadir las células epiteliales de la mucosa intestinal, produciendo ulceración e inflamación del intestino grueso (Brooks et al., 2005; Hobbs y Roberts, 1993).

La *E. coli* enteroagregativa (ECEA) causa diarrea aguda y crónica (mayor a 14 días de duración) en personas de los países en desarrollo. Estos microorganismos también son causantes de enfermedades producidas por alimentos contaminados, en países industrializados. Se caracterizan por producir una toxina parecida a ST y una hemolisina (Brooks et al., 2005; Hobbs y Roberts,

1993).

3.7 Diagnóstico de Laboratorio

E. coli se aísla en medios como Mac Conkey o eosina azul de metileno (EMB), estos permiten la diferenciación de las bacterias intestinales por sus características morfológicas y de afinidad a la lactosa. Para la tipificación serológica de *E. coli* se identifican los antígenos: somático, flagelar y capsular (Molina y Eslava, 2015).

3.7.1 Placa Petrifilm™3M™ para recuento de *E. coli* y Coliformes

Es un sistema de medio de cultivo listo que contiene los nutrientes de VRBG (Agar Bilis Rojo Violeta Glucosa) un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de actividad de la glucuronidasa y un indicador que facilita la enumeración de las colonias. Las *E. coli* en su mayoría produce beta-glucuronidasa, la que a su vez produce una precipitación azul asociada con la colonia. La película superior de la placa atrapa el gas producido por *E. coli* y coliformes fermentadores de lactosa. Alrededor del 95% de las *E. coli* producen gas, representado por colonias entre azules y rojo-azules asociadas con el gas atrapado en la placa. (Prosac, s.f.).

Las placas Petrifilm para *E. coli* y Coliformes pueden ser usadas para la enumeración de estos organismos en alimentos diversos, así como para el monitoreo ambiental y superficial en áreas de procesamiento y manipuladores (Prosac, s.f.).

3.8 Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA)

Las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) constituyen un importante problema de salud a nivel mundial. Se deben a la ingestión de alimentos contaminados por microorganismos o sustancias químicas. La contaminación de los alimentos puede producirse en cualquier etapa del proceso que va de la producción al consumo de alimentos y puede deberse a la contaminación ambiental, ya sea del agua, la tierra o el aire (ANMAT, s.f.; OMS, s.f.).

Las ETA son las responsables de los altos índices de morbilidad y mortalidad particularmente en niños, ancianos e inmunocomprometidos que, por su baja resistencia a las enfermedades, son especialmente vulnerables (Guerrero, García, Wachter y Regalado, 2014).

La salmonelosis, las enfermedades gastrointestinales y la infección por *Escherichia coli*, entre otras, enferman a más de 582 millones de personas en el mundo y matan a más de 350 mil cada año (ANMAT, s.f.; OPS, 2016a).

Existen más de 250 ETA descritas, y pueden clasificarse en infecciones, intoxicaciones o infecciones mediadas por toxina.

La infección transmitida por alimentos es una enfermedad que resulta de la ingestión de alimentos conteniendo microorganismos patógenos vivos, como virus, bacterias y parásitos. La intoxicación causada por alimento ocurre cuando las toxinas producidas por bacterias o mohos están presentes en el alimento ingerido o elementos químicos en cantidades que afecten la salud. Las toxinas generalmente no poseen olor o sabor y son capaces de causar la enfermedad incluso después de

la eliminación de los microorganismos (OPS, 2016a).

Para que ocurra una ETA, el patógeno o su(s) toxina(s) debe(n) estar presente(s) en el alimento. Sin embargo, la sola presencia del patógeno no significa que la enfermedad ocurrirá. En la mayoría de los casos de ETA:

- El patógeno debe estar presente en cantidad suficiente como para causar una infección o para producir toxinas.
- El alimento debe ser capaz de sustentar el crecimiento de los patógenos, o sea, debe presentar características intrínsecas que favorezcan el desarrollo del agente.
- El alimento debe permanecer en la zona de peligro de temperatura durante tiempo suficiente como para que el organismo patógeno se multiplique y/o produzca toxina. Otras condiciones extrínsecas deben prevalecer para que esta multiplicación y/o producción de toxina sea favorecida.
- Debe ingerirse una cantidad suficiente del alimento conteniendo el agente, para que la barrera de susceptibilidad del individuo sea sobrepasada (OPS, 2016a).

La manifestación clínica más común de una enfermedad transmitida por los alimentos consiste en la aparición de síntomas gastrointestinales que suelen ser náuseas, vómito, dolor abdominal y diarrea, pero estas enfermedades también pueden dar lugar a síntomas neurológicos, ginecológicos, inmunológicos y de otro tipo. La ingestión de alimentos contaminados puede provocar una insuficiencia multiorgánica, por lo que representa una carga considerable de discapacidad, así como de mortalidad (Guerrero et al., 2014; OMS, s.f.).

3.9 Contaminación de canales de cerdo por microorganismos

Los animales sanos contienen pocos microorganismos, con excepción de la superficie externa, el sistema gastrointestinal y las vías respiratorias. Cuando los animales llegan al rastro, debe haber una inspección visual (antemortem) para asegurar que no presentan ninguna enfermedad; y después del sacrificio (postmortem) debe haber otra inspección para detectar evidencia patológica de infecciones causadas por microorganismos en las canales (Guerrero et al., 2014).

La contaminación de canales depende de dos etapas principales; antes y durante el sacrificio. La primera fuente de contaminación es la piel del animal y de otros animales cercanos a él. Posteriormente, las bacterias entran al organismo por el sistema sanguíneo debido a la contaminación con cuchillos sucios (Guerrero et al., 2014).

Los factores de contaminación de canales antes del sacrificio son los siguientes:

- Localización de la granja
- Método de transporte
- Corrales en el rastro
- Tipo de alimentación
- Temperatura del terreno de crianza
- Inspección sanitaria antemortem (Guerrero et al., 2014).

La contaminación de canales durante el sacrificio se da por contacto con:

- Despojos del sacrificio (patas, estómago, contenido estomacal)
- Maquinaria y equipo
- Ropa de trabajadores

- Agua de limpieza
- Aire
- Zona de procesamiento y almacenamiento (Guerrero et al., 2014).

Un punto de contaminación cruzada en el sacrificio de los animales es durante el eviscerado, ya que accidentalmente se pueden romper los contenidos del estómago e intestino (Guerrero et al., 2014).

Después del sacrificio, las plantas procesadoras emplean varias técnicas de desinfección para disminuir el número de microorganismos patógenos en las canales; estas tecnologías se pueden clasificar en:

- Físicas: agua caliente, vapor, vapor al vacío, trimeado
- Químicas: ácidos orgánicos, polifosfatos, cloro, ozono, ácido peroxiacético, nisina, lactoferrina.
- Emergentes: presión hidrostática, irradiación, campos de pulso eléctrico entre otros (Guerrero et al., 2014).

3.9.1 Niveles de aceptación para *Escherichia coli* en canales de porcinos establecidos por el Código de Regulaciones Federales (CFR)

El Código de Regulaciones Federales (CFR) provee una lista de las reglas y regulaciones del Gobierno Federal de los Estados Unidos. El CFR está dividido en 50 títulos generales, los cuales se dividen en capítulos y secciones. Los valores de aceptación para *E. coli*, expresados en UFC/cm², en muestras de porcinos tomadas mediante el método no destructivo (esponja) son:

Cuadro No. 1.

Parámetros de aceptación para *E. coli* en canales de porcinos

Microorganismo	Especie	Valores aceptables ($\leq m$)	Valores dudosos ($> m \leq M$)	Valores inaceptables ($> M$)
<i>E. coli</i> UFC/cm ² *	Porcinos	≤ 10	$> 10 \leq 10000$	> 10000

Fuente: Código de Regulaciones Federales del FSIS (Food Safety and Inspection Service). Inspección post-mortem (1999). (MAGA, 2013)

* = Unidades formadoras de colonias por centímetro cuadrado

m= Criterio microbiológico por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud.

M=Criterio microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

3.10 Control de *Escherichia coli* en productos alimenticios de origen animal

La carne fresca y la leche cruda se consideran como los vehículos comunes de la *E. coli*. La contaminación de la carne generalmente se produce durante el faenado de los animales, como resultado de malas prácticas de faenado, higiene de los rastros y manipulación de los animales. Por lo tanto, las prácticas en los rastros que con mayor frecuencia contaminan la carne incluyen: eliminación de la piel de los animales, derrames del intestino de los animales y condiciones sanitarias generales en los mataderos (FAO, s.f.).

La prevención y el control efectivo de la contaminación en los rastros exige la aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura, de prácticas de gestión basadas en el Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP) y de prácticas de inspección de carnes basada en riesgos para minimizar la contaminación fecal de las canales (FAO, s.f.).

3.10.1 Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son un conjunto de procedimientos, condiciones y controles que garantizan el logro y mantenimiento de las condiciones de higiene y limpieza, minimizando los riesgos de contaminación, garantizando la inocuidad e idoneidad de los alimentos en todas las etapas de la cadena productiva (FAO, 2007).

Son indispensables para la aplicación del Sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control). Las BPM se agrupan de la siguiente manera:

- BPM de Instalación.
- BPM de Operaciones y Controles Sanitarios.
- BPM de Equipos y Utensilios.
- BPM de Producción y Procesos.
- BPM de Personal (Díaz, 2009; Forsythe y Hayes, 1999).

3.10.1.1 Buenas Prácticas de Higiene Personal

Las personas que manipulan alimentos deben recibir capacitaciones sobre hábitos de higiene, la correcta manipulación de alimentos y comportamiento adecuado; esta es responsabilidad de la planta y debe ser continua (OPS, 2016c).

Es necesario el control del estado de salud y la aparición de posibles enfermedades contagiosas entre los manipuladores. Por esto, las personas que están en contacto con los alimentos deben someterse a exámenes médicos, no solamente previamente al ingreso, sino periódicamente. Las personas enfermas (o con sospecha de estar enfermos) o portadores de ETA deben alejarse de las áreas de procesamiento de alimentos. Cualquier manipulador de alimentos debe informar inmediatamente la aparición de una enfermedad o de síntomas de la misma a su superior. Por otra parte, las personas con cortes o heridas no deben manipular

alimentos o superficies en contacto con alimentos, a no ser que la lesión esté completamente protegida por una venda a prueba de agua (OPS, 2016c).

Es indispensable el lavado de manos de manera frecuente y minuciosa con agua potable, un agente de limpieza autorizado y refregarse vigorosamente durante por lo menos 15 segundos, después enjuagarse con suficiente agua y secarse con papel toalla blanco o con aire caliente. Debe realizarse antes de iniciar el trabajo, inmediatamente después de haber hecho uso de los retretes, después de haber manipulado material contaminado y todas las veces que las manos se vuelvan un factor contaminante. Debe haber indicadores que obliguen a lavarse las manos y un control que garantice el cumplimiento (OPS, 2016c).

Todo el personal que esté de servicio en la zona de manipulación debe mantener la higiene personal, debe llevar ropa protectora, calzado adecuado y cubrecabeza. Todos deben ser lavables o descartables. No debe trabajarse con anillos, colgantes, relojes y pulseras durante la manipulación de materias primas y alimentos. La higiene también involucra conductas o comportamientos que puedan dar lugar a la contaminación, tales como comer, fumar, salivar u otras prácticas antihigiénicas. Ropas y objetos de uso personal deben conservarse en lugares adecuados (lockers). Ningún tipo de alimento debe conservarse en los lockers para evitar atraer insectos y roedores (OPS, 2016c).

3.10.2 Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES)

Los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) son aquellos procedimientos que describen las tareas de limpieza y desinfección destinadas a mantener o restablecer las condiciones de higiene a nivel de superficies y equipos en una planta procesadora de alimentos, para prevenir la aparición de enfermedades transmitidas por alimentos (CONAL, s.f.; Quintela y Paroli, 2013).

La limpieza se refiere a la eliminación física de la suciedad mediante productos detergentes elegidos en función del tipo de suciedad y las superficies donde se asienta. En tanto que la desinfección, consiste en la reducción del número de microorganismos, mediante agentes químicos (desinfectantes) o métodos físicos adecuados en las instalaciones, maquinarias y utensilios, a un nivel que no dé lugar a la contaminación del alimento que se elabora. En la actualidad se utilizan agentes químicos (ácidos orgánicos) o físicos (pasteurización vapor) con la finalidad de reducir la carga microbiana de las canales (CIAD, 2007).

Los POES describen qué, cómo, cuándo y dónde limpiar y desinfectar. Se aplican antes (pre-operacional), durante (operacional) y después (post-operacional) de las operaciones de elaboración de alimentos (CIAD, 2007; CONAL, s.f.; Quintela y Paroli, 2013).

Se debe asegurar que nada quede fuera de los POES, ya que en toda planta no existe ningún sector o equipo que no necesite ser limpiado y desinfectado en alguna ocasión. En los establecimientos debe existir un departamento de control de calidad, que evalúe o audite la aplicación de POES, para ello debe hacerlo a través de registros y cronogramas, que permitan verificar su adecuada aplicación (CIAD, 2007).

3.10.2.1 Método general de limpieza y desinfección

Debe constar de los siguientes pasos: cubrir partes eléctricas, desarmar maquinaria, proteger material de empaque, retiro de residuos cárnicos, hacer un pre-enjuague con agua, aplicar un detergente, tallar el equipo, enjuagar con agua, evaluar lavado y aplicar el desinfectante (CIAD, 2007).

Los productos de limpieza y desinfección deben ser inocuos, estar aprobados por organismos competentes y haber pasado las pruebas de efectividad para el

caso, ya sea en la empresa o por estudios científicos, en cuanto a tipo, forma y dosis. No deberán contener sustancias odorizantes y/o desodorantes, ya que éstas pueden ceder sustancias odoríferas a los alimentos y/o enmascarar olores y es importante que no alteren las características organolépticas de los alimentos (CIAD, 2007).

Además, es recomendable almacenar los utensilios y productos de limpieza en un área o armario específico, ventilado y limpio, con las escobas o cepillos hacia abajo. Se debe evitar dejar en remojo en una cubeta las telas o esponjas utilizadas en la limpieza, debido a que se convertirá rápidamente en un caldo de cultivo microbiano (CIAD, 2007).

3.10.3 Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)

El sistema HACCP tiene fundamentos científicos y es de carácter sistemático, que permite identificar peligros específicos y medidas para su control con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos. Es un instrumento para evaluar los peligros y establecer sistemas de control que se centran en la prevención en lugar de basarse principalmente en el ensayo del producto final (FAO y OMS, 1999; OPS, 2016b).

Los riesgos y peligros que pueden contaminar al producto alimenticio (canal corte primario o corte final comercial) pueden ser de índole biológica (patológico y microbiológicos), químico o físico (CIAD, 2007; Díaz, 2009).

Para que la aplicación del sistema de HACCP dé buenos resultados, es necesario que tanto la dirección como el personal se comprometan y participen plenamente. También se requiere un enfoque multidisciplinario en el cual se deberá incluir, cuando proceda, a expertos agrónomos, veterinarios, personal de producción, microbiólogos, especialistas en medicina y salud pública, tecnólogos de

los alimentos, expertos en salud ambiental, químicos e ingenieros, según el estudio de que se trate (FAO y OMS, 1999; OPS, 2016b).

Existen cinco pasos previos a la aplicación de los siete principios del sistema HACCP, estos son:

1. Integración del equipo de trabajo
2. Descripción del o los productos resultantes
3. Identificación del uso esperado del producto.
4. Elaboración del diagrama de flujo.
5. Verificación del diagrama de flujo (CIAD, 2007; Díaz, 2009).

El sistema HACCP consiste en los siete principios siguientes:

- Principio 1: Realizar un análisis de peligros e identificar las medidas preventivas respectivas.
- Principio 2: Determinar los puntos críticos de control (PCC).
- Principio 3: Establecer límites críticos.
- Principio 4: Establecer un sistema de control para monitorear el PCC.
- Principio 5: Establecer las acciones correctivas a ser tomadas, cuando el monitoreo indique que un determinado PCC no está bajo control.

- Principio 6: Establecer procedimientos de verificación para confirmar si el sistema HACCP está funcionando de manera eficaz.
- Principio 7: Establecer documentación para todos los procedimientos y registros apropiados a esos principios y su aplicación (FAO y OMS, 1999; OPS, 2016b).

Se debe contar con un plan de medidas correctivas que han de seguirse cuando el monitoreo de los puntos críticos de control indica desviaciones. Si se cuenta con registros completos, esto indicará que los puntos críticos son monitoreados, lo cual proporcionará la seguridad de que todas las operaciones

incluidas en el proceso de producción están siempre bajo control (CIAD, 2007).

Es necesario contar con una bitácora, que incluirá los resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de las materias primas, agua potable, producto en proceso o producto terminado entre otros. Los laboratorios donde se realicen las determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas, se instalarán separados de las áreas de producción; o bien pueden ser contratados los servicios externos de laboratorios acreditados o aprobados (CIAD, 2007).

3.11 Buenas prácticas de sacrificio y faenado de cerdos

El cerdo es un animal muy sensible, por lo que las operaciones de embarque, transporte y desembarque, así como las condiciones para su sacrificio deben realizarse de forma controlada y humanitaria (CIAD, 2007).

3.11.1 Descripción del proceso de producción

3.11.1.1 Recepción de los cerdos y examen antemorten

La descarga de los animales en las instalaciones se realiza lo más rápido posible utilizando rampas o muelles, ya que durante esta etapa se puede producir un incremento en la carga de contaminantes en la superficie de la canal, debido a suciedad del transporte. Se realiza el examen antemorten de los cerdos en estática y en movimiento, con el fin de observar posibles claudicaciones, lesiones de piel y cualquier otra anomalía, esto para obtener la información necesaria para decidir acerca de destino de los animales y su carne (CIAD, 2007; Paltrinieri, 2009).

Los cerdos son pesados y marcados con fierro, luego son trasladados a corrales donde permanecen en reposo por 12 a 24 horas, para permitir que se recuperen del estrés provocado por el transporte. Durante el reposo los cerdos son sometidos a una dieta alimenticia con acceso a agua (CIAD, 2007; Paltrinieri, 2009).

3.11.1.2 Aturdimiento

Es una operación que consiste en insensibilizar al animal privándolo de su conciencia para eliminar el dolor y facilita el desangrado. En el método de aturdimiento eléctrico se hace pasar una corriente eléctrica a través del cerebro del animal (CIAD, 2007; Paltrinieri, 2009).

3.11.1.3 Degüello y desangrado

Son el conjunto de operaciones que provocan la salida de la sangre y la muerte definitiva del animal, el cual debe ser rápido y con cuidado. Se introduce un cuchillo justo debajo del extremo del esternón, cortando las arterias y venas que van al corazón. Se deja desangrar al cerdo varios minutos (CIAD, 2007; Paltrinieri, 2009).

Durante toda la etapa del sacrificio hay que tener muy en cuenta que los materiales y el personal que entran en contacto con la piel del cerdo pueden ser un foco de contaminación cruzada de microorganismos. Por lo tanto, deben tomarse medidas preventivas, como mantener un elevado nivel de higiene, desinfectando los cuchillos entre sacrificios, y restringiendo el movimiento de los operarios (CIAD, 2007).

3.11.1.4 Escaldado

El escaldado sirve para aflojar el pelo y favorecer el posterior depilado. Los cerdos se sumergen en un tanque de agua caliente donde permanecen alrededor de tres a cuatro minutos. La temperatura del agua debe ser de 65 a 70 °C (CIAD, 2007; Paltrinieri, 2009).

3.11.1.5 Depilado mecánico

Los cerdos pasan a una máquina eliminadora de cerdas o depiladora, donde es eliminada la mayor cantidad de pelos del animal. Debe ponerse atención en los peines eliminadores de las cerdas de la piel del animal, ya que con el tiempo pueden presentar desgaste y ocasionar lesiones en la piel, y por lo tanto recontaminación de la canal (CIAD, 2007; Paltrinieri, 2009).

3.11.1.6 Flameado

Se realiza el flameo de los remanentes de pelo por medio de un soplete de llama. Es importante controlar el tiempo de flameo, ya que un tiempo excesivo puede ocasionar lesiones en la piel. Luego se eliminan los residuos de pelo con un cuchillo y se lava con agua a presión la superficie de las canales (CIAD, 2007; Paltrinieri, 2009).

3.11.1.7 Eviscerado

La manera más adecuada de eviscerar es introduciendo el cuchillo de abajo hacia arriba, de forma manual se separan las vísceras digestivas y circulatorias. Se extraen las vísceras digestivas que son los intestinos, el estómago, el bazo y la vejiga para su posterior limpieza e inspección higiénica sanitaria; las vísceras

circulatorias que son el hígado, el corazón y los pulmones quedan colgando de la canal. Requiere la habilidad del operador para no romper ninguna víscera, ya que la ruptura de éstas puede ocasionar rápidamente la contaminación de la canal. Los cuchillos utilizados en este proceso deben ser desinfectados entre un animal y otro. Seguidamente se lava la canal con agua a presión para eliminar eventuales residuos de sangre coagulada y del contenido intestinal (CIAD, 2007; Paltrinieri, 2009).

3.11.1.8 Inspección higiénica sanitaria

La inspección sanitaria de la canal y de las vísceras permite detectar posibles enfermedades, esta se realiza bajo la supervisión de un Médico veterinario. Comprende un examen visual, palpación de órganos y la incisión de determinados órganos, esto para determinar si son aptos para el consumo humano (CIAD, 2007; Paltrinieri, 2009).

3.11.1.9 Separación de la canal

Esta operación se realiza utilizando una sierra circular que divide la canal por la parte central de la columna vertebral. Luego se extrae la medula espinal y se lava la canal con agua a presión para eliminar el polvo de hueso (CIAD, 2007; Paltrinieri, 2009).

3.11.1.10 Lavado de la canal

Este proceso permite la reducción del recuento bacteriano debido a que se elimina restos de polvo de hueso, médula, vísceras, pelo y suciedad. Para ello se utiliza agua a presión (CIAD, 2007; Paltrinieri, 2009).

3.11.1.11 Desinfección de la canal

Seguidamente del lavado de la canal se aplica el desinfectante apto para canales, el producto antimicrobiano que se utiliza es a base de ácido acético, ácido peracético, ácido caprílico y peróxido de hidrógeno a una concentración de 200 partes por millón (ppm) (CIAD, 2007; Paltrinieri, 2009).

3.11.1.12 Pesaje de la canal

Cada canal es pesada por medio de una báscula electrónica y tiene como fin establecer el rendimiento de la canal sobre el peso vivo del animal (Paltrinieri, 2009).

3.11.1.13 Pre-enfriamiento, refrigeración y transportación

El pre-enfriado de las canales se realiza en una sala a una temperatura entre 10-12°C, luego se colocan en un cuarto frío de 0°C a 5°C con el objetivo de que la canal alcance una temperatura de 7 a 8 °C (CIAD, 2007).

El transporte de las canales que vincula a la planta con el consumidor final, es una etapa importante en la que se deberán conservar todas las condiciones originales de almacenamiento con las que salió el producto de la planta, a fin de asegurar la inocuidad y la salubridad de las canales. Por lo que los vehículos para el transporte de las canales deben ser previamente limpiados y desinfectados, además se debe mantener una temperatura no mayor a 4°C y no se deben sobrecargar para evitar posible sofocamiento de las canales (CIAD, 2007).

3.12 Estudios relacionados

En Guatemala se han realizado estudios acerca de *Escherichia coli*, uno de ellos es la Evaluación de la calidad microbiológica de la carne de cerdo para consumo humano que se expende en mercados municipales y supermercados de la ciudad capital de Guatemala, en donde se realizaron análisis microbiológicos para evidenciar la presencia de *Escherichia coli* y la cantidad de unidades formadoras de colonia por gramo de carne (UFC/gr), así también la presencia de *Salmonella sp.* Los resultados obtenidos para *E. coli* indicaron que la carne de cerdo expendida en los mercados municipales contiene una cantidad mucho más elevada de unidades formadoras de colonia de *E. coli*/gramo que los supermercados (11.50×10^6 y 3.86×10^6 , respectivamente). El porcentaje de mercados y supermercados que expenden carne de cerdo contaminada con *E. coli* fue muy parecido, obteniéndose 86.67% de mercados y 84.29% de supermercados. Con este estudio quedó demostrada la importancia de la higiene en los establecimientos que expendan alimentos, la manipulación adecuada por parte de los expendedores, el cumplimiento de las normas higiénico-sanitarias de los rastros y de las granjas que explotan animales para consumo humano (Castillo, 2001).

Otro estudio realizado en el país es la Determinación de *Escherichia coli* O157:H7 en carne molida de res estándar expendida en carnicerías del mercado central del municipio de Mixco, Guatemala, en donde de las 25 muestras analizadas, en una sola muestra se determinó la presencia de *Escherichia coli* O157:H7, lo que indica un 4% de las muestras, confirmada con las pruebas bioquímicas. De la totalidad de muestras analizadas 68% estaban contaminadas con bacterias concomitantes y un 28% contaminadas con *Escherichia coli* (Dabroy, 2014).

En un estudio realizado en Alberta, Canadá en 2006 y 2007, se analizaron canales de res y cerdo de mataderos inspeccionados a nivel provincial para determinar los niveles de bacterias aeróbicas totales, bacterias coliformes y

Escherichia coli genérica, y la prevalencia de *Salmonella spp.*, *Campylobacter spp.* y *E. coli* productora de toxina Shiga (STEC). Se analizaron hisopos de canales de res y de cerdo de 48 y 34 instalaciones, respectivamente. Todas las muestras analizadas fueron positivas para bacterias aeróbicas con 99.8% de canales de res y 96.0% de las muestras de canales de cerdo, con un total de $\leq 100\ 000$ UFC/ cm². Las bacterias coliformes se aislaron del 22,4% y el 42,0% de las muestras de canales de res y cerdo, respectivamente. La *E. coli* genérica se recuperó del 14,6% de las muestras de canales de res y del 33,7% de las canales de cerdo. Para las canales de res, se obtuvieron pruebas positivas para el 0,1% de 1036 muestras analizadas para *Salmonella spp.*, El 1,5% de 1022 muestras analizadas para *Campylobacter spp.* y el 5,4% de 1018 muestras analizadas para STEC. Para las canales de cerdo, se obtuvieron pruebas positivas para el 1,6% de 1076 muestras analizadas para *Salmonella spp.*, El 8,8% de 1070 muestras analizadas para *Campylobacter spp.* y 4.8% de 1067 muestras analizadas para STEC (Bohaychuk, Gensler & Barrios, 2011).

En España se realizó un estudio sobre la contaminación microbiana de canales y equipos en un matadero industrial de cerdos ibéricos. Se tomaron muestras de la superficie de las canales en diferentes etapas del proceso y el recuento de aeróbicos en placa a 37°C (APC), recuento de enterobacterias (recuento de E) y se determinó el recuento de *Escherichia coli* (recuento de EC). Se demostró que en el escaldado y el flameado las APC disminuyeron (P, 0.01), mientras que en la depilación aumentó (P, 0.01). El recuento de E y el recuento de EC disminuyeron en el escaldado pero aumentaron en la evisceración (P, 0,001). La implementación de buenas prácticas de fabricación (GMP) en las etapas de cierre del ano y evisceración disminuyó significativamente el recuento de EC. Cambió de 61.1% en carcasas sin GMP que tenían recuentos superiores a 1 log CFU/cm² a solo 7.4% en carcasas GMP. Un lavado final de las canales con agua potable a alta presión (el único tratamiento de descontaminación permitido en la Unión Europea) se probó y no logró disminuir los conteos. También se demostró

que la limpieza y desinfección de las máquinas de depilación y raspado no es efectiva (Rivas, Vizcaino & Herrera, 2000).

En México se realizó un estudio para determinar las condiciones microbiológicas en el proceso de sacrificio en un rastro municipal del estado de Hidalgo. Aquí se tomaron muestras, mediante frote con gasa, de canales porcinos y bovinas, operarios, utensilios y agua de escaldado, así como agua utilizada para el lavado final de las canales. Se tomaron y analizaron 158 muestras, 74 en la línea de sacrificio de porcinos y 84 en la línea de sacrificio de bovinos. En todas las muestras de canales y operarios de la línea de sacrificio de porcino, así como en 87% y 80% de los utensilios, se detectaron coliformes y *E. coli*, respectivamente, mientras que su incidencia fue inferior en las muestras tomadas en la línea de sacrificio de bovinos (Hernández et al., 2007).

En un estudio realizado en Colombia se determinó *Escherichia coli* y se identificó el serotipo O157:H7 en carne de cerdo comercializada en los principales supermercados de la ciudad de Cartagena, en el cual de 60 muestras de carne de cerdo se encontró la presencia de *E. coli* en 36 muestras de ellas, en niveles no aceptables correspondientes al 60% y el serotipo O157:H7 en 17 muestras analizadas equivalentes al 28%, considerándose carne no apta para el consumo humano. Esto demuestra deficiencias en la calidad microbiológica del alimento que es comercializada en supermercados de cadena de la ciudad de Cartagena, logrando ocasionar posibles riesgos de salud pública (Franco et al., 2013).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Recursos Humanos

- Médicos Veterinarios Asesores.
- Estudiante investigador.
- Colaboradores de la planta de sacrificio y faenado.

4.1.2 Recursos Biológicos

- 30 canales de cerdo (2 muestras por canal, cada una compuesta por cuatro áreas de 100 cm² cada una (10 cm x 10 cm), llegando a un total de 60 muestras.)

4.1.3 Recursos de Laboratorio

- Autoclave
- Incubadora
- Refrigeradora

- Frascos autoclavables de 100 cc
- Pipeta automática
- Dispensor
- Contador de colonias
- Agua peptonada (APT)
- Placas Petrifilm 3M para recuento de *E.coli* y coliformes

4.1.4 Recursos de Campo

- Guantes estériles
- Esponjas estériles
- Bolsas estériles
- Plantilla estéril de un área interior de 10 x 10 cm
- Hielera
- Paquetes de hielo en gel
- Marcador permanente
- Uniforme de sala
- Mascarilla
- Cofia
- Casco
- Botas de hule

4.1.5 Recursos Físicos

- Equipo de oficina (computadora, USB, impresora, papel bond)
- Laboratorio de la planta procesadora de cerdos
- Hojas de protocolo para muestreo de *E. coli*

4.2 Metodología

4.2.1 Diseño del estudio

Descriptivo y exploratorio

4.2.2 Método utilizado de laboratorio

AOAC Método Oficial 998.08 3M Placas Petrifilm™ para el Recuento de *E. coli* / Coliformes.

4.2.3 Selección de las canales a muestrear

Para la selección de las canales a muestrear se tuvo en cuenta lo establecido en el Manual de Procedimientos para Muestreo Microbiológico en Establecimientos Certificados, de la Dirección de Inocuidad, Sistema Oficial de Inspección de Carnes – SOIC – del MAGA (2013), donde se indica que se deben seleccionar 5 canales de cerdo para el muestreo de *E. coli*.

Para este estudio se tomaron 60 muestras de 30 canales de cerdo; de cada canal se obtuvieron 2 muestras que correspondieron a dos diferentes fases del proceso de faenado de cerdos: post lavado y post desinfección.

Se realizó la recolección de las muestras mediante un muestreo sistemático cada 25 canales, hasta completar 5 canales por visita.

4.2.4 Recolección de las muestras

- La toma de muestras se efectuó por el método no destructivo, mediante el uso de esponjas estériles.
- La primera muestra de la canal se tomó después de lavado de la canal y la segunda muestra después de 10 minutos de haber realizado la desinfección de la canal.
- La esponja fue previamente humedecida en 10 ml de agua peptonada estéril por 5 segundos.
- Luego se desenvolvió la plantilla estéril y de cada canal seleccionada se tomó una muestra compuesta por cuatro áreas de 100 cm² cada una (10 cm x 10 cm) aplicando la mayor presión posible.
- Comenzando por el área de menor probabilidad de contaminación a la de mayor (área rectal, abdominal, torácica y cuello) (Ver figura 4).
- En las cuatro áreas delimitadas por la plantilla se frotó la esponja primero 10 veces verticalmente (de arriba hacia abajo), luego 10 veces horizontalmente (derecha a izquierda).
- Las cuatro áreas se muestrearon con una misma esponja y constituyeron una sola muestra, las dos primeras áreas se muestrearon con una superficie de la esponja y las dos siguientes con la superficie restante.
- Las muestras recolectadas fueron empacadas en bolsas estériles, rotuladas y transportadas en hielera para luego ser procesadas en el laboratorio de la planta procesadora en un periodo no mayor a 2 horas (MAGA, 2013).

4.2.5 Metodología de Laboratorio

- Adicionar 90 ml de agua peptonada a la muestra, totalizando un volumen final de 100 ml (dilución 1:10)
- Homogenizar la muestra en la misma bolsa, haciendo presión con la mano

desde el exterior de la bolsa.

- Colocar la placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada. Levantar la lámina semitransparente superior. Con la pipeta perpendicular a la placa Petrifilm colocar 1 ml de la muestra (previamente preparada con su correspondiente dilución).
- Liberar la película superior.
- Con la cara lisa hacia abajo presionar el dispersor para repartir la muestra sobre el área circular.
- Levantar el dispersor, esperar un minuto a que se solidifique el gel y proceda a la incubación.
- Incubar las placas cara arriba por 24 hrs (+/- 2 hrs) a 35°C (+/ 1°C). El tiempo de incubación y temperatura varían según el método. El método rápido de diagnóstico aprobado en Guatemala, según el MAGA (2013) es el AOAC Método Oficial 998.08.
- Retirar las placas una vez cumplido su tiempo de incubación y proceder al recuento de colonias.
- Para el conteo se utilizará un contador de colonias estándar (Prosac, s.f.).

4.2.6 Interpretación de Resultados

- Para obtener el recuento de *E. coli*, se enumeraron las colonias azul a rojo azuladas asociadas a gas atrapado. Las azules sin gas no se cuentan como *E. coli* (Ver figura 5 y 6).
- Las colonias rojas y asociadas a burbujas de gas corresponden a Coliformes, por lo tanto no fueron consideradas dentro del recuento final de *E. coli*.
- Se realizó el cálculo de UFC por centímetro cuadrado para ello se dividió el número de colonias entre 4 (400 cm² de superficie muestreada/100 ml de la dilución).
- Se verificó que los resultados se encuentran dentro del nivel de aceptación

para *E. coli* en canales de porcinos (≤ 10 UFC/cm²) (MAGA, 2013).

4.2.7 Análisis de Resultados

Se estimó mediante estadística descriptiva el porcentaje de muestras contaminadas y sin contaminación, tomando en cuenta el valor aceptable para *E. coli* en canales de porcinos.

Además se estimó el porcentaje de reducción de UFC/cm² de *E. coli* en las canales luego de la fase de desinfección, así también se realizó el promedio y la desviación estándar de los resultados obtenidos en post lavado y post desinfección.

Se realizó una comparación del promedio de los resultados obtenidos con el parámetro aceptable para *Escherichia coli* en canales de cerdo, mediante el uso de la prueba de hipótesis para una media de población utilizando la prueba t de student, con un nivel de significancia de 0.05.

También se realizó una comparación entre los dos promedios de UFC/cm² de *Escherichia coli* obtenidos en los procesos de post lavado y post desinfección de canales, mediante el uso de la prueba de hipótesis para diferencia de medias utilizando la prueba t de student, con un nivel de significancia de 0.05.

Los resultados se presentan por medio de cuadros y gráficas.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio se analizaron 30 canales de cerdo para determinar la contaminación por *Escherichia coli*; de cada canal se obtuvieron 2 muestras que correspondieron a dos diferentes fases del proceso de faenado de cerdos: post lavado y post desinfección, para hacer un total de 60 muestras.

De las 30 muestras tomadas de las canales en post lavado, 12 (40%) resultaron contaminadas por *E. coli*, encontrándose por encima del parámetro aceptable establecido por el Código de Regulaciones Federales en porcinos (≤ 10 UFC/cm²) y 18 (60%) resultaron sin contaminación, encontrándose dentro del nivel de aceptación (Ver cuadro No. 2, figura No.1). De las 30 muestras tomadas de las canales en post desinfección, el 100% resultaron sin contaminación, encontrándose dentro del parámetro aceptable para *E. coli* en porcinos (Ver cuadro No.2, figura No. 2.). En este estudio los resultados son superiores a lo obtenidos por Bohaychuk et al. (2011) en la provincia de Alberta, Canadá en donde el 92.7% de las muestras de canales de cerdo tenían niveles de *E. coli* de ≤ 10 UFC/cm².

Cuadro No.2. Muestras de canales de cerdo contaminadas y sin contaminación por *E. coli* en post lavado y post desinfección.

Momento de la toma de muestra	Muestras contaminadas por <i>E. coli</i> *	%	Muestras sin contaminación por <i>E. coli</i> **	%	Total de muestras
Post lavado	12	40%	18	60%	30
Post desinfección	0	0%	30	100%	30

Fuente: Elaboración propia

* Muestra contaminada por *E. coli*= >10 UFC/cm².

** Muestra sin contaminación por *E. coli*= ≤ 10 UFC/cm². (Parámetros de aceptación establecidos por el Código de Regulaciones Federales del FSIS (Food Safety and Inspection Service). Inspección post-mortem (1999). (MAGA, 2013)

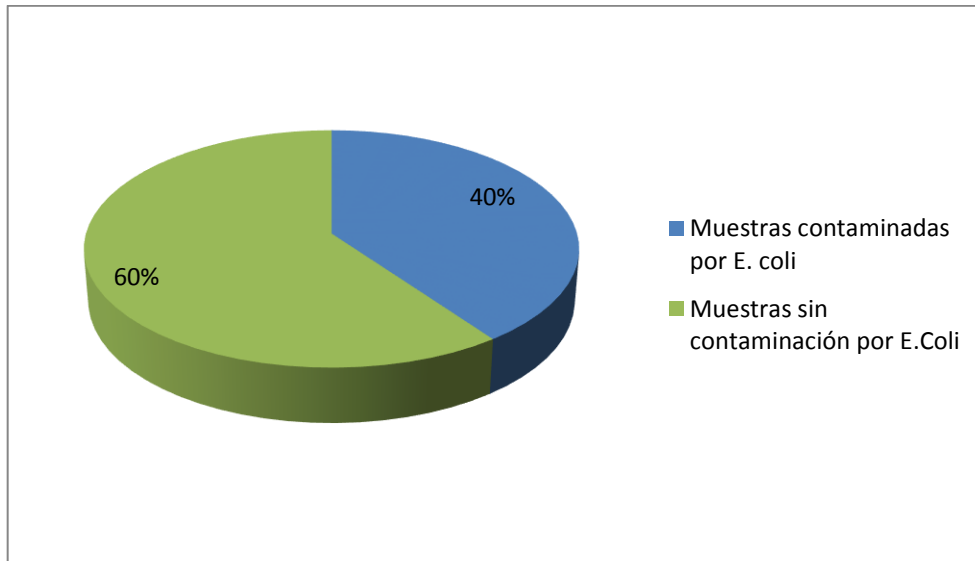


Figura No. 1. Porcentaje de muestras de canales de cerdo contaminadas y sin contaminación por *E. coli* en post lavado.

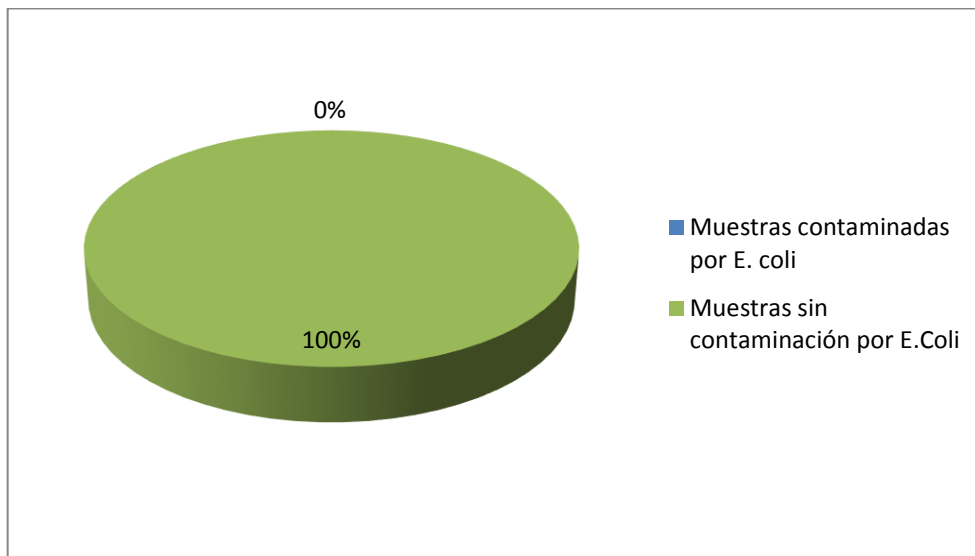


Figura No. 2. Porcentaje de muestras de canales de cerdo contaminadas y sin contaminación por *E. coli* en post desinfección.

Escherichia coli forma parte de la microbiota normal del intestino del ser humano y los animales homeotermos, siendo la más abundante de las bacterias anaerobias facultativas intestinales. Por lo tanto, la presencia de esta bacteria indica

generalmente una contaminación directa o indirecta de origen fecal; y que el consumidor podría estar expuesto a patógenos entéricos cuando ingiere el alimento (Caballero, 2008).

La contaminación de canales por *E. coli* durante el sacrificio y faenado de los cerdos suele producirse como consecuencia de deficientes prácticas de faenado, higiene de los rastros y manipulación de las canales en las plantas procesadoras. Específicamente la contaminación se da por el contacto de las canales con maquinaria y equipo, ropa de trabajadores, agua, aire y zona de procesamiento (Guerrero et al., 2014).

De particular importancia es el punto de contaminación cruzada que se puede dar durante el eviscerado, ya que accidentalmente se pueden romper los contenidos del estómago e intestino (Guerrero et al., 2014).

El control de las buenas prácticas de manufactura, HACCP y de otros procedimientos durante el proceso de sacrificio y faenado de cerdos no es suficiente en la disminución de microorganismos en las canales de cerdo, por lo que la desinfección desempeña un papel importante en la eliminación o disminución de peligros microbiológicos (Valencia y Acero, 2013).

El porcentaje de reducción de UFC/cm² de *E. coli* en las canales luego de la fase de desinfección fue del 95%, por lo que el antimicrobiano utilizado en la planta procesadora a base de ácido peracético a una concentración de 200 partes por millón (ppm), es eficaz ya que redujo a niveles bajos e incluso nulos el recuento de UFC/cm² de *E. coli* en las canales de cerdo (Ver cuadro No.3).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) describe al ácido peracético como un antimicrobiano ideal, debido a su alto potencial oxidante sobre la membrana externa de las bacterias, endosporas, hongos, virus y levaduras.

Su mecanismo de oxidación consiste en la transferencia de electrones de la forma oxidada del ácido a los microorganismos, provocando así su inactivación o incluso su muerte (Estornell, s.f.).

La prueba estadística de t de student permitió comparar el promedio de los resultados obtenidos con el parámetro aceptable para *Escherichia coli* en canales de cerdo, tanto en el proceso de post lavado y post desinfección.

En post lavado, se determinó que no existe diferencia estadística significativa ($p>0.05$) entre el promedio de los resultados obtenidos (15.88 UFC/cm²) con el parámetro aceptable para *Escherichia coli*, por lo que no se puede afirmar con un nivel de significancia del 0.05 que el promedio de UFC/cm² de *E. coli* en las canales sea diferente a 10 UFC/cm².

La eficacia del lavado de canales con agua potable a alta presión en las plantas procesadoras como método de descontaminación final ha sido muy debatida. Algunos autores afirman que, si el lavado se realiza correctamente, puede ser una buena medida para disminuir la carga microbiana en canales (Rivas et al., 2000).

Además cabe mencionar en este punto la importancia de mantener niveles efectivos de cloro en el agua. El mecanismo fundamental del hipoclorito de sodio es la acción oxidativa, ya que la formación y liberación de radicales libres asegura una adecuada inactivación de los microorganismos. Sin embargo, el cloro se inactiva con la presencia de materia orgánica y, en especial, con componentes nitrogenados asociados con carne roja. Como consecuencia, la actividad de la solución de cloro disminuye de forma sensible, siendo más susceptibles a este fenómeno las soluciones más diluidas (Rodríguez, 2002; Valencia y Acero, 2013).

En post desinfección, se determinó que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre el promedio de los resultados obtenidos (0.84 UFC/cm²) y el parámetro aceptable para *Escherichia coli*, por lo que se puede afirmar con un nivel de significancia del 0.05 que el promedio de UFC/cm² de *E. coli* en las canales es diferente a 10 UFC/cm².

Al comparar en post lavado y post desinfección, los dos promedios obtenidos de UFC/cm² de *Escherichia coli* en las canales de cerdo, se determinó que existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre ambos resultados, por lo tanto a un nivel de significancia del 0.05, la aplicación de desinfectante a las canales ejerce un efecto diferente sobre las UFC/cm².

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó la contaminación por *Escherichia coli* del 40% de muestras tomadas de las canales en post lavado y del 0% de muestras en post desinfección.
- En post lavado el promedio de unidades formadoras de colonia por centímetro cuadrado de *Escherichia coli* en las canales de cerdo fue de 15.88 UFC/cm² y en post desinfección fue de 0.84 UFC/cm².
- En post lavado, no existe diferencia estadística significativa entre el promedio de los resultados obtenidos y el parámetro aceptable para *Escherichia coli* en canales de cerdo (≤ 10 UFC/cm²).
- En post desinfección, existe diferencia estadística significativa entre el promedio de los resultados obtenidos y el parámetro aceptable para *Escherichia coli* en canales de cerdo (≤ 10 UFC/cm²).
- Existe diferencia estadística significativa con respecto al promedio obtenido de UFC/cm² de *Escherichia coli* en las canales de cerdo entre post lavado y post desinfección, por lo que resulta necesaria la aplicación de desinfectante después del lavado para garantizar que el 100% de las canales estén dentro del parámetro aceptable para *Escherichia coli* en porcinos.

VII. RECOMENDACIONES

- Hacer uso de la estadística en los muestreos microbiológicos, seleccionando una muestra representativa de los cerdos que se procesan en la planta, con el objeto de obtener datos que puedan ser organizados, analizados, comparados y en base a ellos elaborar conclusiones.
- Mantener una vigilancia y seguimiento constante de las variaciones de la contaminación de las canales de cerdo por *Escherichia coli*, realizando muestreos y determinando los factores de riesgo en cada uno de los procesos del sacrificio y faenado para implementar acciones específicas y posteriormente verificar la eficacia de las mismas, esto con el fin de garantizar la continua mejora de la inocuidad y la calidad microbiológica de las canales.
- Evaluar de forma continua el cumplimiento de medidas de higiene, la correcta manipulación de alimentos y comportamiento adecuado por parte de los colaboradores de la planta procesadora de cerdos en cada uno de los procesos, para identificar lo que es necesario mejorar y por lo tanto capacitar.

VIII. RESUMEN

El estudio se realizó en una planta procesadora de cerdos de la Ciudad de Guatemala durante un período de seis semanas para contribuir al conocimiento de la contaminación por *E. coli* en canales de cerdo, comparando los resultados obtenidos con el parámetro aceptable de acuerdo al Código de Regulaciones Federales y así verificar la efectividad del sistema de inocuidad de la planta.

Para este estudio descriptivo y exploratorio, se analizaron 30 canales de cerdo y de cada canal se obtuvieron 2 muestras que correspondieron a dos fases del proceso de faenado: post lavado y post desinfección, para hacer un total de 60 muestras.

La toma de muestras fue mediante el uso de esponjas estériles las cuales fueron procesadas mediante el método Petrifilm™ y una vez cumplido el tiempo de incubación se procedió al recuento de colonias.

De las 30 muestras tomadas en post lavado, 12 (40%) resultaron contaminadas por *E. coli*, encontrándose por encima del parámetro aceptable (≤ 10 UFC/cm²) y 18 (60%) resultaron sin contaminación, encontrándose dentro del nivel de aceptación. De las 30 muestras tomadas en post desinfección, el 100% resultaron sin contaminación, encontrándose dentro del parámetro aceptable.

En post lavado no existe diferencia significativa con el parámetro aceptable, mientras que en post desinfección existe diferencia significativa con el parámetro aceptable. Al comparar en post lavado y post desinfección los dos promedios obtenidos de UFC/cm² de *E. coli* se determinó que existe diferencia significativa entre ambos resultados, por lo que es necesaria la aplicación de desinfectante después del lavado para garantizar que el 100% de las canales estén dentro del parámetro aceptable para *E. coli* en porcinos.

SUMMARY

The study was carried out in a pig processing plant in Guatemala City for a period of six weeks to contribute to the knowledge of *E. coli* contamination in pig carcasses, comparing the results obtained with the acceptable parameter according to the Code of Federal Regulations and thus verify the effectiveness of the plant's innocuousness system.

For this descriptive and exploratory study, 30 pig carcasses were analyzed and from each carcass, 2 samples were obtained that corresponded to two phases of the slaughter process: post washing and post disinfection, to make a total of 60 samples.

Sampling was done through the use of sterile sponges which were processed by the Petrifilm™ method and once the incubation time was over, the colonies were counted.

Of the 30 samples taken in post wash, 12 (40%) were contaminated by *E. coli*, being above the acceptable parameter (≤ 10 CFU/cm²) and 18 (60%) were without contamination, being within the acceptance level. Of the 30 samples taken in post disinfection, 100% resulted without contamination, being within the acceptable parameter.

In post wash there is no significant difference with the acceptable parameter, while in post disinfection there is a significant difference with the acceptable parameter. When comparing in post wash and post disinfection the two averages obtained from CFU/cm² of *E. coli* it was determined that there is a significant difference between both results, so it is necessary to apply disinfectant after washing to ensure that 100% of the carcasses are within the acceptable parameter for *E. coli* in pigs.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANMAT. (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica). (s.f.) *Enfermedades transmitidas por alimentos*. Argentina. Recuperado de <http://www.anmat.gov.ar/Alimentos/Enfermedades%20transmitidas%20por%20alimentos.pdf>
2. Biberstein, E. y Chung, Y. (1990). *Tratado de Microbiología Veterinaria*. España: Acribia, S.A.
3. Bohaychuk, V.; Gensler, G. & Barrios, P. (2011). *Microbiological baseline study of beef and pork carcasses from provincially inspected abattoirs in Alberta, Canada*. *Can Vet J.* 52 (10). Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3174505/>
4. Brooks, G., Butel, J. y Morse, S. (2005). *Microbiología médica de Jawetz, Melnick y Adelberg*. México: El Manual Moderno.
5. Caballero, Á. (2008). *Temas de Higiene de los Alimentos*. Cuba: Ciencias Médicas. Recuperado de <https://sceqa.files.wordpress.com/2012/05/libro-higiene-de-alimentos.pdf>
6. Castillo, X. (2001). *Evaluación de la calidad microbiológica de la carne de cerdo para consumo humano que se expende en mercados municipales y supermercados de la ciudad capital de Guatemala*. Tesis de Licenciatura. Med. Vet. FMVZ-USAC: GT
7. CIAD, S.A. (2007). *Buenas prácticas en la producción de alimentos*. México: Trillas.

8. CONAL. (Comisión Nacional de Alimentos). (s.f.). *Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES)*. Argentina. Recuperado de http://www.conal.gob.ar/Notas/Recomenda/Boletin_POES.PDF
9. Dabroy, C. (2014). *Determinación de Escherichia coli 0157:H7 en carne molida de res estándar expendida en carnicerías del mercado central del municipio de Mixco, Guatemala*. Tesis de Licenciatura. Med. Vet. FMVZ- USAC: GT
10. Díaz, A. (2009). *Buenas prácticas de manufactura: una guía para pequeños y medianos agroempresarios*. Costa Rica: IICA. Recuperado de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5294e/A5294e.pdf>
11. Estornell, J. (s.f.). *El ácido peracético (PAA): Biocida de amplio espectro y bajo en residuos*. Recuperado de <http://www.betelgeux.es/blog/2018/01/31/el-acido-peracetico-paa-biocida-de-amplio-espectro-y-bajo-en-residuos/>
12. FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (s.f.). *Prevención de la E. coli en los alimentos*. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/Preventing_Ecoli_es.pdf
13. FAO y OMS. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Organización Mundial de la Salud). (1999). *Codex Alimentarius*. Italia. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/fao/005/Y1579S/Y1579s.pdf>

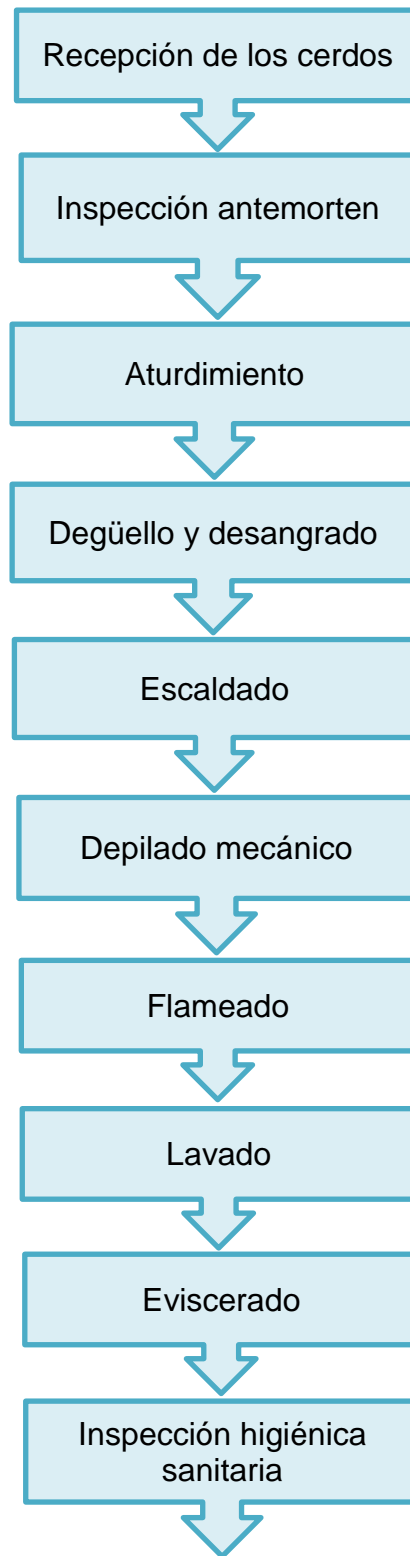
14. FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2007). *Buenas Prácticas para la Industria de la Carne*. Italia. Recuperado de <http://www.fao.org/3/y5454s/y5454s01.pdf>
15. Forsythe, S. y Hayes, P. (1999). *Higiene de los alimentos, microbiología y HACCP*. España: Acribia, S.A.
16. Franco, P., Ramírez, L., Orozco, M. y López, L. (2013). Determinación de *Escherichia coli* e identificación del serotipo O157:H7 en carne de cerdo comercializada en los principales supermercados de la ciudad de Cartagena. *Revista Lasallista de Investigación*. 10 (No.1). Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492013000100009
17. Guerrero, I.; García, B.; Wachter, M. y Regalado C. (2014). *Microbiología de los alimentos*. México: Limusa.
18. Hernández, S., Zúñiga, A., Sánchez, I., Castro, J., Román, A. y Santos, E. (2007). Condiciones microbiológicas en el proceso de sacrificio en un rastro municipal del estado de Hidalgo, México. *Veterinaria-México*. 38 (No. 2). Recuperado de <http://www.ejournal.unam.mx/rvm/vol38-02/RVM038000205.pdf>
19. Hobbs, B. y Roberts, D. (1993). *Higiene y toxicología de los alimentos*. España: Acribia, S.A.
20. MAGA. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). (2013). *Manual de Procedimientos para Muestreo Microbiológico en Establecimientos Certificados*. [Manual]. Guatemala: Autor.

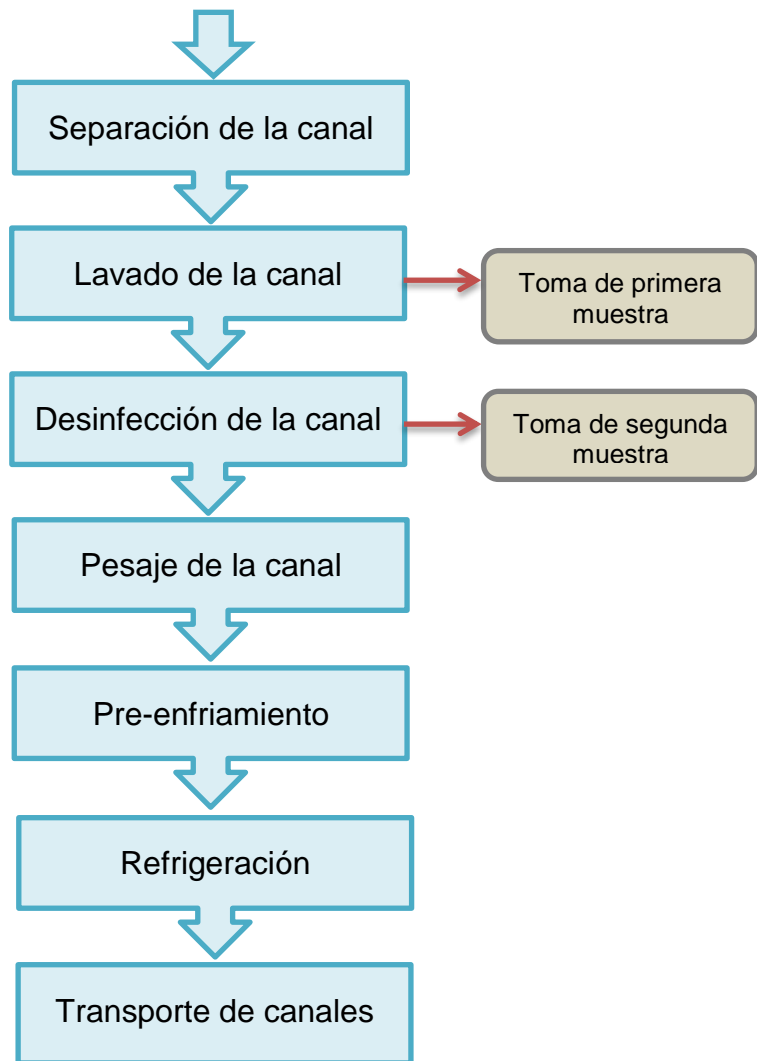
21. Merchant, I. y Packer, R. (1980). *Bacteriología y Virología Veterinarias*. España: Acribia.
22. Molina, J. y Eslava, C. (2015). *Infecciones por Escherichia coli*. México. Recuperado de <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/bacteriologia/escherichia-coli>
23. OMS. (Organización Mundial de la Salud). (s.f.). *Enfermedades de transmisión alimentaria*. Recuperado de http://www.who.int/topics/foodborne_diseases/es/
24. OMS. (Organización Mundial de la Salud). (2016). *E. coli*. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs125/es/>
25. OPS. (Organización Panamericana de la Salud). (2016a). *Enfermedades Transmitidas por alimentos (ETA)*. Estados Unidos. Recuperado de http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10836%3A2015-enfermedades-transmitidas-por-alimentos-eta&catid=7678%3Ahaccp&Itemid=41432&lang=es
26. OPS. (Organización Panamericana de la Salud). (2016b). *El sistema HACCP: Los siete principios*. Estados Unidos. Recuperado de http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10913%3A2015-sistema-haccp-sietepincipios&catid=7678%3Ahaccp&Itemid=41452&lang=es
27. OPS. (Organización Panamericana de la Salud). (2016c). *Higiene Personal*. Recuperado de http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10823%3A2015-higiene-personal&catid=7677%3Abpabpm&lang=es

28. Paltrinieri, G. (2009). *Manuales para Educación Agropecuaria: Obtención de Carne*. México: Trillas.
29. Prosac. (s.f.). *Placa Petrifilm para recuento E. coli y Coliformes*. Perú. Recuperado de <https://system.na2.netsuite.com/core/media/media.nl?id=34347&c=4552735&h=ef41493329c3fb6a269a&xt=.pdf>
30. Quintela, A. y Paroli, C. (2013). *Guía práctica para la aplicación de los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES)*. Uruguay. Recuperado de http://www.montevideo.gub.uy/sites/default/files/poes1_05apr2013_cierre_11.pdf
31. Rivas, T., Vizcaino J. & Herrera, F. (2000). *Microbial Contamination of Carcasses and Equipment from an Iberian Pig Slaughterhouse*. Journal of Food Protection. 63 (12). Recuperado de <https://jfoodprotection.org/doi/pdfplus/10.4315/0362-028X-63.12.1670>
32. Rodríguez, J. (2002). *La lejía ¿el desinfectante ideal?*. España. Recuperado de <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2001/10/01/462.php>
33. Stanchi, N. (2007). *Microbiología Veterinaria*. Argentina: Inter-Médica.
34. Valencia V. y Acero V. (2013). *Comparación de ácido láctico, ácido peroxiacético e hipoclorito de sodio en la desinfección de canales bovinas en un frigorífico de Bogotá, Colombia*. Rev Med Vet. (26). Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rmv/n26/n26a02.pdf>

X. ANEXOS

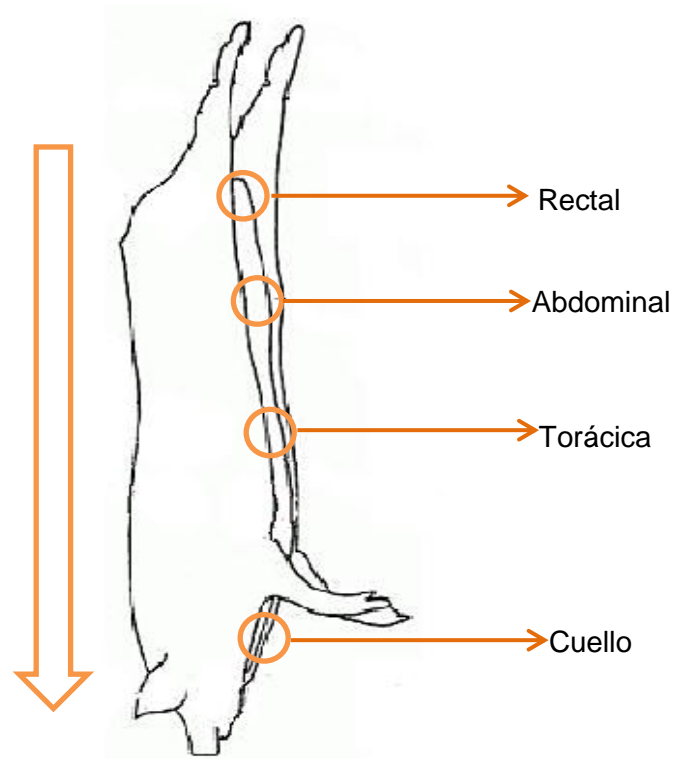
Figura No.3. Diagrama de flujo del proceso de sacrificio y faenado de cerdos





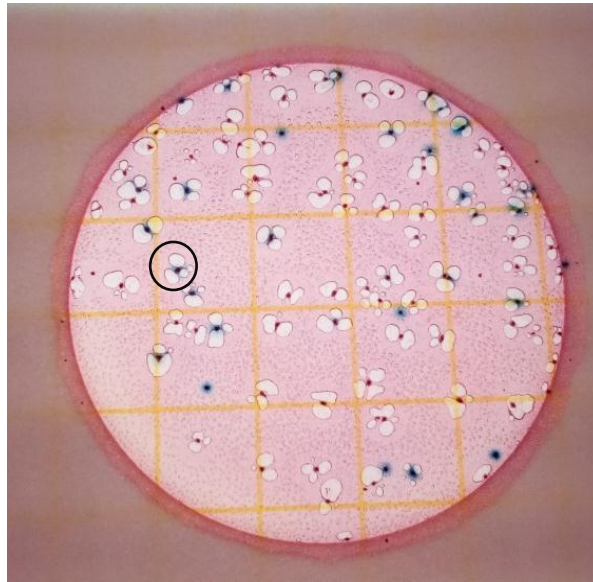
Fuente: CIAD, S.A., 2007

Figura No.4. Áreas de toma de muestras en canales de cerdo



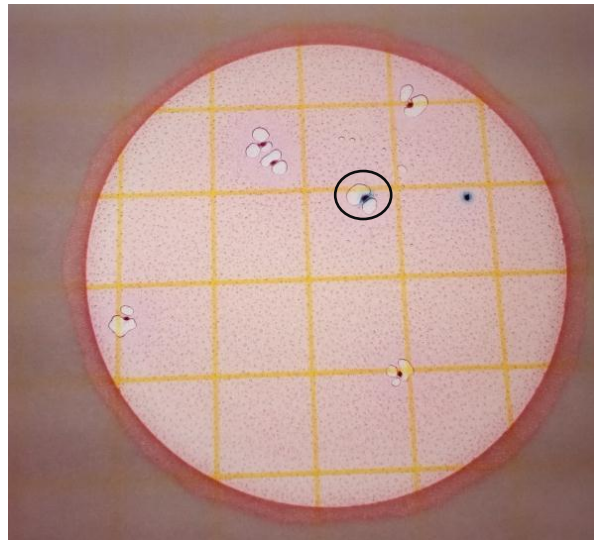
Fuente: Adaptación de MAGA, 2013

**Figura No.5. Recuento de *Escherichia coli* en Placa Petrifilm™
E.coli/Coliformes. Muestra No.6 (post lavado)**



Recuento de *E. coli*= 20 (colonias azules y rojo-azules con gas)
Resultado= 5 UFC/cm²

**Figura No.6. Recuento de *Escherichia coli* en Placa Petrifilm™
E.coli/Coliformes. Muestra No.6 (post desinfección)**



Recuento de *E. coli*= 1 (colonia azul)
Resultado= 0.25 UFC/cm²

Tratamiento antimicrobiano para alimentos utilizado en la planta procesadora de cerdos

Se recomienda su uso por aspersión en canales para reducir la contaminación de patógenos en superficies de carnes rojas.

- Composición: Ácido acético, ácido peracético, ácido caprílico y peróxido de hidrógeno.

Beneficios

- Intervención del producto.
- Es un medio efectivo para reducir la contaminación antimicrobiana en superficies de carnes rojas.
- Efectivo en la reducción de organismos patógenos tales como: *Escherichia coli* 0157:H7. *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*.
- Las soluciones de uso no son corrosivas con los rieles y gabinetes de acero inoxidable (la solución de uso tiene menos de 0.2% como ácido total)

Conveniente de usar

- Los operadores y el medio ambiente.
- No requiere de equipos de activación o generación.
- Producto único, líquido listo para usar que no requiere de químicos precursores o equipos de generación en sitio.
- Compatible con los sistemas de tratamientos de aguas residuales.
- Menos de 4 ppm de Fósforo en las soluciones de uso.
- No contiene cloro o derivados.
- Se descompone rápidamente en agua, oxígeno, ácido acético y ácido octanóico.
- Producción.

- Reduce ajustes debidos a la contaminación.
- Mejora la calidad del producto.
- Estrategia de intervención aceptada en los programas USDA y HACCP.

Propiedades

- Estado: líquido
- Color: incoloro
- Olor: pungente a ácido acético
- Espuma: ninguna
- Densidad relativa: 1.078
- pH (solución al 10%): 2.8

Su fórmula contiene no más de 0.2% de Fósforo 0.002 gramos por litro o la concentración de uso recomendada promedio.

Direcciones de uso

Diluir el producto en un tanque a rangos de 0.3-1.3 ml por litro de agua. Esto provee una solución a una concentración de 50-200 ppm como ácido peroxiacético. Aplicar esta solución a las canales por aspersion. La aspersion se puede hacer a una presión de hasta 250 psi. El agua utilizada para la solución puede ser precalentada hasta 50°C. Para mejores resultados, aplicar la solución a una presión de 200 psi y permitir que la solución permanezca en contacto con la carne por lo menos 10 minutos.

Cuadro. No. 3. Resultados de muestreo de *Escherichia coli* en canales de cerdo en post lavado y post desinfección

No. de muestra	Resultado post lavado (UFC/cm ²)*	Resultado dentro de los niveles de aceptación (≤ 10 UFC/cm ²)*		Resultado post desinfección (UFC/cm ²)*	Resultado dentro de los niveles de aceptación (≤ 10 UFC/cm ²)*	
		Aceptable	Inaceptable		Aceptable	Inaceptable
1	38			2.75		
2	28.5			2.25		
3	29.5			0.25		
4	20			0.25		
5	50.75			1		
6	5			0.25		
7	2			< 0.06		
8	4			0.5		
9	3.5			2		
10	1			< 0.06		
11	8.25			1.5		
12	24			1.75		
13	22			0.5		
14	21.75			0.5		

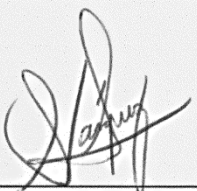
15	0.5			< 0.06		
16	0.25			< 0.06		
17	3.75			< 0.06		
18	< 0.06			< 0.06		
19	0.25			< 0.06		
20	27.75			1		
21	14.5			1.75		
22	128.25			4.75		
23	< 0.06			< 0.06		
24	0.75			0.25		
25	0.75			< 0.06		
26	7.5			1		
27	5.75			< 0.06		
28	5.25			< 0.06		
29	1			0.25		
30	21.75			2		
Total	476.37	18 (60%)	12 (40%)	25.16	30 (100%)	0 (0%)
Promedio	15.88			0.84		
Desviación estándar	25.07			1.09		
Porcentaje de reducción	95%					

Fuente: Elaboración propia

* = unidades formadoras de colonias por centímetro cuadrado

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

DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR *Escherichia coli*
EN CANALES DE CERDO SEGÚN EL PARÁMETRO ACEPTABLE,
DEL CÓDIGO DE REGULACIONES FEDERALES, EN UNA PLANTA
PROCESADORA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

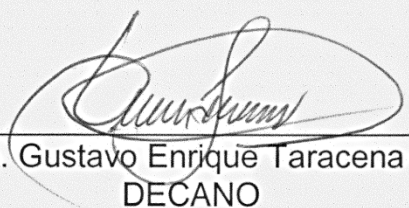
f. 
Sara Elizabeth Vásquez Sicay

f. 
M.V. Kattia Yolanda Morales Ureña
ASESORA PRINCIPAL

f. 
M.V. Karen Sofía Calderón Barrios
ASESORA

f. 
M.A. Andrea Marilí Pérez Montúfar
EVALUADORA

IMPRIMASE

f. 
M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil
DECANO

