



# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN  
Y SERVICIO EN ZOOTECNIA**

**POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**CALIDAD MICROBIOLÓGICA, HIGIENE  
Y CADENA DE FRÍO EN CARNE MOLIDA DE RES**

**TESIS**

Que como requisito parcial  
para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA**

Presenta:

**GABRIELA CASAROTTO DANIEL**

Bajo la supervisión de: EMA DE JESÚS MALDONADO SIMÁN, Dra.



DIRECCION GENERAL ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



Chapingo, Estado de México, diciembre de 2017

**CALIDAD MICROBIOLÓGICA, HIGIENE Y CADENA DE FRÍO EN CARNE  
MOLIDA DE RES**

Tesis realizada por **GABRIELA CASAROTTO DANIEL** bajo la supervisión del  
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito  
parcial para obtener el grado de:

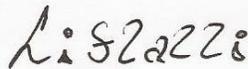
**MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA**

DIRECTORA:



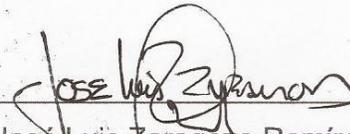
Dra. Ema de Jesús Maldonado Simán

CODIRECTORA:



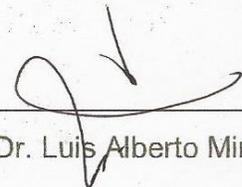
Dra. Citlalli Celeste González Ariceaga

ASESOR:



Dr. José Luis Zaragoza-Ramírez

ASESOR:



Dr. Dr. Luis Alberto Miranda Romero

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTOS .....	viii
DATOS BIBLIOGRÁFICOS.....	ix
1 INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1 Producción de carne de res a nivel mundial .....	3
2.1.1 Producción de carne de res en México .....	4
2.1.2 Producción de carne de res en Brasil .....	4
2.2 Inocuidad alimentaria y enfermedades transmitidas por alimentos.....	5
2.3 Contaminación de la carne .....	7
2.3.1 Contaminación en el rastro.....	7
2.3.2 Contaminación cruzada.....	8
2.4 Microorganismos Indicadores.....	8
2.4.1 Aerobios mesófilos.....	8
2.4.2 Coliformes totales.....	9
2.5 Microorganismos Patógenos .....	9
2.5.1 <i>Salmonella</i> .....	9
2.5.2 <i>Escherichia coli</i> .....	13
2.5.3 <i>Listeria</i> .....	14
2.6 Cadena de frío y el crecimiento microbiano .....	16
2.7 Normatividad y especificaciones sanitarias para carne.....	18
2.7.1 Normas Oficiales Mexicanas para Carne .....	18
2.7.2 Normas Internacionales para carne .....	18
2.8 Literatura Citada .....	22
3 CALIDAD MICROBIOLÓGICA, HIGIENE Y CADENA DE FRÍO EN CARNE MOLIDA DE RES.....	29
3.1 Resumen.....	29
3.2 Abstract .....	30

3.3 Introducción .....	31
3.4 Materiales y métodos .....	32
3.4.1 Procesamiento de las muestras .....	32
3.4.2 Análisis de datos .....	34
3.5 Resultados y discusión .....	35
3.6 Conclusiones .....	46
3.7 Recomendaciones .....	47
3.8 Literatura citada .....	47

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Normas Oficiales Mexicanas para carne de res.....	19
Cuadro 2. Principales normas internacionales para alimentos establecidas por el Codex Alimentarius.....	20
Cuadro 3. Reglamentos europeos para alimentos.....	20
Cuadro 4. Conteo de aerobios mesófilos en carne molida de res por supermercado y estación del año. ....	35
Cuadro 5. Evaluación higiénico-sanitaria de los supermercados.....	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Incidencia de <i>Listeria</i> spp. en muestras de carne molida de res oriundas de supermercados. ....	38
Figura 2. Anaqueles con pobre limpieza por la presencia de puntos con oxidación y residuos de sangre.....	40
Figura 3. Temperatura promedio del anaquel por supermercado. ....	43
Figura 4. Temperatura promedio en las tres posiciones del anaquel.....	44
Figura 5. Temperatura promedio de anaquel por estación del año.....	45

## DEDICATORIA

A mis padres, Geneci e Itamar, por todo el amor y,  
que a pesar de la distancia física, están conmigo en todos los momentos.

Los amo con todo mi corazón.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Posgrado en Producción Animal y a la Universidad Autónoma Chapingo, por la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el financiamiento otorgado a lo largo de estos dos años.

A la Dra. Ema Maldonado Simán, por su paciencia y colaboración, por compartir sus conocimientos y por su apoyo durante los estudios.

A la Dra. Citlalli González, al Dr. Luis Alberto Miranda y al Dr. José Luis Zaragoza, por la supervisión y apoyo desde el planteamiento hasta la realización de este trabajo.

A la Dra. Judith Kreyenschmidt, del Instituto de Nutrición y Ciencia de los Alimentos de la Universidad de Bonn, Alemania, por abrir las puertas del laboratorio y permitir realizar mi estancia de investigación.

A todos mis compañeros del posgrado, por la amistad y por toda la ayuda, desde los trámites académicos hasta el trabajo de campo y los análisis de laboratorio.

A todos aquellos que directa o indirectamente colaboraron en esta investigación.

¡Muchas gracias!

Muito obligada!

## DATOS BIBLIOGRÁFICOS



### DATOS PERSONALES

Nombre: Gabriela Casarotto Daniel  
Fecha de nacimiento: 10 de julio de 1990  
Lugar de nacimiento: Coronel Freitas, Santa Catarina  
Brasil  
CURP: CADG900710MNESNB02  
Profesión: Médica Veterinaria Especialista en Inspección de  
Leche y Derivados

### DESARROLLO ACADÉMICO

Preparatoria: Escola de Educação Básica Professora Délia Régis  
Licenciatura: Universidade do Oeste de Santa Catarina, UNOESC  
Especialización: Universidade Estadual de Londrina, UEL  
Maestría: Universidad Autónoma Chapingo, UCh

# 1 INTRODUCCIÓN GENERAL

La ganadería bovina en México representa una de las principales actividades en el sector agropecuario, por contribuir principalmente con la oferta de productos cárnicos, pero también por la participación en la balanza comercial del país (Rubio, Braña, Méndez & Delgado, 2013). De acuerdo con la OCDE/FAO (2013), la demanda de carne en los países en desarrollo sigue siendo elevada, ya que el incremento de ingresos y la urbanización ocasionan cambios en los hábitos de consumo que favorecen el aumento de la ingesta de proteínas de origen animal.

Paralelamente al aumento del consumo de productos de origen animal se presentan algunas enfermedades transmitidas por alimentos (ETA). Masana (2015) mencionó que los cambios en los patrones alimentarios, como el incremento en la ingesta de alimentos frescos o alimentos que son consumidos sin tratamiento térmico, también incrementan el riesgo de transmisión de estas enfermedades.

En el ámbito internacional se han reportado más de 250 ETA, causados principalmente por bacterias, virus y parásitos. Se estima que 1 de cada 10 personas se enferman cada año por ingerir alimentos contaminados con microorganismos patógenos, y 420 mil mueren como consecuencia de estas enfermedades, incluidos 125 mil niños menores de 5 años (OMS, 2015a). En Latinoamérica existe un gran problema relacionado a la inocuidad alimentaria, los agentes causantes de origen bacteriano más importantes son *Campylobacter*, *E. coli* y *Salmonella* (OPS, 2016).

A pesar de que estas enfermedades son prevenibles, siguen siendo un problema de salud pública muy costoso incluso en los países desarrollados y con gran control normativo. Sólo en Estados Unidos de América, 1 de cada 6 personas se enferman por ingerir alimentos contaminados y 3,000 mueren a cada año (CDC, 2016a). Se estima que en ese país, los gastos por las ETA son de alrededor de 15.6 mil millones de dólares anuales (USDA, 2017a).

En consecuencia, la higiene sigue siendo el principal método de control para prevenir estas enfermedades. En el mismo ámbito, la temperatura es un factor muy relevante, que debe ser respetado para controlar el crecimiento y desarrollo de microorganismos. En este sentido, es muy importante mantener los estándares de control de calidad pues aunque las prácticas de producción de alimentos cambian, los patógenos transmitidos por alimentos parecen capaces de evolucionar y explotar nuevas oportunidades (Newel et al., 2010).

En el Capítulo 2 de esta tesis se presenta una revisión de literatura, donde se discuten algunos de los aspectos principales de la inocuidad de alimentos, bien como los principales microorganismos patógenos contaminantes de la carne de res, la importancia de mantener la cadena de frío como método de preservación de la vida útil de los productos perecederos y en panorama internacional de regulaciones alimentarias. En el Capítulo 3 se presenta un trabajo de investigación donde se determinó la calidad microbiológica de la carne molida de res comercializada en supermercados, con respecto a los contaminantes, la higiene aplicada y la utilización de la cadena de frío.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Producción de carne de res a nivel mundial

El crecimiento económico que se ha presentado por incrementos en la producción de carne bovina ha sido significativo en las últimas décadas, y además ha acelerado cambios en la dieta e impulsado la demanda agrícola. El rápido incremento de los ingresos en los países emergentes, ha impulsado el auge de una clase media a nivel mundial, que a su vez conduce hacia un mayor consumo de carne y productos lácteos (FAO, 2017). En el contexto internacional, el país que tiene el mayor inventario ganadero comercial es Brasil, con 215.2 millones de cabezas de ganado vacuno, que representan un 22% del inventario mundial (IBGE, 2016). En seguida se encuentran los Estados Unidos, con 93.6 millones (USDA, 2017b). México se encuentra en la octava posición, con 33.5 millones de cabezas (SAGARPA, 2016).

Por otro lado, en los últimos diez años la producción mundial de carne bovino ha mantenido una ligera tendencia de crecimiento, impulsada por la recuperación del hato ganadero en los principales países productores (FIRA, 2017). En el escenario mundial, durante el año de 2016 los principales países productores son: Estados Unidos con 11.4; Brasil 9.3; Unión Europea 7.8; China 6.9; India 4.2; Argentina 2.6; Australia 2.0; y México 1.9 miles de toneladas (COMECARNE, 2016). Para 2017, se pronostica que la producción mundial de carne de bovino ascienda a un nivel récord de 61.3 millones de toneladas (FIRA, 2017).

Los principales países exportadores de carne bovina durante el año 2016 fueron Brasil, Australia y Estados Unidos (COMECARNE, 2016). México importa una cantidad importante de carne de bovino, para lograr satisfacer su consumo interno, por otra parte, es productor y exportador de becerros, principalmente a Estados Unidos (Cruz & García, 2014).

### **2.1.1 Producción de carne de res en México**

En México la ganadería, y en específico la producción de carne, es la actividad productiva más diseminada en el medio rural y representa una de las principales actividades del sector agropecuario (Lastra & Peralta, 2000; Rubio et al., 2013). La carne de bovino es la segunda reportado con mayor producción nacional, después de la carne de ave. Dentro de los principales estados productores se encuentran Veracruz, Jalisco, Chiapas, Chihuahua y Baja California. Son 12 estados los que generan en promedio 70% de la producción total de carne (Ríos & Castillo, 2015).

En 2016, la participación del valor de la industria cárnica en el PIB total fue de 0.6%. Por otro lado, representa 14.9% en el PIB de la industria de alimentos y 15.3% en el PIB agropecuario (COMECARNE, 2016). En México, la producción de carne de bovino se desarrolla bajo diferentes niveles tecnológicos, y ha evolucionado a un menor ritmo que la avicultura y la porcicultura (Ruiz, 2014; SAGARPA, 2006). El sacrificio en rastros TIF se ha incrementado en los últimos años, sin embargo, aún son necesarios muchos avances para garantizar la calidad sanitaria de la carne en México. Dentro de la industria cárnica nacional, la producción TIF representa 41.16% del total de los bovinos sacrificados (ANETIF, 2015).

### **2.1.2 Producción de carne de res en Brasil**

En los últimos años la ganadería de carne en Brasil ha sufrido diversos cambios estructurales, sobre todo por el uso de tecnologías agropecuarias, el aumento de las exportaciones y la distribución geográfica del rebaño (Pedroso et al., 2013). Por ser un sector clave para el PIB de la agroindustria, la ganadería es muy importante para la economía brasileña y se caracteriza por ser una actividad que requiere de toda la atención, enfrentando continuamente desafíos significativos (Alcântara & Rumenos, 2014). En el cuarto trimestre de 2016, se sacrificaron 7.41 millones de cabezas de bovinos bajo algún servicio de inspección sanitaria (IBGE, 2017).

Actualmente existen tres entidades legales para la inspección de alimentos de origen animal en Brasil: el Servicio de Inspección Federal (SIF), donde están registrados los establecimientos que comercializan los productos entre Estados o para exportación. En el Servicio de Inspección Estatal (SIE), donde están registrados los establecimientos que solo pueden comercializar sus productos en los municipios de determinado Estado; y por último el Servicio de Inspección Municipal (SIM), donde están registrados los establecimientos que pueden comercializar sus productos dentro del municipio (Abrahão, Nogueira & Malucelli, 2005).

## **2.2 Inocuidad alimentaria y enfermedades transmitidas por alimentos**

La falta de inocuidad de los alimentos ha representado un problema de salud para el ser humano desde los albores de la historia (OMS, 2007). Uno de los aspectos que guarda una gran importancia en la producción de carnes y otros alimentos de origen ganadero, es la sanidad animal, debido a la presencia de enfermedades (Lastra & Peralta, 2000). La contaminación alimentaria se define como la presencia de cualquier materia anormal en el alimento, que comprometa su calidad para el consumo humano o animal (Barreto, Sedrés, Rodríguez & Guevara, 2010).

Las deficientes condiciones sanitarias en muchos rastros, derivadas de la falta de instalaciones y buenas prácticas de producción, contribuyen a la contaminación exógena de la carne (Signorini, 2007). Moreno y Alarcón (2010) mencionan que en los últimos años la comunidad médica se ha enfrentado a una creciente incidencia de reportes de enfermedades causadas por los alimentos en todo el mundo. Estos incidentes han ocasionado preocupación en el ámbito de la Salud Pública, en cuanto a la eficacia de los sistemas que garantizan la calidad e inocuidad de los alimentos.

Es importante indicar que la producción de alimentos sanos debe ser una preocupación permanente de quienes se dedican a esta actividad, de los organismos del estado encargados de velar por la salud de los consumidores, y

de la sociedad en general (Mercado, 2007). Para velar por la inocuidad de los alimentos en todos los países, desarrollados o en desarrollo, es necesaria la aplicación de técnicas y normas con el fin de, entre otras cosas, prevenir la transmisión de enfermedades de origen alimentario (FAO, 2009).

La conservación y la limpieza inadecuada de un alimento puede permitir el crecimiento de patógenos, originando enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA), con importante morbilidad y mortalidad (Madigan, Martinko, Dunlap & Clark, 2009). Además, las ETAs constituyen el problema de salud pública más extendido en el mundo. Millones de personas se enferman y muchas mueren anualmente por consumir alimentos insalubres, por lo que es necesario mantener una vigilancia epidemiológica constante y aplicar medidas oportunas que permitan su control y prevención (García, Rodríguez, Casado, Pérez & Sosa, 2012; OMS, 2015b).

De acuerdo con Poolman (2017), en las últimas décadas se han obtenido ganancias sustanciales en la reducción de las muertes, debidas a la diarrea en el mundo. Sin embargo, las enfermedades diarreicas, siguen siendo la segunda causa más común de muerte en niños menores de 5 años en todo el mundo, y son una de las principales causas de desnutrición. Se suma a esto, las enfermedades causadas por consumir alimentos o bebidas contaminados por microorganismos o sustancias químicas, durante las etapas de elaboración (OMS, 2015b; Rosas & Acosta, 2001).

Se han descrito más de 250 enfermedades diferentes vinculadas a los alimentos (CDC, 2016). La OMS estima que cada año, las enfermedades diarreicas de transmisión alimentaria o hídrica cobran la vida de 2.2 millones de personas, en su mayoría niños. La diarrea es el síntoma agudo más frecuente de las ETAs; otras consecuencias graves son la insuficiencia renal y hepática, los trastornos cerebrales y neurales, la artritis reactiva, el cáncer y la muerte. Las ETAs son generalmente de carácter infeccioso o tóxico y son causadas por bacterias, virus o parásitos y las más comúnmente reconocidas son las provocadas por las bacterias *Campylobacter*, *Salmonella*, *Listeria* y *E. coli* O157:H7 (OMS, 2015b;

Peterson, 2007). El principal factor que interviene en el origen y prevención de las ETAs es la higiene alimentaria (Moreno & Alarcón, 2010).

Se plantea, ante el crecimiento de la población mundial, la intensificación e industrialización de la agricultura y la producción ganadera para satisfacer la creciente demanda de alimentos, simultáneamente crecen las oportunidades y dificultades para la inocuidad de los alimentos. Estas dificultades suponen una mayor responsabilidad para los productores y distribuidores de alimentos, en lo que atañe la inocuidad de los alimentos (OMS, 2015b).

### **2.3 Contaminación de la carne**

Los diversos microorganismos que alteran la carne llegan a ella debido a la infección del animal vivo (contaminación endógena), o por la invasión *post mortem* (contaminación exógena). Ambas son altamente perjudiciales, pero las alteraciones por contaminación exógena son las más frecuentes, y muchas veces responsables de severas enfermedades de los consumidores (Teixeira, 2010).

De acuerdo con Signorini (2007), desde el punto de vista práctico la carne de los animales saludables y faenados con buenas prácticas de manufactura es estéril. Por ello, el perfil microbiológico de la carne fresca ofrecida a los consumidores, en su mayoría, es la suma de las aportaciones de las operaciones de faena o sacrificio, almacenamiento, transporte y distribución.

#### **2.3.1 Contaminación en el rastro**

La carne es un medio de cultivo excelente para el desarrollo microbiano, por presentar una alta actividad de agua y ser rica en sustancias nitrogenadas, minerales y factores de crecimiento (Silva & Silva, 2002). Las prácticas inadecuadas en el proceso de sacrificio, durante el desangrado, desollado, faenado, eviscerado y despiece de la canal, facilitan la contaminación debido al contacto de la carne con suciedad, materia fecal y polvo (Hernández et al., 2007).

La calidad y la seguridad microbiológica de los productos crudos dependen del control durante la producción, preparación, almacenamiento y comercialización. La utilización de buenas prácticas de higiene es la principal medida de control (Silva & Silva, 2002). Ahora bien, el sacrificio y manipulación en condiciones de limpieza, refrigeración y almacenamientos adecuados, limpieza y desinfección de utensilios, reducción del movimiento del personal, tratamiento del agua, contribuyen para disminuir el riesgo de contaminación durante el sacrificio y procesamiento de la carne (Riedel, 2005).

### **2.3.2 Contaminación cruzada**

El concepto de contaminación cruzada se puede entender cuándo, un proceso o producto y/o materia prima puede ser contaminada por otro proceso, producto y/o materia prima. Este tipo de contaminación es muy común, por lo que es relevante que el operario conozca la importancia de realizar los procedimientos en el sitio, y de forma adecuada. Es por eso, que el establecimiento debe estar diseñado con las divisiones para las distintas tareas, con el objetivo de no exponer el producto a las contaminaciones potenciales (SAGARPA, 2014).

## **2.4 Microorganismos Indicadores**

En microbiología de alimentos, la determinación de microorganismos indicadores es una herramienta que refleja la calidad sanitaria del producto, revelando, además las condiciones higiénicas de la materia prima, la forma como fueron manipulados durante su producción, elaboración y almacenamiento (Pascual & Calderón, 2000; Teixeira, 2010). Los aerobios mesófilos y coliformes son los dos grupos con gran importancia como indicadores (Nero, Beloti & Ferreira, 2000).

### **2.4.1 Aerobios mesófilos**

El recuento de microorganismos aerobios mesófilos es una herramienta valiosa de auxilio para monitorear la calidad sanitaria de los alimentos, las buenas prácticas y el control de calidad (ICMSF, 1986; Teixeira, 2010). Los microorganismos aerobios mesófilos son todos aquellos capaces de crecer a

temperaturas entre 25 y 40°C en condiciones de aerobias (Gombossy & Landgraf, 2008). Como indicador de la presencia de patógenos este análisis tiene un valor limitado (Pascual & Calderón, 2000). Adicionalmente, es necesario considerar que todas las bacterias patógenas de origen en alimentos son mesófilas, y de este modo, un alto recuento indica que se propiciaron condiciones para el crecimiento de patógenos (Gombossy & Landgraf, 2008).

#### **2.4.2 Coliformes totales**

En el caso de los microorganismos coliformes totales, estos pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae* y se caracterizan por la capacidad de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un período de 48 horas, con temperatura de incubación comprendida entre 30 y 37°C (Madigan et al., 2009; Pascual y Calderón, 2000). Se trata de bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados. Muchos coliformes, son miembros del grupo de bacterias entéricas (Madigan et al., 2009). Forman parte de este grupo, predominantemente, bacterias pertenecientes a los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella* (Gombossy & Landgraf, 2008).

### **2.5 Microorganismos Patógenos**

Los microorganismos patógenos son agentes infecciosos que pueden provocar enfermedades a su huésped. Este término se emplea normalmente para describir microorganismos como los virus, bacterias y hongos. Estos agentes pueden perturbar la fisiología normal de plantas, animales y humanos (GMH, 2015). Se ha confirmado que los patógenos microbianos en alimentos son los responsables principales de enfermedades transmitidas en Latinoamérica y Caribe (Díaz-Rivero & González, 2001).

#### **2.5.1 Salmonella**

Para abordar la importancia del género *Salmonella*, primeramente se puede indicar que pertenece a la tribu *Salmonelleae*, de la familia *Enterobacteriaceae*.

Los miembros del género *Salmonella* son bacilos gran-negativos, de 0.7-1.5 x 2.0-5µm, anaerobios facultativos, no esporulados, generalmente móviles por flagelos peritricos, que utilizan citrato como única fuente de carbono y poseen metabolismo de tipo oxidativo y fermentativo (Caffer, Terragno & Binsztein, 2008; González, Pereira, Soto, Hernández & Villarreal, 2014).

La designación del género *Salmonella* fue adoptada en 1900, por Lignières, como un homenaje a Daniel Salmon, el cuál aisló el microorganismo conocido como *Salmonella entérica* serotipo Cholerasuis de cerdos. Su nomenclatura tuvo como orientación inicial, información relacionada a condiciones clínicas o al huésped, del cual es microorganismo era aislado (Ministério da Saúde, 2011). El género *Salmonella* es de taxonomía difícil, modificada en estos últimos años, debido al aporte de estudios moleculares de homología de ADN (García, Hernández, Herrero & Gómez, 2014).

En la actualidad, el género está constituido por dos especies genéticamente distintas: *S. enteria* y *S. bongori*. La primera se encuentra dividida en seis subespecies, que recibieron las siguientes denominaciones: *entérica*, *salamae*, *arizonae*, *diarizonae*, *houtenae* e *indica* (Ministério da Saúde, 2011). A su vez las subespecies de *Salmonella entérica* y *Salmonella bongori* se dividen en más de 2400 serotipos, que están definidas en función de diferentes asociaciones de factores antigénicos O y flagelares H (Caffer et al., 2008). Algunos serotipos sólo se encuentran en un tipo de animal o en un solo lugar, mientras algunos otros pueden ser responsables por causar enfermedades especialmente graves cuando infectan a las personas (CDC, 2016).

La mayoría de los serotipos de *Salmonella* crecen en un rango de temperatura que va desde 5 a 47 °C, con una temperatura óptima de 35-37 °C, algunas pueden llegar a crecer a 2-4 °C y hasta 54 °C (González et al., 2014). El hábitat natural de las salmonelas puede ser dividido en tres categorías:

- a) Las que son altamente adaptadas al hombre, como por ejemplo *S. typhi*, *S. paratyphi A* y *S. paratyphi C*.

- b) Las que son altamente adaptadas a los animales, *S. abortusovis*, *S. abortusequi* y *S. gallinarum*.
- c) Las que se ajustan indistintamente al hombre y animales. En este grupo se encuentran la mayoría de los serotipos responsables de las salmonelosis.

En lo que respecta a su distribución, *Salmonella* se presenta mundialmente, además reporta cuatro de las principales causas de enfermedades diarreicas. En este caso, los alimentos representan el vehículo principal de transmisión (Ministério da Saúde, 2011; OMS, 2016). Consecuentemente, es evidente que los casos de salmonelosis a través de los alimentos se han incrementado con el paso del tiempo (Pascual & Calderón, 2000). En lo que respecta a la enfermedad, la salmonelosis es tipificada como infecciosa al hombre y animales, causada por microorganismos de las especies de *Salmonella*. Aunque fundamentalmente son bacterias intestinales, *Salmonella* está muy distribuida en el ambiente y se encuentra con frecuencia en vertidos de granjas, en las aguas residuales humanas y en cualquier material con contaminación fecal. En todos los países existe salmonelosis, pero parece ser más prevalente en áreas de producción animal intensiva, especialmente de aves y cerdos (OIE, 2008).

Es igualmente relevante mencionar que el desarrollo de la enfermedad tras la ingestión de *Salmonella*, depende por una parte, del número y virulencia de los microorganismos, mientras que por otro lado, se asocia a factores dependientes del huésped (Sánchez, Garrido, Álvarez & Rodríguez, 2006). En la actualidad, las salmonelosis están representadas por las formas mayores (fiebre tifoidea y paratifoidea), y las formas menores o no tifoideas (gastroenteríticas), producidas por diversos serotipos de salmonelas, que tienen una epidemiología y un cuadro clínico distintos (Terrier & Martínez, 2006).

Una vez adquirida la infección, el período de incubación es de 6-72 horas para los cuadros de gastroenteritis. Por supuesto, los tiempos se presentan en tiempos menores, con un mayor inóculo ingerido, y en pacientes con factores de riesgo. Mientras que en el caso de las fiebres tifoideas y paratifoideas es de 3-60 días, y

por lo general, se presentan en un período de 1-3 semanas (García, Hernández, Herrero & Gómez, 2014). Terrier y Martínez (2006) reportan que entre las salmonelas mayores, desde los años 1980, se observan la aparición y la difusión de cepas multirresistentes a los antibióticos, habitualmente indicados para los tratamientos de primera elección.

El cuadro clínico ocasionado por las salmonelas tifoparatíficas se caracteriza por la aparición de fiebre, cefalea, tos, diarrea en fases muy precoces, e igualmente pueden existir molestias abdominales. Los cuadros de gastroenteritis se caracterizan por la presencia de enteritis o colitis con fiebre, diarrea acuosa y vómitos que, por lo general, se autolimitan en personas sanas y jóvenes, pero que puede cursar con bacteriemia y sepsis en pacientes con sistema inmunológico deprimido (García et al., 2014). De acuerdo con el CDC (2016b), se estima que a cada año, *Salmonella* causa un millón de enfermedades transmitidas por alimentos en los Estados Unidos, con 19,000 hospitalizaciones y 380 muertes.

En algunos países, los problemas de salmonelosis han aumentado 20 veces entre las décadas de 1980 y 1990, aunque existen ejemplos de países que han logrado limitar, y aun revertir estos incrementos. Aunque en general presenta una tendencia de incremento la propagación de *Salmonella entérica* serotipo Enteritidis y *Salmonella entérica* serotipo Typhimurium (Gutiérrez, Paasch & Calderón, 2008). En la Unión Europea, entre los años de 2008 a 2013, el número total anual de brotes de *Salmonella* disminuyó notablemente en un 38.1%, de 1,888 a 1,168 brotes. Sin embargo, todavía la *Salmonella* sigue siendo el agente causal más frecuentemente detectado en los brotes de origen alimentario (EFSA, 2015).

En lo que respecta a la incidencia de *Salmonella* en México, no se cuenta con estadísticas nacionales actualizadas de infecciones por esta enfermedad. Con frecuencia, el médico hace un diagnóstico basándose en el cuadro clínico del paciente, pero sin contar con los estudios microbiológicos necesarios para establecer un diagnóstico certero. La falta de un sistema de vigilancia y

infraestructura necesaria impide que países en vías de desarrollo, puedan identificar las principales serovariedades de *Salmonella* en las diferentes clases de alimentos. Es igualmente difícil identificar los riesgos asociados a la salud de los seres humanos (Zaidi, López & Calva, 2006).

Para la implementación de las medidas preventivas y de profilaxis de la fiebre tifoidea y las gastroenteritis por *Salmonella*, éstas se basan en las medidas socio-sanitarias. Para su aplicación es necesario con buen control de aguas residuales, de los sistemas de abastecimiento de aguas y, sobretodo, de la manipulación de los alimentos, e imprescindible la higiene (García et al., 2014).

### **2.5.2 *Escherichia coli***

En la descripción de *Escherichia coli* se indica que se trata de una bacteria gram negativa en forma de bacilo y miembro de la familia de Enterobacteriaceae. Se trata de una familia numerosa que también incluye *Salmonella*, *Klebsiella*, *Proteus* y *Enterobacter* spp. Son anaerobios facultativos y presentan una gran diversidad en fenotipo y genotipo (Poolman, 2017). Pocos microorganismos son tan versátiles como *Escherichia coli* (Kaper, Nataro & Mobley, 2004). De acuerdo con Madigan et al. (2009), la mayoría de las cepas de *Escherichia coli* no son patógenas y forman parte de la microflora entérica normal del colon humano y animal. Sin embargo, unas cuantas cepas son potencialmente patógenas y se transmiten por alimentos.

Las enfermedades diarreicas de los animales de interés zootécnico y/o del hombre son frecuentemente, debido infecciones causadas por uno u otro patógeno de *Escheria coli*, y estos pueden ser agrupados en tres familias; 1) organismos comensales que son residentes normales del tracto gastrointestinal, y no causan enfermedades; 2) cepas que causan enfermedades intestinales diarreicas (enteropatógena – EPEC, enterotoxigénica – ETEC, enterohemorrágica – EHEC, enteroagregativa – EAEC, enteroinvasiva – EIEC, adherente difusa – DAEC); y 3) cepas que usualmente causan enfermedades fuera del tracto intestinal (Kaper et al., 2004; Nagy & Fekete, 2005). Entre las

cepas patógenas, se destacan las células de *E. coli* enterohemorrágicas (EHEC), que producen verotoxina, una enterotoxina similar a la producida por *Shigella dysenteriae*, la toxina de Shiga (Madigan et al., 2009).

Ahora bien, EHEC han sido aisladas en una serie de grandes brotes de diarrea de origen alimentario a través de la contaminación de la sidra de manzana, la espinaca, la lechuga y las nueces, así como en los brotes de carne molida que condujo al reconocimiento original de los organismos en la década de 1980 (Poolman, 2017). La primera cepa de EHEC que se identificó fue O157:H7, que desde entonces ha estado implicada en numerosos brotes transmitidos por alimentos, se trata de uno de los patógenos alimentares más importantes que causan pérdidas significativas entre la población humana (Hessain et al., 2015; Poolman, 2017). Los rumiantes, especialmente el ganado, son los principales reservorios. La infección es adquirida típicamente a través de la ingestión de alimentos, o agua contaminada, por contacto directo con animales, o por transmisión persona a persona (Karmali, Gannon & Sargeant, 2010).

La enfermedad continúa después que una persona ingiere alimento o agua que contiene *E. coli* O157:H7, el organismo crece en el intestino delgado y produce verotoxina, la cual causa, tanto una diarrea hemorrágica como un fallo renal. Este patógeno es la causa mayoritaria del síndrome urémico hemolítico. La infección se presenta principalmente, por el consumo de carne no cocinada o mal preparada, sobre todo en carne molida de venta al por mayor (Madigan et al., 2009). Los planes para prevenir o controlar las enfermedades diarreicas causadas por *E. coli*, deben presentar protocolos multidisciplinarios (Poolman, 2017). Sin embargo, un manejo adecuado de los alimentos, la purificación del agua, y las precauciones higiénicas apropiadas son las medidas principales para evitar la difusión de las cepas patógenas (Madigan et al., 2009).

### **2.5.3 *Listeria***

En lo que respecta a las *Listeria*, se puede mencionar que se tratan de cocobacilos cortos, grampositivos, que tienden a formar cadenas de entre tres a

cinco células (Madigan et al., 2009). A pesar que la temperatura de crecimiento ideal está entre 30-37 °C, la *Listeria* es capaz de crecer en un rango de temperatura de 1-45 °C, haciendo que este microorganismo sea una preocupación potencial para la inocuidad de los alimentos refrigerados (Johnson, Doyle & Cassens, 1990). Actualmente se conocen 15 especies del género *Listeria*: *Listeria monocytogenes*, *Listeria grayi*, *Listeria innocua*, *Listeria welshimeri*, *Listeria seeligeri*, *Listeria ivanovii*, *Listeria marthii*, *Listeria rocourtiae*, *Listeria fleischmannii*, *Listeria weihenstephanensis*, *Listeria floridensis*, *Listeria aquatica*, *Listeria cornellensis*, *Listeria riparia* y *Listeria grandensis*. De este grupo, la *Listeria monocytogenes* plantea la mayor amenaza para la salud humana por ser el agente causante de la listeriosis, una importante enfermedad transmitida por los alimentos (Madigan et al., 2009; Weller, Wiedmann & Bakker, 2015).

Para los parámetros de resistencia, la *Listeria monocytogenes* se presenta como tolerante al ácido, a la sal, al frío y es un anaerobio facultativo. Se encuentra comúnmente en el suelo y en el agua, prácticamente ninguna fuente alimentaria está a salvo de una posible contaminación. El alimento puede contaminarse en cualquier fase de su crecimiento o del procesamiento (Madigan et al., 2009). Los primeros casos reportados de listeriosis humana se registraron en el año 1929 (Frazier & Westhoff, 1993).

La listeriosis transmitida por alimentos es una enfermedad relativamente poco común, pero grave, con tasas de letalidad altas (20-30%), comparadas con las de otros microorganismos patógenos transmitidos por alimentos, como la *Salmonella*. La enfermedad afecta principalmente a segmentos específicos de la población cuya vulnerabilidad es mayor. Básicamente, *L. monocytogenes* es un patógeno oportunista que casi siempre afecta a personas con una enfermedad o circunstancia subyacente grave (FAO, 2004). En la población general, la incidencia de listeriosis es baja, a pesar de la amplia distribución del microorganismo en el medio ambiente, y la relativamente alta frecuencia de aislamiento en los alimentos (Buchanan, Gorris, Hayman, Jackson & Whiting,

2017). Datos importantes indican que a pesar de la conservación por refrigeración, que normalmente reduce el crecimiento microbiano, resulta ineficaz para limitar el crecimiento de este microorganismo psicotolerante (Madigan et al., 2009).

De acuerdo con la FAO (2004), la listeriosis se detecta principalmente en los países industrializados, y no se sabe, si las diferencias entre las incidencias en los países desarrollados, y en los países en desarrollo se deben a diferencias geográficas verdaderas, a las diferentes costumbres alimentarias y medios de conservación de los alimentos, o a diferencias en las prácticas de diagnóstico y notificación. Por ejemplo, Buchanan et al. (2017) mencionaron que las mejoras en las medidas de control, iniciadas en los años noventa, han reducido enormemente la prevalencia de *Listeria monocytogenes* en muchos alimentos, particularmente en carnes y productos cárnicos. Sin embargo, la tasa de enfermedad ha permanecido constante durante la última década. Además, los recientes brotes han desafiado las conclusiones de las evaluaciones de riesgos existentes.

## **2.6 Cadena de frío y el crecimiento microbiano**

En los últimos años, la inocuidad alimentaria ha adquirido una gran importancia debido a la globalización y al libre comercio de los alimentos (Likar & Jevšnik, 2004). Muchos tipos de productos tienen que ser manejados bajo parámetros ambientales controlados, tales como temperatura, humedad, vibraciones y exposición a la luz (Carullo, Corbellini, Parvis & Vallan, 2009). En este sentido, la temperatura es uno de los factores más importantes que afectan la calidad de los productos frescos (Jobling, 2000). Por ejemplo, si la temperatura de algunos alimentos refrigerados excede los límites específicos, puede ocurrir una gran disminución en la calidad, junto con un aumento en el riesgo para la salud del consumidor (Carullo et al., 2009).

Aung, Chang y Kim (2012) describen a la cadena de frío, como la temperatura de suministro de control requerida para los productos perecederos, desde la

producción primaria hasta la etapa de consumo final. Por lo tanto, la cadena de frío es esencial para garantizar la inocuidad, calidad organoléptica, contenido nutricional y valor comercial de los productos alimenticios perecederos, desde la cosecha o el sacrificio hasta el consumidor. El control y los sistemas de monitorizar de la temperatura son partes integrales de cualquier sistema de manejo de alimentos, además de ser, en muchas áreas de la cadena de frío, un requisito legislativo. Sin duda alguna, pueden verse comprometidas la inocuidad y la calidad de los alimentos, sin la aplicación de estos sistemas y registros de temperaturas dentro de la cadena de frío de los alimentos (Evans, 2016).

La temperatura es el factor principal que controla el crecimiento bacteriano en los alimentos. En alimentos como la carne, la vida de almacenamiento está altamente relacionada con el crecimiento bacteriano (Evans, 2016). El objetivo de la refrigeración de productos alimenticios, es mantener la calidad y prolongar la vida útil, manteniendo la temperatura del producto en el punto donde se minimizan los deterioros metabólicos y microbianos (Hunt-Ashby, 2008). Al presentarse un incremento en la temperatura durante el transporte y el almacenamiento, más rápida será la tasa de crecimiento microbiano. Por lo tanto, para evitar el deterioro y prolongar la vida útil de la carne fresca, es importante mantener la cadena de frío durante toda la cadena de suministro (Bruckner, Albrecht, Petersen & Kreyenschmidt, 2012).

En general, una temperatura baja ocasiona menos crecimiento microbiano y menor alteración alimenticia. Sin embargo, varios microorganismos psicrotolerantes pueden crecer, aunque sea lentamente, a la temperatura de un refrigerador (3-5 °C) (Madigan et al., 2009). Desafortunadamente, los sistemas de producción y los canales de distribución, no siempre cuentan con el equipamiento necesario para mantener la cadena de frío. Por ejemplo, en muchos supermercados los estantes refrigerados se encuentran programados para operar entre 7 y 10 °C, y es todavía más grave cuando estos equipos se apagan durante la noche (Tirado, Paredes, Velazquez & Torres, 2005). La pérdida de calidad es una función del tiempo y temperatura. El abuso es adictivo,

incluso durante períodos cortos de tiempo como la carga, el tránsito y la descarga, pueden causar una cantidad considerable de pérdida de calidad en el momento en que el producto llega a su destino (Hunt-Ashby, 2008).

## **2.7 Normatividad y especificaciones sanitarias para carne**

En México la normalización se plasma en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de carácter obligatorio, elaboradas por Dependencias del Gobierno Federal y las Normas Mexicanas (NMX) de ámbito primordialmente voluntario, promovidas por la Secretaría de Economía y el sector privado, a través de los Organismos Nacionales de Normalización.

### **2.7.1 Normas Oficiales Mexicanas para Carne**

Entre las especificaciones sanitarias para carne de res, podemos encontrar diversas Normas Oficiales Mexicanas de observancia obligatoria. En el Cuadro 1 se detallan algunas de las principales normas para carne de res.

La Unión Europea (UE) aplica la normatividad vigente en la *European Commission*. Las normas relativas a Higiene Alimentaria abarcan todas las fases de producción, transformación, distribución y comercialización de los alimentos destinadas al consumo humano. En el Cuadro 3 se detallan los principales reglamentos para alimentos en la UE.

### **2.7.2 Normas Internacionales para carne**

Respecto a la normatividad existente para el ámbito internacional, el Codex Alimentarius se ha convertido en un punto de referencia para todos los eslabones de la cadena de alimentos, como son los consumidores, productores y elaboradores de alimentos, los organismos nacionales de control de los alimentos y el comercio alimentario internacional. Su influencia se extiende a todos los continentes y su contribución a la protección de la salud de los consumidores. Igualmente abordan la garantía de unas prácticas equitativas aplicadas en el comercio alimentario, y este factor se convierte en un apoyo incalculable (OMS,

2017). En el Cuadro 2 se detallan las principales normas internacionales relacionadas a higiene de la carne.

Cuadro 1. Normas Oficiales Mexicanas para carne de res.

<b>Norma Oficial Mexicana</b>	<b>Código</b>
Productos de la carne. Carne molida y carne molida moldeada. Envasadas. Especificaciones sanitarias.	NOM-034-SSA1-1993
Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados.	NOM-051-SCFI-1993
Procedimientos para la Toma, Manejo y Transporte de Muestras de Alimentos para su Análisis Microbiológico.	NOM-109-SSA-1-1994
Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.	NOM-110-SSA1-1994
Especificaciones zoonosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos, en aquellos puntos que resultaron procedentes	NOM-008-ZOO-1994
Proceso Sanitario de La Carne	NOM-009-ZOO-1994
Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.	NOM-092-SSA1-1994
Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.	NOM-112-SSA1-1994
Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.	NOM-113-SSA1-1994
Método para la determinación de <i>Salmonella</i> en alimentos.	NOM-114-SSA1-1994
Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas.	NOM-120-SSA1-1994
Especificaciones y procedimientos para la verificación de carne, canales, vísceras y despojos de importación en puntos de verificación zoonosanitaria.	NOM-030-ZOO-1995
Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.	NOM-213-SSA1-2002
Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos	NOM-194-SSA1-2004
Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios	NOM-251-SSA1-2009
Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria	NOM-051-SCFISSA1-2010

Cuadro 2. Principales normas internacionales para alimentos establecidas por el Codex Alimentarius.

<b>Norma</b>	<b>Código</b>
Principios generales de higiene de los alimentos	CAC/RCP 1-1969 (Revisada en 2003)
Norma para la carne picada curada cocida	CODEX STAN 98-1981 (Revisada en 2015)
Código de prácticas regional de higiene para la elaboración y venta de alimentos en las calles (América Latina y el Caribe)	CAC/RCP 43R-1995 (Revisada en 2001)
Código de prácticas de higiene para el transporte de alimentos a granel y alimentos semienvasados	CAC/RCP 47-2001 (Revisada en 2001)
Código de prácticas de higiene para la carne	CAC/RCP 58-2005
Directrices sobre la aplicación de principios generales de higiene de los alimentos para el control de <i>Listeria Monocytogenes</i> en los alimentos	CAC/GL 61-2007 (Revisada en 2009)
Guidelines for the Control of Nontyphoidal <i>Salmonella</i> spp. in Beef and Pork Meat	CAC/GL 87-2016

Cuadro 3. Reglamentos europeos para alimentos.

<b>Norma</b>	<b>Código</b>
Reglamento por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria	(CE) 178/2002
Reglamento relativo a la higiene de los productos alimenticios	(CE) 852/2004
Reglamento por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal	(CE) 853/2004
Directiva por la que se derogan determinadas directivas relativas a la higiene alimentaria ya las condiciones sanitarias aplicables a la producción y puesta en el mercado de determinados productos de origen animal destinados al consumo humano	(CE) 41/2004
Reglamento sobre los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios	(CE) 2073/2005
Reglamento de Ejecución de la Comisión por el que se establecen listas de terceros países, partes de terceros países y territorios a partir de los cuales los Estados miembros autorizarán la introducción en la Unión de determinados productos de origen animal destinados al consumo humano	(UE) 759/2016

Uno de los reglamentos más relevantes en el área de inocuidad alimentaria, se plasma en el Reglamento No. 2073/2005 del 15 de noviembre de 2005, en el que se establecen los criterios para algunas bacterias causantes de enfermedades de origen alimentario. Con base en lo anterior, se instauran los límites máximos permitidos para *Salmonella* en carne picada comercializada durante su vida útil. En este caso, por ejemplo el número de microorganismos debe ser Ausencia en 25 g.

En relación con otra bacteria de gran importancia como es *Listeria monocytogenes*, el reglamento norma hace referencia apenas a los alimentos listos para el consumo, en los cuales se pueden favorecer el desarrollo del microorganismo. El límite máximo es 100 UFC/g, para aquellos alimentos en los cuales el fabricante puede demostrar que el producto no superará al límite máximo durante su vida útil. Para aquellos alimentos que el fabricante no pueda demostrar, a satisfacción de la autoridad competente, que el producto no superará el límite máximo durante su vida útil, se aplicará Ausencia en 25 g.

A pesar de que existe el acuerdo en el Reglamento No. 2073/2005, la higiene de los procesos debe ser sometida a procesos de monitorización. El plan de muestreo para los microorganismos indicadores en carne molida al final del proceso de fabricación es:

- Recuento de colonias aerobias:  $n = 5$ ,  $c = 2$ ,  $m = 5 \times 10^5 \text{ufc/g}$ ,  $M = 5 \times 10^6 \text{ufc/g}$ .
- *E. coli*:  $n = 5$ ,  $c = 2$ ,  $m = 50 \text{ufc/g}$ ,  $M = 500 \text{ufc/g}$ .

Donde:  $n$  = número de unidades que componen la muestra y  $c$  = número de muestras que dan valores entre  $m$  y  $M$ .

El reglamento también describe y establece que en caso de resultados insatisfactorios, se deben tomar acciones encaminadas a mejorar la higiene en la producción y en la selección y/o el origen de las materias primas.

## 2.8 Literatura Citada

- Abrahão, R. M. C. M., Nogueira, P. A., & Malucelli, M. I. C. (2005). O comércio clandestino de carne e leite no Brasil e o risco da transmissão da tuberculose bovina e de outras doenças ao homem: um problema de saúde pública. *Archives of Veterinary Science*, 10, 2, 1-17. DOI: 10.5380/avs.v10i2.4409.
- Alcântara S. N., W., & Rumenos P. B., M. (2014). Growth of Brazilian beef production: Effect of shocks of supply and demand. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 52, 2, 209-228. DOI: 10.1590/S0103-20032014000200001.
- ANETIF – Asociación Nacional de Establecimientos TIF. (2015). *Participación de la Producción TIF, dentro de la industria cárnica nacional*. Disponible en: [http://anetif.org/pages/view/participacion\\_de\\_la\\_produccion\\_tif](http://anetif.org/pages/view/participacion_de_la_produccion_tif). Consultado el: 18 de julio de 2017.
- Aung, M. M., Chang, Y. S., & Kim, W. R. (2012). Quality monitoring and dynamic pricing in cold chain management. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 6, 2, 454-458.
- Barreto A., G., Sadrés C., M., Rodríguez T., H., & Guevara V., G. (2010). Agentes bacterianos asociados a brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) en Camaguey, Cuba, durante el período 2000-2008. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 11, 2.
- Bruckner, S., Albrecht, A., Petersen, B., & Kreyenschmidt, J. (2012). Influence of cold chain interruptions on the shelf life of fresh pork and poultry. *International of Food Science and Technology*, 47, 1639-1646. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03014.x.
- Buchanan, R. L., Gorris, L. G. M., Hayman, M. M., Jackson, T. C., & Whiting, R. C. (2017). A review of *Listeria monocytogenes*: an update on outbreaks, virulence, dose-response, ecology, and risk assessment. *Food Control*, 75, 1-13. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.12.016.
- Caffer, M. I., Terragno, R., & Binsztein, N. (2008). *Diagnóstico y Caracterización de Salmonella spp.* Argentina: WHO Global Salm Surv, 76 p.
- Carullo, A., Corbellini, S., Parvis, M., & Vallan, A. (2009). A Wireless Sensor Network for Cold-Chain Monitoring. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 58, 5, 1405-1411. DOI: 10.1109/TIM.2008.2009186.
- CDC – Centers for Disease Control and Prevention. (2016a). *CDC and Food Safety*. Disponible en: <https://www.cdc.gov/foodsafety/cdc-and-food-safety.html>. Consultado el: 18 de noviembre de 2017.
- CDC – Centers for Disease Control and Prevention. (2016b). *Foodborne Germs and Illnesses*. National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases, USA. Disponible en: <https://www.cdc.gov/foodsafety/foodborne-germs.html>. Consultado el: 01 de junio de 2017.

- COMECARNE – Consejo Mexicano de la Carne. (2016). *Compendio estadístico 2016 de la industria cárnica mexicana: principales países productores de carne de bovino*. Disponible en: <http://infocarne.comecarne.org/compendio/visualizar?comp=9&componente=434>. Consultado el: 17 de mayo de 2017.
- Cruz J., J., & García S., R. C. (2014). El mercado de la carne de bovino en México: 1970-2011. *Estudios Sociales*, 22, 43, 87-110.
- Díaz-Rivero, C., & González G., B. (2001). *Sthaphylococcus aureus* en queso blanco fresco y su relación con diferentes microorganismos indicadores de calidad sanitaria. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 2, 3.
- EFSA – European Food Safety Authority. (2015). The European Union Summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2013. *EFSA Journal*, 13, 1, 1-165.
- Evans, J. (2016). Effects of Food and Beverage Storage, Distribution, Display, and Consumer Handling on Shelf Life. In: Subramaniam, P. (Ed.), *The Stability and Shelf Life of Food* (2<sup>nd</sup> ed.) (pp. 124-157). Duxford, England: Elsevier.
- FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *El futuro de la alimentación y la agricultura: tendencias y desafíos*. Disponible en: <http://www.fao.org/publications>. Consultado el: 12 de mayo de 2017.
- FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2009). *Enfermedades transmitidas por alimentos y su impacto socioeconómico. Estudios de caso en Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua*. Italia: FAO/OMS.
- FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2004). *Evaluación de riesgos de Listeria monocytogenes en alimentos listos para el consumo*. Servicio de Calidad de los Alimentos y Normas Alimentarias. Italia: FAO/OMS.
- FIRA – Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (2017). *Panorama Agroalimentario: carne de bovino 2017*. México.
- Frazier, W. C., & Westhoff, D. C. (1993). *Microbiología de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- García R., R. D., Rodríguez H., O., Casado R., C., Pérez A., A., & Sosa C., I. (2012). Intervención educativa sobre las enfermedades transmitidas por alimentos en estudiantes de Tecnología de la Salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 50, 2, 213-221.
- García V., E., Hernández T., A., Herrero M., J. A., & Gómez G., J. (2014). Infecciones por *Salmonella* y *Yersinia*. *Medicine*, 11, 56, 3322- 3326. DOI: 10.1016/S0304-5412(14)70777-2.

- GMH – Gut Microbiota for Health. (2015). *Pathogen*. Disponible en: <http://www.gutmicrobiotaforhealth.com/en/glossary/pathogen/>. Consultado el: 18 de julio 2017.
- Gombossy M. F., B. D., & Landgraf, M. (2008). *Microbiologia dos Alimentos*. São Paulo: Atheneu.
- González P., J., Pereira S., N., Soto V., Z., Hernández A., E., & Villarreal C., J. (2014). Aislamiento microbiológico de *Salmonella* spp. y herramientas moleculares para su detección. *Salud Uninorte*, 30, 1, 73-94. DOI: 10.14482/sun.30.1.4316.
- Gutiérrez C., A. C., Paasch M., L. H., & Calderón A., N. L. (2008). Salmonelosis y campilobacteriosis, las zoonosis emergentes de mayor expansión en el mundo. *Veterinaria México*, 39, 1, 81-90.
- Hernández S. J., S., Zúñiga E., A., Sánchez O., I., Castro R., J., Róman G., A. D., & Santos L., E. M. (2007). Condiciones microbiológicas en el proceso de sacrificio en un rastro municipal del estado de Hidalgo, México. *Veterinaria México*, 38, 2, 187-195.
- Hessain, A. M., Al-Arfaj, A. A., Zakri, A. M., El-Jakee, J. K., Al-Zogibi, O. G., Hemeg, H. A., & Ibrahim, I. M. (2015). Molecular characterization of *Escherichia coli* O157:H7 recovered from meat and meat product relevant to human health in Riyadh, Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22, 725-729. DOI: 10.1016/j.sjbs.2015.06.009.
- Hunt-Ashby, B. (2008). *Protecting Perishable Foods During Transport by Truck*. USDA – United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, Handbook number 669.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). *Indicadores IBGE, Estatística da Produção Pecuária*. Disponible en: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Pecuaria/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/2016/abate-leite-couro-ovos\\_201604caderno.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2016/abate-leite-couro-ovos_201604caderno.pdf). Consultado el: 29 de mayo 2017.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2016). *Rebanho bovino alcança a marca recorde de 215,2 milhões de cabeças, mas produção de leite cai 0,4%*. Disponible en: <http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias.html?view=noticia&id=1&idnoticia=3268&busca=1&t=ppm-rebanho-bovino-alcanca-marca-recorde-215-2-milhoes-cabecas-producao-leite>. Consultado el: 29 de marzo de 2017.
- ICMSF – International Commission on Microbiological Specifications for Foods. (1986). *Microorganisms in Foods – Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications* (2<sup>nd</sup> ed.). Toronto, Canada: Blackwell Scientific Publications.
- Jobling, J. (2000). Temperature management is essential for maintaining produce quality. *Good Fruit and Vegetables Magazine*, 10, 10, 30-31.

- Johnson, J. L., Doyle, M. P., & Cassens, R. G. (1990). *Listeria monocytogenes* and other *Listeria* spp. in meat and meat products. *Journal of Food Protection*, 53, 1, 81-91. DOI: 10.4315/0362-028X-53.1.81.
- Kaper, J. B., Nataro, J. P., & Mobley, H. L. T. (2004). Pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews*, 2, 123-140. DOI: 10.1038/nrmicro818.
- Karmali, M. A., Gannon, V., & Sargeant, J. M. (2010). Verocytotoxin-producing *Escherichia coli* (VTEC). *Veterinary Microbiology*, 140, 360-370. DOI: 10.1016/j.vetmic.2009.04.011.
- Lastra M., I. J., & Peralta A., M. A. (2000). *La producción de carnes en México y sus perspectivas 1990-2000*. México: SAGARPA. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Estudios%20de%20situacin%20actual%20y%20perspectiva/Attachments/19/carne.pdf>. Consultado el: 19 de septiembre de 2016.
- Likar, K., & Jevšnik, M. (2004). Cold chain maintaining in food trade. *Food Control*, 17, 108-113. DOI: 10.1016/j.foodcont.2004.09.009
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Dunlap, P. V., & Clark, D. P. (2009). Brock. *Biología de los microorganismos* (12ª ed.). Madrid, España: Pearson.
- Masana, M. O. (2015). Factores impulsores de la emergencia de peligros biológicos en los alimentos. *Revista Argentina de Microbiología*, 47, 1-3. DOI: 10.1016/j.ram.2015.01.004.
- Mercado, C. E. (2007). Los ámbitos normativos, la gestión de la calidad y la inocuidad alimentaria: una visión integral. *Agroalimentaria*, 13, 24, 119-131.
- Ministério da Saúde – Secretaria de Vigilância em Saúde. (2011). *Manual Técnico de Diagnóstico Laboratorial de Salmonella spp.: diagnóstico laboratorial do gênero Salmonella*. Brasil: Fiocruz.
- Moreno G., M., & Alarcón, A. (2010). Higiene alimentaria para la prevención de trastornos digestivos infecciosos y por toxinas. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 21, 5, 749-755. DOI: 10.1016/S0716-8640(10)70596-4.
- Nagy, B., & Fekéte, P. Z. (2005). Enterotoxigenic *Escherichia coli* in veterinary medicine. *International Journal of Medical Microbiology*, 295, 443-454. DOI: 10.1016/j.ijmm.2005.07.003.
- Nero, L. A., Beloti, V., & Ferreira B, M. A. (2000). Métodos rápidos e automatizados para enumeração de microorganismos indicadores em leite – utilização no Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, 21, 1, 115-126.
- Newel, D. G., Koopmans, M., Verhoef, L., Duizer, E., Aidara-Kane, A., Sprong, H., Opsteegh, M., Langelaar, M., Threfall, J., Scheutz, F., Van der Giessen, J., & Kruse, H. Food-borne diseases – The challenges of 20 years ago still persist while new ones continue to emerge. *International Journal of Food Microbiology*, 139, 3-15. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.021.

- OCDE/FAO. (2013). *Perspectivas Agrícolas 2013-2022, Texcoco, Estado de México, Universidad Autónoma Chapingo*. DOI: 10.1787/agr\_outlook-2013-es.
- OIE – Organización Mundial de Sanidad Animal. (2008). *Manual de la OIE sobre animales terrestres*. Disponible en: [http://web.oie.int/esp/normes/mmanual/pdf\\_es\\_2008/2.09.09.%20Salmonelosis.pdf](http://web.oie.int/esp/normes/mmanual/pdf_es_2008/2.09.09.%20Salmonelosis.pdf). Consultado el: 26 de julio 2017.
- OMS – Organización Mundial de la Salud. (2017). Codex Alimentarius. Disponible en: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/understanding-codex/es/>. Consultado el: 11 de septiembre de 2017.
- OMS – Organización Mundial de la Salud. (2016). *Salmonella no tifoidea*. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs139/es/>. Consultado el: 19 de julio de 2017.
- OMS – Organización Mundial de la Salud. (2015a). *Informe de la OMS señala que los niños menores de 5 años representan casi un tercio de las muertes por enfermedades de transmisión alimentaria*. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/foodborne-disease-estimates/es/>. Consultado el: 18 de noviembre de 2017.
- OMS – Organización Mundial de la Salud. (2015b). *Inocuidad de los Alimentos*. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs399/es/>. Consultado el: 01 de junio de 2017.
- OMS – Organización Mundial de la Salud. (2007). *Manual sobre las cinco claves para la inocuidad de los alimentos*. Francia: OMS.
- Pascual A., M. R., & Calderón P., V. (2000). *Microbiología Alimentaria: Metodología Analítica para Alimentos y Bebidas* (2ª ed.). España: Díaz de Santos.
- Pedroso O., R., Jardim B., J. O., Andrighetto C., M. E., Reis S., J. C., Canali C., L., Oliveira A., C., & Martins C., F. (2013). Competitividad inter-regional de sistemas de producción de bovinocultura de corte. *Ciência Rural*, 43, 8, 1489-1495. DOI: 10.1590/S0103-84782013000800024.
- Peterson, J. (2007). La seguridad de la carne de vacuno. In: VanOverbeke, D. L. (Ed.), *Manual de seguridad y calidad de la carne de vacuno* (pp. 3-17). Zaragoza, España: Acribia.
- Poolman, J. T. (2017). *Escherichia coli*. *International Encyclopedia of Public Health*, 2, 585-593. DOI: 10.1016/B978-0-12-803678-5.00504-X.
- Riedel, G. (2005). *Controle Sanitário dos Alimentos* (3ª ed.). São Paulo, Brasil: Atheneu.
- Ríos F., J. A., & Castillo A., M. L. (2015). La competitividad de la carne fresca de res mexicana en el mercado estadounidense. *Estudios fronterizos*, 16, 32, 225-245.

- Rosas G., A., & Acosta V., M. P. (2001). *Manual de manejo higiénico de los alimentos*. México: Secretaria de Salud.
- Rubio L., M. S., Braña V., D., Méndez M., R. D., & Delgado S., E. (2013). *Sistemas de Producción y Calidad de Carne Bovina*. México: INIFAP.
- Ruiz L., M. 2014. *Percepción del consumidor con relación a la calidad e inocuidad de la carne bovina*. (Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma Chapingo, México). Disponible en: <https://chapingo.mx/produccionanimal/index.php/tesis-de-gradop?view=thesis&task=show&id=192>. Consultado el: 04 de mayo de 2016.
- SAGARPA – Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2016). *Bovino carne y leche, población ganadera*. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/165997/bovino.pdf>. Consultado el: 29 de mayo de 2017.
- SAGARPA – Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2014). *Manual de Buenas Prácticas de Producción de Miel*. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Manuales%20apcolas/Attachments/1/mbpp.pdf>. Consultado el: 18 de julio de 2017.
- SAGARPA – Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2006). *Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México 2006*. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Estudios%20de%20situacin%20actual%20y%20perspectiva/Attachments/3/sitbov06.pdf>. Consultado el: 18 de julio de 2017.
- Sánchez M., L., Garrido A., E., Álvarez A., P., & Rodríguez Z., M. (2006). Infecciones por *Salmonella*. Fiebre tifoidea y salmonelosis no tifoideas. *Medicine*, 9, 53, 3439-3448. DOI: 10.1016/S0211-3449(06)74197-2.
- Signorini, M. 2007. Evaluación de riesgos de los rastros y mataderos municipales. *NACAMEH*, 1, 2, 118-141.
- Silva B., J. T., & Silva F., A. (2002). Aplicação do sistema Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) no processamento de carne bovina fresca. *Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 20, 1, 1-18.
- Teixeira, I. C. (2010). *Microbiología de Alimentos*. Recife, Brasil: EDUFRPE.
- Terrier, B., & Martinez, V. (2006). Salmonelosis. *EMC Tratado de Medicina*, 10, 4, 1-6. DOI: 10.1016/S1636-5410(06)70402-0.
- Tirado, J., Paredes, D., Velazquez, G., & Torres, J. A. (2005). Crecimiento microbiano en productos cárnicos refrigerados. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5, 1, 66-76.

- USDA – United States Department of Agriculture. (2017a). *Cost Estimates of Foodborne Illnesses*. Disponible en: <https://www.ers.usda.gov/data-products/cost-estimates-of-foodborne-illnesses/>. Consultado el: 18 de noviembre de 2017.
- USDA – United States Department of Agriculture. (2017b). *Cattle Inventory*. Disponible en: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/Catt/Catt-01-31-2017.pdf>. Consultado el: 29 de mayo de 2017.
- Zaidi, M. B., López M., C., & Calva, E. (2006). Estudios mexicanos sobre *Salmonella*: epidemiología, vacunas y biología molecular. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 48, 2, 121-125.
- Weller D., Andrus, A., Wiedmann, M., & Bakker, H. C. (2015). *Listeria booriae* sp. nov. and *Listeria newyorkensis* sp. nov., from food processing environments in the USA. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 65, 286-292. DOI: 10.1099/ijs.0.070839-0.

## 3 CALIDAD MICROBIOLÓGICA, HIGIENE Y CADENA DE FRÍO EN CARNE MOLIDA DE RES

### 3.1 Resumen

Para garantizar la inocuidad de la carne y evitar la transmisión de enfermedades de origen alimentario, es necesario mantener las buenas prácticas de higiene y contar con la cadena de frío durante todo el proceso. El objetivo de este estudio fue determinar la calidad de la carne molida de res, las condiciones higiénico-sanitarias y la presencia de cadena de frío en supermercados de Texcoco, Estado de México. Ciento veinte muestras fueron analizadas para determinar el conteo de aerobios mesófilos y coliformes totales, a través de la técnica de cuenta en placa. La prueba de ELISA fue utilizada para determinar los microorganismos patógenos: *Salmonella* spp., *Listeria* spp. y *E. coli* O157:H7. Para verificar la presencia de cadena de frío fueron tomadas muestras de temperatura de los anaqueles en tres posiciones. No se detectó ninguna muestra positiva para *Salmonella* spp. y *E. coli* O157:H7; sin embargo, 27.5% de las muestras fueron positivas para *Listeria* spp. Se detectaron temperaturas fuera del rango óptimo de la Norma Oficial Mexicana (NOM-251-SSA1-2009). La higiene y la cadena de frío empleadas por los supermercados no son suficientes para garantizar la calidad microbiológica, dado al gran número de microorganismos patógenos encontrados.

**Palabras clave:** listeriosis, inocuidad, microorganismos patógenos.

### 3.2 Abstract

#### MICROBIOLOGY QUALITY, HYGIENE AND COLD CHAIN IN GROUND BEEF

To ensure meat safety and prevent the transmission of foodborne diseases, it is necessary to maintain good hygienic practices and have cold chain throughout the process. The purpose of this study was to determine the microbiology quality of ground beef, the hygiene and sanitary conditions, and the cold chain requirements of supermarkets in Texcoco, Estado de México. One hundred and twenty samples were analyzed to determine aerobic mesophilic and total coliform counts through plaque count technique. For pathogenic microorganisms: *Salmonella* spp., *Listeria* spp. and *E. coli* O157:H7, the ELISA test was used. To check the cold chain presences, temperature samples were taken from the shelf in three positions. No positive samples were detected for *Salmonella* spp. and *E. coli* O157:H7; however, 27.5% of the samples were positive for *Listeria* spp. Temperatures outside the optimal range of the Mexican Official Standard (NOM-251-SSA1-2009) were detected. The hygienic and the cold chain used by the supermarkets are insufficient to ensure appropriate microbiological quality, because a large number of pathogenic microorganisms were found.

**Key words:** listeriosis, meat safety, pathogenic microorganisms.

### 3.3 Introducción

La producción de carne en México tiene una gran importancia para la economía del país, además la proteína animal es básica en la dieta de la población (Cruz & García, 2014). A nivel mundial, México ocupa la décima posición entre los países exportadores, y es el octavo lugar como consumidor de carne de res. La mayor parte de la producción mexicana se exporta a los Estados Unidos de América, enfrentando la exigencia de los países importadores sobre una garantía de la inocuidad de la carne de res (INEGI, 2016).

La inocuidad es un atributo de la calidad de productos comestibles, que en la actualidad enfrenta diversos desafíos para ajustarse a las exigencias del mercado (Masana, 2015; Tafur-Garzón, 2009). En todo el sector alimentario, las preocupaciones para garantizar que un alimento sea inocuo ocurren por el reconocimiento de que la contaminación por microorganismos patógenos aumenta el riesgo de enfermedades en los consumidores (Moreb, Priyadarshini & Jaiswall, 2017). De acuerdo con la OMS (2017), las enfermedades transmitidas por los alimentos suponen una importante carga económica para el sector de la salud, y a cada año millones de personas se enferman y muchas mueren por consumir alimentos insalubres.

Estas enfermedades son generalmente de carácter infeccioso o tóxico y causadas principalmente por bacterias, siendo las principales: *Salmonella*, *Campylobacter*, *E. coli* enterohemorrágica y *Listeria* (OMS, 2017). Para evitar el riesgo de su presencia en productos cárnicos la higiene es el principal factor de prevención de las enfermedades, desde el sacrificio del animal hasta la venta (Moreno & Alarcón, 2010). Otro método importante es la cadena de frío, es decir, el suministro de temperaturas controladas, ya que la refrigeración retrasa el crecimiento de los microorganismos que conducen al deterioro de los alimentos (Aung & Chang, 2014; Derens-Bertheau, Osswald, Laguerre & Alvarez, 2015; Kuo & Chen, 2010).

En este aspecto es de suma importancia mantener la higiene y controlar la temperatura para garantizar una baja carga microbiana. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar la calidad microbiológica de la carne molida de res comercializada en supermercados de la ciudad de Texcoco, Estado de México.

### **3.4 Materiales y métodos**

El presente trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Texcoco de Mora, Estado de México, durante los meses de agosto de 2016 a abril de 2017. Fueron seleccionados cuatro supermercados, de los cuales se analizaron 120 muestras de carne de res molida. A los supermercados se realizó una evaluación higiéno-sanitaria con base en el método descrito por Lundén, Vanhanen, Kotilainen y Hemminki (2014). Para determinar la presencia de la cadena de frío fueron tomadas lecturas de temperatura de la parte frontal, media y de fondos de los anaqueles con termómetro infrarrojo, donde se exponía al público la carne de res molida.

La muestra para los análisis microbiológicos se obtuvo de 400 g, adquiridos por compra, de carne molida de res envasada con presentación comercial en cada uno de los supermercados, siguiendo los pasos de la NOM-109-SSA1-1994, que reglamenta los procedimientos para la toma, manejo y el transporte de muestras de alimentos para su análisis.

Inmediatamente después de su adquisición, las muestras fueron transportadas bajo refrigeración al Laboratorio de Microbiología de la Universidad Autónoma Chapingo, donde fueron realizados los análisis microbiológicos para indicadores (aerobios mesófilos y coliformes totales) y patógenos (*Salmonella* spp., *Listeria* spp. y *E. coli* O157:H7).

#### **3.4.1 Procesamiento de las muestras**

La preparación y dilución de las muestras fue llevada a cabo de acuerdo con la NOM-110-SSA1-1994. Para los análisis de microorganismos indicadores se ocupó una bolsa plástica estéril en la cual fueron agregados 20 g de carne

diluidos en 180 mL de peptona y homogeneizadas por 60 segundos. Posteriormente se prosiguió con la demás diluciones y siembra.

Para el conteo de mesófilos aerobios, las muestras fueron inoculadas en placas petri con agar para métodos estándar (Bioxon®) e incubadas en posición invertida a  $35 \pm 2$  °C durante  $48 \pm 2$  horas, de acuerdo con la NOM-092-SSA1-1994. Para la lectura fueron seleccionadas las placas con 25 a 250 UFC y los resultados convertidos en UFC/g de carne.

Para el conteo de los microorganismos coliformes totales fue utilizado agar bilis y rojo violeta (Bioxon®), incubados a  $35 \pm 2$  °C durante  $24 \pm 2$  horas. El resultado se obtuvo por el conteo de las colonias rojo púrpura, rodeadas por un halo de precipitación rojizo y convertido en UFC/g de carne.

Para la determinación de *Salmonella*, *Listeria* y *E. coli* O157:H7 se utilizaron pruebas ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay), capaces de detectar el antígeno mediante un anticuerpo ligado a una enzima y que generará un producto detectable, como el cambio de color.

***Salmonella***: se utilizó el ensayo MaxSignal® ELISA Test Kit (Bioo Science) para la detección de *Salmonella* spp. El límite de sensibilidad de la prueba es de  $10^5$  células/mL. Para el enriquecimiento se utilizó 25 g de muestra de carne en 225 mL en agua de peptona tamponada e incubado a 37 °C por 18-24 horas. Posteriormente a la incubación, se realizó el ensayo ELISA de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Las placas fueron leídas en lector de microplacas MaxSignal® V3500 con 450 nm de longitud de onda y los resultados expresadas en Ausencia o Presencia.

***E. coli* O157:H7**: se utilizó el ensayo MaxSignal® ELISA Test Kit (Bioo Science) para la detección de *E. coli* O157:H7. La sensibilidad de la prueba es de  $10^5$  células/mL. Para el enriquecimiento de la muestra se utilizó 25 g de muestra en 225 mL de Agar Soya y Trypticaseína e incubado a 37 °C durante la noche. En el día siguiente se realizó en ensayo de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

Las placas fueron leídas en lector de microplacas MaxSignal® V3500 con 450nm de longitud de onda y los resultados expresadas en Ausencia o Presencia.

**Listeria:** se utilizó el método VIA de Tecra™ 3M™ para la detección de *Listeria* spp. en muestras de alimentos. El límite de sensibilidad de la prueba es de 1-5 células en 25 g de muestra. El protocolo de enriquecimiento que se utilizó siguió el Método Oficial AOAC<sup>SM</sup> 2002.09 para carne cruda. Para el enriquecimiento primario se utilizaron 25 g de carne en 225 mL de caldo modificado para recuperación de *Listeria* (3M™) suplementado a 0.1% e incubado a 36 ±1 °C por 24 horas; en seguida se transfirió 0.1 mL del caldo primario a un tubo con 9.9 mL de Caldo Fraser e incubado a 30 ±1 °C por 22-24 horas. Después del enriquecimiento se realizó el ensayo. La lectura de los pozos se realizó en lector de microplacas Metertech M6+. Se consideraron positivas las muestras con absorbancia de ≥0.2.

### 3.4.2 Análisis de datos

Para la evaluación higiénico-sanitaria de los supermercados se utilizó un índice de acuerdo con los porcentajes de cumplimiento de los puntos observados, donde 0-20% muy malo, 21-40% malo, 41-60% regular, 61-80% bueno y 81-100% muy bueno.

Para analizar la incidencia de los microorganismos patógenos se utilizó el procedimiento de variables categóricas (PROC FREQ de SAS 9.3, 2011) a un  $\alpha=0.05$ , presentando los resultados como frecuencia y porcentaje de las muestras positivas para una especie de bacteria contaminante.

La presencia de microorganismos indicadores y temperaturas de anaquel de exposición de la carne de res molida al público, se analizaron con el procedimiento para un modelo general lineal (PROC GLM; SAS, 2011) y por comparación de medias por el procedimiento de Tukey a una  $\alpha=0.05$ .

### 3.5 Resultados y discusión

Con respecto a la calidad microbiológica de la carne de res molida, el conteo de microorganismos aerobios mesófilos indicó un promedio general de  $4.6 \times 10^3$  UFC/g. Se observó una amplia variación entre las muestras de carne molida, con conteos entre  $9.4 \times 10^4$  UFC/g y  $2.6 \times 10^2$  UFC/g, y  $4.3 \times 10^3$  UFC/g y  $3.3 \times 10^1$  UFC/g, en otoño e invierno, respectivamente. Estos resultados sugieren que todos los supermercados muestreados adoptaron prácticas higiénicas, en mayor o menor grado, pues ninguna muestra presentó conteo arriba de  $5.0 \times 10^6$  UFC/g, límite máximo determinado por la NOM-034-SSA1-1993. El promedio de cada supermercado, por estación, puede ser observado en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Conteo de aerobios mesófilos en carne molida de res por supermercado y estación del año.

Supermercado	Estación	
	Otoño 2016 - UFC/g	Invierno 2017 - UFC/g
Supermercado 1	$3.9 \times 10^3 \pm 1.0 \times 10^3$ aB	$4.6 \times 10^2 \pm 1.4 \times 10^2$ bB
Supermercado 2	$1.3 \times 10^4 \pm 5.4 \times 10^3$ aA	$2.3 \times 10^3 \pm 2.8 \times 10^2$ bA
Supermercado 3	$4.6 \times 10^2 \pm 2.9 \times 10^1$ aC	$2.3 \times 10^2 \pm 2.2 \times 10^1$ aC
Supermercado 4	$1.4 \times 10^4 \pm 6.6 \times 10^3$ aA	$4.4 \times 10^2 \pm 6.7 \times 10^1$ bB

Medias en la misma línea con literales minúsculas diferentes son estadísticamente diferentes que  $\alpha < 0.05$ . Medias en la misma columna con literales mayúsculas diferentes son estadísticamente diferentes que  $\alpha < 0.05$ .

Como puede ser observado en el Cuadro 4, los supermercados 1, 2 y 4 presentaron conteos estadísticamente diferentes entre las estaciones ( $p < 0.05$ ), con mayores conteos en otoño. Sin embargo, el supermercado 3 presentó conteos similares en las dos estaciones del año, con una disminución no significativa en invierno ( $p > 0.05$ ).

El número de coliformes totales hacen referencia a la manipulación que la carne sufrió previa a la venta. En este trabajo, los conteos de coliformes totales presentaron un promedio mayor en otoño, de  $9.2 \times 10^4$  UFC/g. En invierno, apenas dos muestras presentaron coliformes totales, con promedio de  $5.0 \times 10^1$  UFC/g.

En el caso de microorganismos patógenos, no se observó la presencia de *Salmonella* spp. y *E. coli* O157:H7 en ninguna de las muestras. Sin embargo, 27% de las muestras analizadas presentaron *Listeria* spp. En otoño, 55% de las muestras, fueron positivas para este microorganismo, mientras que en invierno 45%. Resultados semejantes fueron encontrados por Rubio et al. (2013), para carne de res en supermercados de tres regiones del país, reportaron 8.8% y 27.7% de muestras positivas para *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*, respectivamente.

En el panorama internacional, Rocha de Andrade, Caldeira da Silva, Souza, Murata, Picão Gonçalves y Santana (2014), estudiando carne de res molida proveniente de diferentes establecimientos comerciales del Distrito Federal-Brasil, encontró 45.7% de muestras positivas para *Listeria*, de las cuales 11.4% fueron *L. monocytogenes* y 34.2% *L. innocua*. Mientras que Palma et al. (2016), estudiando cortes cárnicos en una región de Brasil, detectaron 8.9% de cepas de *Listeria monocytogenes*, lo que puede ser un indicativo de que la carne molida es más susceptible a contaminación durante su procesamiento que los cortes. En otro estudio con carne molida de res provenientes de supermercados, realizado por Foerster, Vidal, Troncoso y Figueroa (2012) en Chile, 37.5% de las muestras fueron positivas para *L. monocytogenes*, estando presente en 5 de los 6 supermercados muestreados. Esto evidencia la escasez de los sistemas de buenas prácticas de fabricación y el no cumplimiento de la normatividad durante toda la cadena cárnica en Latinoamérica.

Sin embargo, otros estudios evidencian la presencia de *Listeria* spp., aún en países con mayor desarrollo y control industrial y comercial, como los de la Unión Europea y Estados Unidos de América. En Alemania, Meyer, Fredriksson-Ahomaa, Sperner y Märtilbauer (2011), analizaron 985 muestras de carnes crudas y subproductos de carne de res y cerdo; del total de muestras, 14% fueron positivas para *Listeria* spp. En otro trabajo, realizado por Pesavento, Ducci, Nieri, Comodo y Lo Nostro (2010), con muestras de carne de res cruda provenientes

de restaurantes, cafeterías, escuelas y casas de personas mayores en Italia, encontraron 17.3% de muestras positivas, la mayoría con *L. innocua*.

De acuerdo con los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, USA), de 1998 a 2016, ocurrieron 19,986 brotes de enfermedades con origen alimentario, con 15,562 hospitalizaciones y 361 muertes en los Estados Unidos de América, mientras que apenas *Listeria* spp. fue responsable por 68 brotes, con 860 personas enfermas, 615 (71.5%) hospitalizaciones y 132 (15.3%) muertes (CDC, 2017).

La *Listeria* se encuentra presente en diferentes productos de origen animal y vegetal y tiene una amplia distribución mundial. En estudio realizado en Egipto por Mohamed et al. (2016), reportaron la presencia de *Listeria monocytogenes* en 4% de las muestras de carne de res molida y 4% en hamburguesas. Al analizar carne de diferentes especies en Arabia Saudita, Yehia, Ibraheim y Hassanein (2016), informaron que 35% de las muestras totales estaban contaminadas con *Listeria* spp. y 50% de las muestras de carne de res presentaron muestras positivas para *L. innocua*, *L. seeligeri*, *L. welshimeri* y *L. grayi*. Amajoud et al. (2018) encontraron 12.79% de muestras positivas para *Listeria* spp. en productos de carne bovino, de estos la mayoría de los serotipos encontrados fueron *L. innocua* y *L. monocytogenes*, respectivamente.

En este estudio, solo el supermercado 3 presentó diferencias estadísticas entre la presencia y ausencia de *Listeria* spp., evidenciando un posible menor riesgo de adquirir carne de res molida contaminada. En los demás supermercados el 50% de las muestras de carne de res molida se detectaron como contaminadas para este microorganismo (Figura 1).

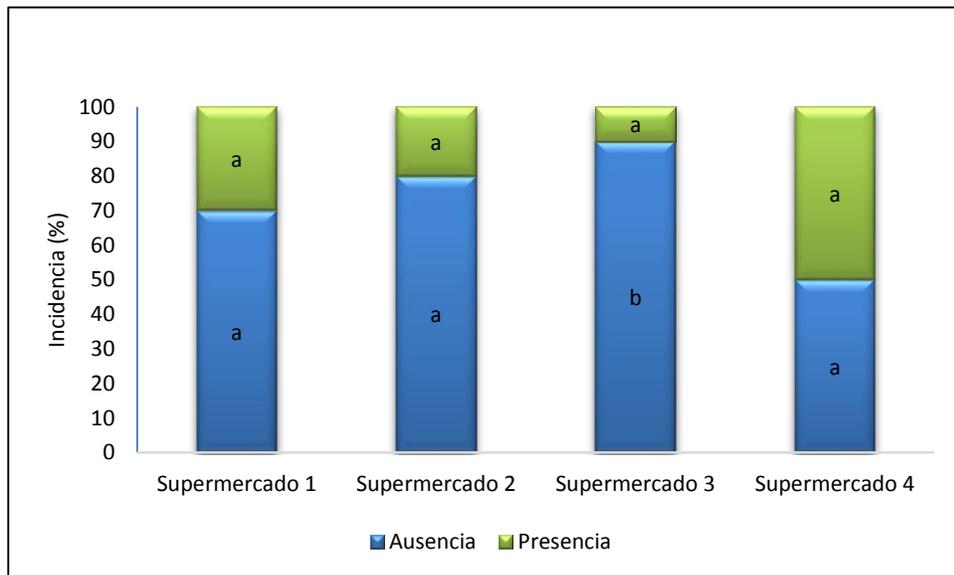


Figura 1. Incidencia de *Listeria* spp. en muestras de carne molida de res oriundas de supermercados.

La alta presencia de *Listeria* spp. en carne y otros productos alimenticios, puede ser explicada por la resistencia que la bacteria tiene a bajas temperaturas, alto pH y altas concentraciones de sal, lo que la torna capaz de crecer en temperaturas de refrigeración y en diferentes ambientes donde se fabrican alimentos (Farber y Peterkin, 1991; McLauchlin, 1996; Mossel, 1989; Posfay-Barbe y Wald, 2009; Swaminathan y Gerner-Smidt, 2007). De tal forma, los resultados de este trabajo indican la urgente necesidad de implementar sistemas que previenen riesgos y que puedan garantizar la salud del consumidor.

Con respecto a la higiene y la sanidad en los supermercados, fue realizada una evaluación en los días de muestreo, donde seis puntos principales fueron evaluados: limpieza aledaña a la zona de servicio, limpieza del empleado, limpieza de la sala de despacho, limpieza del equipo, área de servicio y zona de autoservicio. A cada supermercado fue asignada una calificación desde muy malo hasta muy bueno, de acuerdo al cumplimiento de los puntos arriba citados (Cuadro 5).

Cuadro 5. Evaluación higiénico-sanitaria de los supermercados.

Supermercado	Limpieza aledaña a la zona de servicio		Limpieza del empleado		Limpieza de la sala de despacho		Limpieza del equipo	Área de servicio	Zona de autoservicio		Puntos total	%Cumplimiento	Calificación	
	Limpieza (suelo, superficie)	Productos en cadena de frío	Si tiene uniforme	Estado del uniforme	Limpieza	Si existe orden	N° de muestras en área de superficie	Limpieza	Limpieza	Limpieza				Presencia de cadena de frío
<b>OTOÑO</b>														
<b>Super 1</b>	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	36	66%	BN
<b>Super 2</b>	4	4	4	4	4	3	2	3	2	4	3	39	71%	BN
<b>Super 3</b>	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	35	64%	BN
<b>Super 4</b>	3	4	3	3	2	3	3	3	3	4	4	36	65%	BN
<b>INVIERNO</b>														
<b>Super 1</b>	3	4	3	3	3	2	2	2	3	4	4	32	59%	RR
<b>Super 2</b>	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4	3	38	70%	BN
<b>Super 3</b>	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	34	62%	BN
<b>Super 4</b>	3	4	3	2	2	3	3	2	3	3	4	31	57%	RR

Calificación: 0 – 20% MM (Muy malo); 21 – 40% MA (Malo); 41 – 60% RR (Regular); 61 – 80% BN (Bueno); 81 – 100% MB (Muy bueno).

Se puede observar un mejor cumplimiento higiénico-sanitario en otoño con respecto al invierno, pues los 4 supermercados evaluados presentaron calificaciones entre 61 a 80% (buenos). Para los meses de invierno, los supermercados 1 y 4 presentaron calificaciones más bajas, 59 y 57% de cumplimiento, respectivamente; calificando la situación higiénico-sanitaria como regular. En general, los cuatro supermercados evaluados, se observó el incumplimiento de las buenas prácticas de manipulación e higiene, debido a que los empleados la mayoría de las veces no utilizaban guantes al mansear la carne, vestían uniformes sucios y los anaqueles presentaban acumulo de sangre y suciedad (Figura 2).



Figura 2. Anaqueles con pobre limpieza por la presencia de puntos con oxidación y residuos de sangre.

Carvalho, Maia y Rodrigues (2012), hicieron un estudio similar en Rio de Janeiro, Brasil, para mapear puntos de riesgos microbiológicos en una unidad de alimentación. Identificaron puntos críticos en todos los sectores y encontraron e personal manipulando alimentos con el cabello descubierto, uniformes incompletos, hablando sobre los alimentos sin cubre bocas, limpieza defectuosa

en los equipos y el desempeño no calificado de los empleados responsables. Contrariando la prioridad máxima en una cadena de alimentos, la inocuidad (Arispe & Tapia, 2001), aspecto que es responsabilidad de la industria y de los supermercados para ofrecer productos saludables para el consumidor.

La prevención de la contaminación de alimentos debería ser importante para las empresas que comercializan alimentos, sin embargo, pocos establecimientos cumplen todas las normas establecidas. Desafortunadamente, los propios consumidores no tienen conocimientos acerca de la importancia de la higiene y de las buenas prácticas sanitarias (Carrasco, Morales-Rueda & García-Gimeno, 2011).

Para los patrones de consumo de la carne bovina en la zona metropolitana del Valle de México, Tellez-Delgado, Mora-Flores, Martínez-Damián, García-Mata y García Salazar (2012) reportaron que los supermercados fueron los locales de mayor preferencia para el consumidor. El 83.9% de las familias de la Ciudad Juárez también prefirieron comprar los cortes finos en supermercados (Núñez-López et al., 2012).

En contraste, en la región del Papaloapan, Veracruz, el 58.4% de los consumidores compraron la carne en carnicerías locales y 36.7% lo hicieron en mercados municipales: para ambos tipos de establecimientos no había información sobre el producto que ofrecían al consumidor; así que el 77% de los consumidores no conocieron la procedencia de la carne que compraron (Vilaboarrroniz et al., 2009).

Situación diferente se reportó para consumidores de carne en Paratama, Brasil, los cuales parecen estar más conscientes sobre las condiciones higiénico-sanitarias de los puestos de carne, en dos mercados sobre ruedas, entretanto siguen comprando la carne en esos locales por cuestiones económicas. Sobre la higiene del puesto 13.5% la calificaron como pésima, 8.5% como mala, 41.5% como regular y 36.5% como buena. El 50% de los puestos en esos mercados comercializaban carne clandestina, es decir, sin fiscalización. Finalmente, el

46.5% de los consumidores dijeron no tener conocimiento de que el consumo de carne no inspeccionada puede ser un vehículo transmisor de enfermedades (Bento et al., 2011).

Estos estudios evidencian que el consumidor aún tiene poco conocimiento, en lo concerniente a la higiene, pero que el patrón de consumo está cambiando, principalmente en los grandes centros urbanos. Según Avila (2011), el porcentaje de personas que compran carne en supermercados aumenta progresivamente, por la mejora en los medios y altos ingresos, y que las personas con menor ingreso continuarán comprando en mercados tradicionales o en mercados sobre ruedas. Para Venezuela, Segovia, Contreras, Marcano, Pirela y Albornoz (2005), reportaron que solo el 6% de los consumidores de carne bovina, de la ciudad de Maracaibo, la compraron en supermercados.

Complementaria a las buenas prácticas de fabricación y a la higiene está la cadena de frío, un método de conservación capaz de garantizar la calidad microbiológica de la carne y que debe ser mantenido desde la producción hasta la comercialización de los productos perecederos (Aung & Chang, 2014; Buevas-Salgado, Patiño-Gómez & Restrepo-Flores, 2012; Tirado et al., 2005).

En este estudio, las lecturas de temperatura tomadas en tres posiciones de anaqueles de exposición de productos cárnicos, en los cuatro supermercados y en dos estaciones del año; otoño e invierno. De acuerdo a la NOM-251-SSA1-2009, los productos refrigerados deben ser mantenidos a 4 °C o menos. Sin embargo, para todos los supermercados se registraron temperaturas mayores al valor establecido como máximo en la norma. La temperatura de los anaqueles de los supermercados 1 y 2 fueron de 4.9 °C, en promedio. Mientras que las temperaturas de los anaqueles de los supermercados 3 y 4 fueron mayores, 6.9 y 5.3 °C, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellas ( $\alpha > 0.05$ , Figura 3).

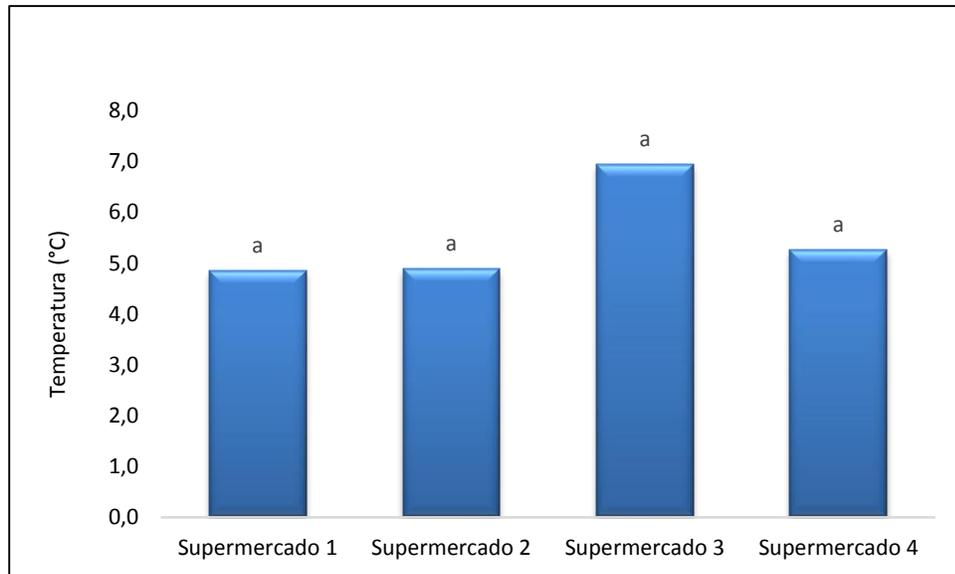


Figura 3. Temperatura promedio del anaquel por supermercado.

En Paris, Francia, Morelli, Noel, Rosset y Poumeyrol (2012) midieron la temperatura de algunos productos perecederos en veinte pequeñas tiendas (panaderías, carnicerías y tiendas de lácteos), encontrando que el 63% de las temperaturas fueron mayores a 7 °C, el valor máximo aceptado. En un estudio similar, Likar y Jevšnik (2004) verificaron la continuidad de la cadena de frío de supermercados de Liubiana, Eslovenia, encontrando abusos en la temperatura de refrigeración y observaron diferencias entre las temperaturas indicadas en los anaqueles y las temperaturas medidas por sus aparatos.

Referente a la posición de la carne de res molida en el anaquel, la posición al fondo del anaquel tuvo las menores temperaturas ( $\alpha < 0.05$ ) que las posiciones de en medio o el frente del anaquel (Figura 4).

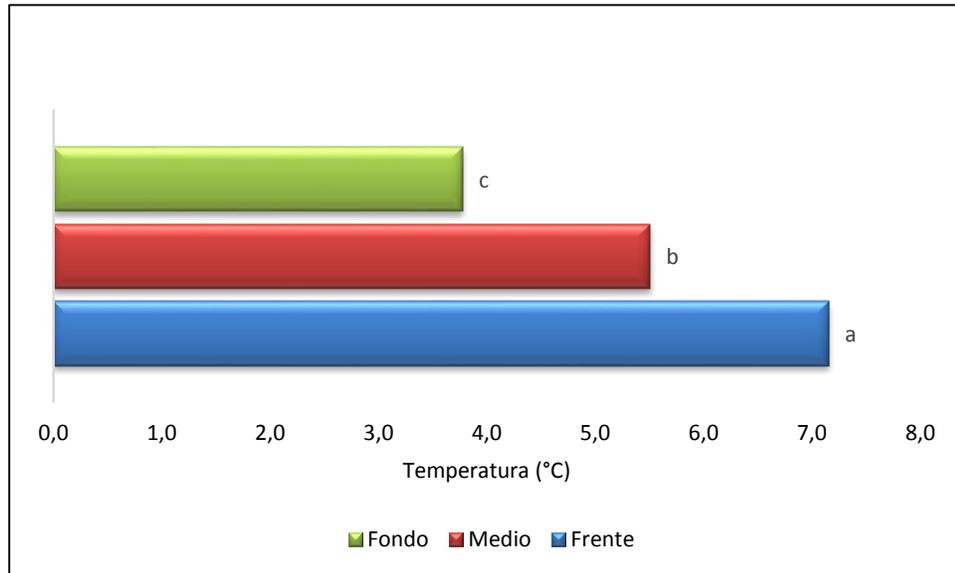


Figura 4. Temperatura promedio en las tres posiciones del anaquel.

En la Figura 4 se muestran las temperaturas del anaquel de exposición de carnes al consumidor, la temperatura del fondo del anaquel fue la única inferior a la temperatura oficial (4 °C). La carne de res molida colocada en las posiciones de frente y medio del anaquel, estuvo expuesta a temperaturas de 7.2 y 5.5 °C, respectivamente.

Al estudiar la temperatura de refrigeración doméstica, Laguerre, Derens y Palagos (2002) en Francia; encontraron que el 26% de los refrigeradores registraron temperaturas superiores a los 8 °C (temperatura recomendada para refrigeradores domésticos) y que 36% de las familias desconocían los sistemas de refrigeración y la importancia de mantener la cadena de frío. Esos resultados no pueden ser comparados con los obtenidos en supermercados, donde la temperatura de refrigeración debe ser menor, pero sí la coincidencia en la falta de conocimiento acerca del tema por parte de los consumidores.

Diversos autores mencionan que los últimos pasos de la cadena de frío son muy críticos, por lo tanto, mantener la temperatura es uno de los parámetros más importantes, puesto que cuanto mayor sea la temperatura durante el almacenamiento, más rápido será el crecimiento microbiano y la deterioración de los alimentos (Bruckner, Albrecht, Petersen & Kreyenschmidt, 2012; Derens, Palagos & Guilpart, 2006; Zhang, Liu, Mu, Moga & Zhang, 2009).

En todos los supermercados estudiados, la temperatura de almacenamiento de la carne fue mayor en otoño que en invierno ( $\alpha < 0.05$ ). La temperatura promedio en otoño estuvo excesivamente alta (8.6 °C), mientras tanto, en invierno se cumplió lo establecido por norma (2.4 °C) (Figura 5).

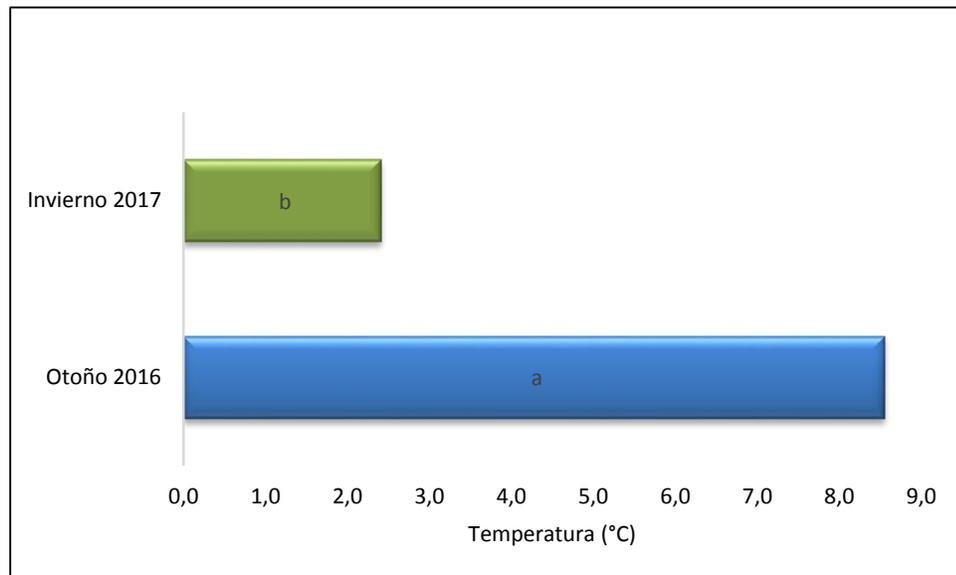


Figura 5. Temperatura promedio de anaquel por estación del año.

Mantener la cadena de frío durante todo el proceso es fundamental para garantizar la calidad de los alimentos y la seguridad del consumidor final (Adekomaya, Jamiru, Sadiku & Huan, 2016; Derens-Bertheau et al., 2015; Gogou, Katsaros, Derens, Alvarez & Taoukis, 2015). Además, es necesario proveer una adecuada higiene en todos los establecimientos que comercializan alimentos.

Una manera de garantizar la inocuidad y seguridad de los alimentos es a través del sistema HACCP, que prioriza las medidas preventivas y puede ser aplicado en toda la cadena (Jenson & Sumner, 2012; Mouwen & Prieto, 1998). Estos sistemas desempeñan funciones primordiales en la protección de los consumidores frente a las enfermedades de origen alimentario (Trafiałek, Lehrke, Lücke, Kołozyn-Krajewska & Janssen, 2015).

Maldonado et al. (2005) realizaron un estudio con el objetivo de identificar los rastros con inspección federal (TIF) que poseían HACCP en México, y encontraron que apenas 18% de los establecimientos contaban con el sistema. Actualmente, el sistema HACCP debe estar presente en un mayor número de rastros mexicanos, entretanto en países más desarrollados está implementado en gran escala. En Alemania, por ejemplo, 90% de las empresas están certificadas de acuerdo con una o más normas de gestión de la calidad (Trafiałek et al., 2015).

La importancia de un sistema HACCP puede ser observada en el conteo de microorganismos en alimentos. Tomasevic et al. (2016), colectaron muestras en rastros bovinos antes y después de la implementación del sistema y observaron un fuerte efecto positivo en los indicadores de higiene, marcado por una disminución constante de microorganismos patógenos posterior al HACCP.

### **3.6 Conclusiones**

La higiene y la cadena de frío empleadas por los supermercados no es suficiente para garantizar la calidad microbiológica de la carne molida de res en la ciudad de Texcoco, Estado de México. De igual manera, estos resultados señalan que es importante realizar más estudios para verificar la magnitud de los microorganismos encontrados en la carne molida, debido a la importancia de estas bacterias para la salud pública.

### 3.7 Recomendaciones

Para garantizar la calidad microbiológica de la carne de res, es necesario que sean aplicados métodos eficaces de higiene en toda la cadena cárnica, pues apenas una falla puede ser responsable de una contaminación por patógenos. Los resultados de este estudio no son necesariamente representativos de la situación en todo el país, entretanto evidencia la urgente necesidad de la aplicación de estos métodos, pues puede ser un indicativo de la situación actual en el interior de la república.

Una manera de minimizar los riesgos puede ser encontrada con herramientas de gestión de inocuidad, como por ejemplo el sistema HACCP, ampliamente utilizando en países desarrollados. Además, los resultados de este estudio demuestran la escasez de un sistema de vigilancia sanitario actuante y que pueda identificar con rapidez brotes de enfermedades de origen alimentario.

### 3.8 Literatura citada

- Adekomaya, O., Jamiru, T., Sadiku, R., & Huan, Z. (2016). Sustaining the shelf life of fresh food in cold chain – a burden on the environment. *Alexandria Engineering Journal*, 55, 1359-1365. DOI: 10.1016/j.aej.2016.03.024.
- Amajoud, N., Leclercq, A., Soriano, J. M., Bracq-Dieye, H., El Maadoudi, M., Skalli-Senhaji, N., Kounnoun, A., Moura, A., Lecuit, M., & Abrini, J. (2018). Prevalence of *Listeria* spp. and characterization of *Listeria monocytogenes* isolated from food products in Tetouan, Morocco. *Food Control*, 84, 436-441. DOI: 10.1016/j.foodcont.2017.08.023.
- Arispe, I., & Tapia, M. S. (2007). Inocuidad y calidad: requisitos indispensables para la protección de la salud del consumidor. *Agroalimentaria*, 24, 105-118.
- Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Temperature management for the quality assurance of a perishable food supply chain. *Food Control*, 40, 198-207. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.11.016.
- Avila, D. D. (2011). Consumo de los alimentos y su vinculación con el lugar de compra, en la zona norte de México. *Suma de negocios*, 2, 61-77.
- Bento A., R., Silva D., W. J., Teles V. S., P., Pires A., L., Silva D., W. P., Gomes L., J. B., & Friguglietti B., D. (2011). Condições higiênico-sanitárias da comercialização de carnes em feiras livres de Paranatama, PE. *Alimentos e Nutrição*, 22, 585-592.

- Bruckner, S., Albrecht, A., Petersen, B., & Kreyenschmidt, J. (2012). Influence of cold chain interruptions on the shelf life of fresh pork and poultry. *International Journal of Food Science & Technology*, 47, 1639-1646. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03014.x.
- Buelvas-Salgado, G. A., Patiño-Gómez, J. H., & Restrepo-Flores, C. E. (2012). Efecto de la cadena de frío sobre el crecimiento de bacterias ácido-lácticas, la calidad fisicoquímica y la alteración de jamones cocidos lonchados empacados al vacío. *Revista Lasallista de Investigación*, 9, 55-64.
- Carrasco, E., Morales-Rueda, A., & García-Gimeno, M. R. (2012). Cross-contamination and recontamination by *Salmonella* in foods: A review. *Food Research International*, 45, 545-556.
- Carvalho, L. R., Maia F., R., & Rodrigues F. F., J. (2012). Mapping of microbiological risks in the production of bovine meat at a food service. *Demetra: Food, Nutrition and Health*, 7, 23-38.
- CDC – Centers for Disease Control and Prevention. (2017). Foodborne Outbreak Tracking and Reporting. Disponible en: <https://wwwn.cdc.gov/foodborneoutbreaks/>. Consultado el: 24 de octubre de 2017.
- Cruz J., J., & García S., R. C. (2014). El mercado de la carne de bovino en México, 1970-2011. *Estudios Sociales*, 22, 87-110.
- Derens, E., Palagos, B., & Guilpart, J. (2006). The cold chain of chilled products under supervision in France. *International Union of Food Science and Technology*, 51-64. DOI: 10.1051/IUFoST:20060823.
- Derens-Bertheau, E., Osswald, V., Laguerre, O., & Alvarez, G. (2015). Cold chain of chilled food in France. *International Journal of Refrigeration*, 52, 161-167. DOI: 10.1016/j.ijrefrig.2014.06.012.
- Farber, J. M., & Peterkin, P. I. (1991). *Listeria monocytogenes*, a Food-Borne Pathogen. *Microbiological Reviews*, 55, 476-511.
- Foerster, C., Vidal, L., Troncoso, M., & Figueroa, G. (2012). Characterization of *Listeria monocytogenes* isolates from cattle and ground beef by pulsed-field gel electrophoresis. *Revista Argentina de Microbiología*, 44, 195-200.
- Gogou, E., Katsaros, G., Derens, E., Alvarez, G., & Taoukis, P. S. (2015). Cold chain database development and application as a tool for the cold chain management and food quality evaluation. *International Journal of Refrigeration*, 52, 109-121. DOI: 10.1016/j.ijrefrig.2015.01.019.
- Jenson, I., & Sumner, J. (2012). Performance standards and meat safety – Developments and direction. *Meat Science*, 92, 260-266. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.04.015.

- INEGI – Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). *Exportaciones por Entidad Federativa*. Disponible en: [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/economicas/exporta\\_ef/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/economicas/exporta_ef/default.aspx). Consultado el: 18 de noviembre de 2017.
- Kuo, J. C., & Chen, M. C. (2010). Developing and advanced Multi-Temperature Joint Distribution System for the food cold chain. *Food Control*, 21, 559-566. DOI: 10.1016/j.foodcont.2009.08.007.
- Laguerre, O., Derens, E., & Palagos, B. (2002). Study of domestic refrigerator temperature and analysis of factors affecting temperature: a French survey. *International Journal of Refrigeration*, 25, 653-659.
- Likar, K., & Jevšnik, M. (2004). Cold chain maintaining in food trade. *Food Control*, 17, 108-113. DOI: 10.1016/j.foodcont.2004.09.009.
- Lundén, J., Vanhanen, V., Kotilainen, K., & Hemminki, K. (2014). Retail food stores' internet-based own-check databank records and health officers' on-site inspection results for cleanliness and food holding temperatures reveal inconsistencies. *Food Control*, 35, 79-84.
- Maldonado S., E., Martínez H., P. A., Henson, S. J., Caswell, J. A., Cadena M., J. A., & Copado B., F. (2005). Costos y beneficios asociados a la implementación de los controles de inocuidad y calidad alimentaria: HACCP e ISO 9000 en los mataderos mexicanos. *Revista Científica*, 15, 353-360.
- Masana, M. O. (2015). Factores impulsores de la emergencia de peligros biológicos en los alimentos. *Revista Argentina de Microbiología*, 47, 1-3. DOI: 10.1016/j.ram.2015.01.004.
- McLauchlin, J. (1996). The relationship between *Listeria* and listeriosis. *Food Control*, 7, 187-193.
- Meyer, C., Fredriksson-Ahomaa, M., Sperner, B., & Märtlbauer, E. (2011). Detection of *Listeria monocytogenes* in pork and beef using the VIDAS® LMO2 automated enzyme linked immunoassay method. *Meat Science*, 88, 594-596. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.01.035.
- Mohamed, Y., Reda, W. W., Abdel-Moein, K., Abd El-Razik, K. A., Barakat, A. M. A., El Fadaly, H. A., Hassanain, N. A., & Hegazi, A. G. (2016). Prevalence and phylogenetic characterization of *Listeria monocytogenes* isolated from processed meat marketed in Egypt. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 14, 119-123. DOI: 10.1016/j.jgeb.2016.06.001.
- Moreb, N. A., Priyadarshini, A., & Jaiswall, A. (2017). Knowledge of food safety and food handling practices among food handlers in the Republic of Ireland. *Food Control*, 80, 341-349. DOI: 10.1016/j.foodcont.2017.05.020.
- Morelli, E., Noel, V., Rosset, P., & Poumeyrol, G. (2012). Performance and conditions of use of refrigerated display cabinets among producer/vendors of foodstuffs. *Food Control*, 26, 363-368. DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.02.002.

- Moreno, M. G., & Alarcón, A. (2010). Higiene alimentaria para la prevención de trastornos digestivos infecciosos y por toxinas. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 21, 749-755.
- Mossel, D. A. A. (1989). *Listeria monocytogenes* in foods. Isolation, characterization and control. *International Journal of Food Microbiology*, 8, 183-195.
- Mouwen, J., & Prieto, M. (1998). Aplicación del sistema ARICPC-HACCP a la industria cárnica. *Ciencia y tecnologías alimentaria*, 2, 42-46.
- Núñez-López, J. J., Ortega-Gutierrez, J. A., Soto-Zapata, M., Rodríguez-Aguilar, M. L., Magaña M., J. E., & Licón T., L. P. (2012). Factores socioeconómicos y culturales que determinan el consumo de carne de bovino en Ciudades Juárez, Chihuahua. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 31, 74-85.
- OMS – Organización Mundial de la Salud. (2017). Inocuidad de los alimentos. Disponible en: [http://www.who.int/topics/food\\_safety/es/](http://www.who.int/topics/food_safety/es/). Consultado el: 09 de noviembre de 2017.
- Pesavento, G., Ducci, B., Nieri, D., Comodo, N., & Lo Nostro, A. (2010). Prevalence and antibiotic susceptibility of *Listeria* spp. isolated from raw meat and retail foods. *Food Control*, 21, 708-713. DOI: 10.1016/j.foodcont.2009.10.012
- Palma, J. M., Lisboa, R. C., Rodrigues, D. P., Santos, A. F. M., Hofer, E., & Santana, A. P. (2016). Caracterizacao molecular de *Listeria monocytogenes* oriundas de cortes cárnicos bovinos e de abatedouros frigoríficos de bovinos localizados no Distrito Federal, Brasil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 36, 957-964. DOI: 10.1590/S0100-736X2016001000007.
- Posfay-Barbe, K. M., & Wald, E. R. (2009). Listeriosis. *Seminars in Fetal & Neonatal Medicine*, 14, 228-233. DOI: 10.1016/j.siny.2009.01.006.
- Rocha de Andrade, R., Caldeira da Silva, P. H., Souza, N. R., Murata, L. S., Picão Gonçalves, V. S., & Santana, A. P. (2014). Ocorrência e diferenciação de espécies de *Listeria* spp. em salsichas tipo *hot dog* a granel e em amostras de carne moída bovina comercializadas no Distrito Federal. *Ciência Rural*, 44, 147-152.
- Rubio L., M. S., Martínez B., Hernández C., R., Bonilla C., C., Méndez M., R. D., Núñez E., J. F., Echeverry, A., & Brashears, M. M. (2013). Detección de *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* y *Yersinia enterocolitica* en carne de res en puntos de venta en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4, 107-115.
- SAS – Statistical Analysis System. (2011). SAS/STAT 9.3 User's Guide. Cary, NC, USA: SAS Publishing.
- Segovia, E., Contreras, D., Marcano, D., Pirela, R., & Albornoz, A. (2005). Conducta del consumidor de carne bovina según clase socioeconómica en el municipio Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela. *Agroalimentaria*, 10, 113-121.

- Swaminathan, B., & Gerner-Smidt, P. (2007). The epidemiology of human listeriosis. *Microbes and Infection*, 9, 1236-1243. DOI: 10.1016/j.micinf.2007.05.011.
- Tafur-Garzón, A. (2009). La inocuidad de alimentos y el comercio internacional. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 22, 330-338.
- Tellez-Delgado, R., Mora-Flores, J. S., Martínez-Damián, M. A., García-Mata, R., & García-Salazar, J. A. (2012). Caracterización del consumidor de carne bovina en la zona metropolitana del Valle de México. *Agrociencia*, 46, 75-86.
- Tirado, J., Paredes, D., Velazquez, G., & Torres, J. A. (2005). Crecimiento microbiano en productos cárnicos refrigerados. *Ciencia y tecnología de los alimentos*, 5, 66-76.
- Trafiałek, J., Lehrke, M., Lücke, F. K., Kołozyn-Krajewska, D., & Janssen, J. (2015). HACCP-based procedures in Germany and Poland. *Food Control*, 55, 66-74. DOI: 10.1016/j.foodcont.2015.01.031.
- Tomasevic, I., Kuzmanović, J., Anđelković, A., Saračević, M., Stojanović, M. M., & Djekic, I. (2016). The effects of mandatory HACCP implementation on microbiological indicators of process hygiene in meat processing and retail establishments in Serbia. *Meat Science*, 114, 54-57. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.12.008.
- Vilaboa-Arroniz, J., Díaz-Rivera, P., Ruiz-Rosado, O., Platas-Rosado, D., González-Muñoz, S., & Juárez-Lagunes, F. (2009). Patrones de consumo de carne bovina en la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 6, 145-159.
- Yehia, H. M., Ibraheim, S. M., & Hassanein, W. A. (2016). Prevalence of *Listeria* species in some foods and their rapid identification. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 15, 1047-1052. DOI: 10.4314/tjpr.v15i5.21.
- Zhang, J., Liu, L., Mu, W., Moga, L. M., & Zhang, X. (2009). Development of temperature-managed traceability system for frozen and chilled food during storage and transportation. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7, 28-31.