Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.

"EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE UN MODULADOR ALOSTÁTICO EN DOS ESTACIONES DEL AÑO SOBRE EL BIENESTAR ANIMAL, CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE PORCINA"

Por:

Carolina Ivette Hernández Álvarez

TESIS APROBADA POR LA

COORDINACION DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL

Como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS

Hermosillo, Sonora Enero de 2015

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de Carolina Ivette Hernández Álvarez, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias.

Dr. Gastón Ramón Torrescano Urrutia
Director de Tesis

Dra. Armida Sánchez Escalante
Asesora

Dr. Miguel Ángel Barrera Silva
Asesor

Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón
Asesor

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en esta tesis es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se de crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Director General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director de tesis.

Dr. Pablo Wong González
Director General

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT, por la beca otorgada durante la realización del proyecto.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD, A.C.), por darme la oportunidad de realizar mis estudios en sus instalaciones.

A todo el personal de CIAD, A.C., por el apoyo brindado.

A mi director de tesis, Dr. Gastón R. Torrescano Urrutia, por sus enseñanzas, paciencia, experiencia y apoyo en todo momento.

A mis asesores de tesis, Dr. Gastón R. Torrescano Urrutia, Dra. Armida Sánchez Escalante, Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón y Dr. Miguel Ángel Barrera Silva, por su apoyo, consejos y experiencia brindada.

A todos mis maestros, por sus enseñanzas.

A ATISA Ciencia Médica Animal y SOOTECSA S.A. DE C.V., por el financiamiento del proyecto.

Al MVZ. Rafael Trinidad Orozco de SOOTECSA, Trino gracias por ayudarnos con las evaluaciones y asesorarnos en todo momento.

Al MVZ Félix Joel Ibarra Arias, director de ATISA, por proporcionar el producto utilizado en el proyecto, y su asesoría en mi tema de tesis.

Al MVZ José Luis Galindo, director de SOOTECSA, S.A. DE C.V., por brindarnos su asesoría incondicional en el tema de tesis.

Al M.S. Jesús Anaya Islas por su apoyo en este proyecto.

A la empresa NORSON, por abrirnos las puertas para poder realizar este estudio en sus instalaciones, especialmente al Director de granjas Santiago Salazar, IBQ. Julia María Ortega Serventi, Q.B. María Magdalena Álvarez Figueroa, Ing. Rodrigo García Pérez e Ing. Jesús Ramón Félix Grijalva, por todas las facilidades, brindarnos su apoyo y experiencias en todo momento para la realización de mi tesis.

Al personal de Norson, especialmente a Daniel Pérez, supervisor de granjas, por brindarme su apoyo en todo momento. A Miguel Romero, Luis Estrada, Olegario Díaz y ayudantes encargados del sitio 3.10 y 3.14, por aguantarme durante los meses que permanecí en la granja y ayudarme con el aretado de los cerdos. En general, agradezco a todo el personal de NORSON que omití mencionar involuntariamente y que me prestó su ayuda para la realización de mi tesis.

Al Q.B. José Luis López Romero del laboratorio RANDOX, por facilitarnos el equipo para los indicadores bioquímicos y las asesorías brindadas.

A mis amigos y queridos compañeros de maestría, Priscilia Saavedra, Eduardo Montaño y Edwin Ávila, por estar conmigo en todo momento, aguantarme, comprenderme, apoyarme con lo que fuese y por hacerme reír.

A Livier Zavala, por su amistad, consejos, y siempre estar ayudándome en lo necesario.

A mis compañeros de doctorado del área, Margarita Ramírez y Rey David Vargas, por sus consejos bridados.

A todos los compañeros de verano científico y estancia del área, por ayudarme.

A mis compañeros de estudio de maestría, doctorado y licenciatura, y en general de todas las áreas de CIAD, por lo que fuese.

DEDICATORIA

A mis padres, María de los Ángeles Álvarez Armenta y Carlos Gabriel Hernández Moreno, por siempre estar conmigo apoyándome en todo.

A mis Hermanos, Claudeth Clarissa y Carlos Iván Hernández Álvarez, por estar a mi lado todo el tiempo y hacerme reír.

A mis Abuelitos Elvia Armenta y Ángel Álvarez, por siempre sentir su apoyo incondicional.

A mi nana y tata Rosaura Moreno y Ramón Hernández, que ya no están con nosotros.

A mis tíos, primos, y toda mi familia.

A mis amigos que siempre están conmigo, especialmente a las ksk y las jarcors.

CONTENIDO

Página

LISTA DE FIGURAS xi
LISTA DE TABLAS xii
RESUMEN xiii
ABSTRACT xv
I. INTRODUCCIÓN 1
II. ANTECEDENTES 3
2.1 El Cerdo en la Granja 3
2.1.1 Etapas de Producción del Cerdo en la Granja 3
2.1.2 Comportamiento del Cerdo en la Granja 4
2.1.3 Estrés en el Cerdo 5
2.1.4 Utilización de Moduladores Alostáticos en la Alimentación del Cerdo 6
2.2 Bienestar Animal 7
2.2.1 Ayuno Previo al Transporte 8
2.2.2 Transporte 9
2.2.3 Carga y Descarga de Animales 9
2.2.4 Densidad del Transporte 10
2.2.5 Distancia y Duración del Transporte 10
2.2.6 Tiempo de Descanso en el Rastro 11
2.2.7 Sacrificio de Ganado Porcino 11
2.3 Características de la Canal Porcina 13
2.3.1 Peso de la Canal Porcina 14
2.3.2 Rendimiento de la Canal Porcina 14
2.3.3 Morfometría de la Canal Porcina 15
2.3.4. Grasa Dorsal 15
2.3.5 Deshuese de la Canal Porcina 15

CONTENIDO (Continuación…)

Página

2.4 Calidad de la Carne de Cerdo 16
2.4.1 Color y pH de la Carne 17
2.4.2 Capacidad de Retención del Agua 18
2.4.2.1 Pérdidas de peso por goteo (PPG)…...……19
2.4.2.2 Pérdidas de peso por cocción (PPC)……20
2.5 Textura de la Carne 20
2.6 Composición Química de la Carne 21
2.6.1 Colágeno 22
III. HIPOTESIS.....24
3.1 Objetivo General.....25
3.2 Objetivos Específicos.....25
IV. MATERIALES Y MÉTODOS 26
4.1 Evaluaciones *Ante-mortem* en Granja y Durante el Transporte.....28
4.1.1 Bienestar Animal en Granja.....28
4.1.2 Bienestar Animal en la Carga de Animales al Vehículo 28
4.1.3 Bienestar Animal en el Transporte..... 28
4.1.4 Bienestar Animal en la Descarga y Corrales de Espera en el Rastro ... 29
4.2 Evaluaciones en la Planta de Sacrificio TIF.....29
4.3 Evaluación de Calidad de la Canal Porcina.....30
4.4 Evaluación de la Calidad de la Carne.....31
4.4.1 Medición del pH..... 31
4.4.2 Determinación de Color (CIE Lab)..... 32
4.4.3 Medición de la Capacidad de Retención de Agua (CRA) 32
4.4.3.1 Pérdidas de peso por cocción (PPC)..... 32
4.4.3.2 Pérdidas de peso por goteo (PPG)..... 33
4.5 Determinación Instrumental de Textura.....33
4.6 Determinación del Contenido de Colágeno Total y Soluble.....33
4.7 Diseño Experimental y Análisis Estadístico 35

CONTENIDO (Continuación…)

Página

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....36

5.1 Condiciones *Ante-mortem*, en Granja y Durante el Transporte 36

5.1.1 Bienestar Animal en Granja..... 36

5.1.2 Carga de Animales al Vehículo de Transporte 41

5.1.3 Transporte de Animales al Rastro 43

5.1.4 Descarga de Animales a los Corrales de Espera del Rastro 44

5.1.5 Corrales de Espera en el Rastro..... 44

5.2 Evaluaciones en la Planta de Sacrificio TIF……..48

5.3 Evaluación de Calidad de la Canal Porcina.....54

5.4 Calidad de la Carne de Cerdo 64

VI. CONCLUSIONES.....82

VII. RECOMENDACIONES 84

VIII. REFERENCIAS.....85

IX. ANEXOS 98

9.1 Anexo 1.- Cuestionario de Bienestar animal Realizado en la Granja.....98

9.2 Anexo 2.- Protocolo de Glucosa 99

9.3 Anexo 3.- Protocolo de Creatina Quinasa (CK) 100

9.4 Anexo 4.- Protocolo de Lactato Deshidrogenasa (LDH) 101

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Temperatura y humedad relativa en la cámara de enfriamiento en el experimento de invierno…… 56

Figura 2. Temperatura y humedad relativa en la cámara de enfriamiento en el experimento de verano……. 57

Figura 3. Valores de luminosidad en la carne……. 69

Figura 4. Valores de la intensidad del color rojo en la carne…… 70

Figura 5. Valores de la intensidad del color amarillo en la carne… 72

Figura 6. Valores de saturación del color en la carne…… 74

Figura 7. Valores del ángulo de matiz (tonalidad) en la carne……. 75

Figura 8. Medidas de kilogramos de esfuerzo al corte (textura) en el experimento de invierno……. 77

Figura 9. Medidas de kilogramos de esfuerzo al corte (textura) en el experimento de verano…….. 78

LISTA DE TABLAS

Página

Tabla 1. Temperatura y humedad relativa ambiental en granja.. 40

Tabla 2. Resultados de bienestar animal en la carga…… 42

Tabla 3. Bienestar animal en el transporte…….. 45

Tabla 4. Resultados de bienestar animal en la descarga…….. 46

Tabla 5. Resultados de las evaluaciones de sacrificio……... 49

Tabla 6. Niveles de glucosa en sangre, creatina quinasa y lactato deshidrogenasa en los cerdos evaluados en invierno y verano..... 52

Tabla 7. Resultados de evaluaciones de la calidad de la canal... 59

Tabla 8. Resultados de rendimiento en las canales..... 61

Tabla 9. Resultados de las dimensiones de la canal……. 63

Tabla 10. Resultados de las evaluaciones de calidad de carne.… 65

Tabla 11. Parámetros de calidad de la carne en la literatura revisada…….. 66

Tabla 12. Contenido de hidroxiprolina en diferentes músculos y su solubilidad de colágeno en varios estudios en especies porcina y bovina ……..... 81

RESUMEN

La calidad de la carne de cerdo es muy variable, sobre todo si se genera estrés previo al sacrificio, originando con esto pérdidas económicas importantes. Una manera de disminuir el estrés en los animales es utilizando buenas prácticas en el manejo, aunque más recientemente utilizando moduladores alostáticos (aditivos anti-estrés), los cuales han sido poco estudiados. El propósito de este trabajo de tesis fue evaluar el efecto de la inclusión de un modulador alostático en el agua de consumo de la granja, en dos estaciones del año (invierno y verano), sobre el del bienestar animal y las características de calidad de la canal y carne porcina, 30 días previos al sacrificio. Se emplearon 90 cerdos por tratamiento (N = 180) en cada estación evaluada (2). En el estudio se evaluaron indicadores de bienestar animal, tanto en granja como durante el transporte al rastro. Además, se analizaron factores *post-mortem* en 360 canales (pH y temperatura a los 45 min y 24 h), rendimientos y características morfométricas. Se tomaron 96 muestras para determinar la calidad de la carne, evaluándose color (L*, a*, b*, C* y h*), pH, textura (WBSF), colágeno, CRA, así como pérdida de peso por goteo y cocción. Los resultados mostraron que la adición del modulador alostático en ambas estaciones indujo a una disminución ($P<0.05$) de agresiones entre animales y de los valores de glucosa (100.79 vs 113.91 y 115.24 vs 125.41 mg/dl para invierno y verano respectivamente). Así mismo, con la adición del modulador se redujo el esfuerzo de corte (WBSF) en invierno (4.9 vs. 5.5 kg) y verano (4.2 vs. 4.6 kg), y mayor dimensión del ancho de pierna en las dos épocas del año (78 vs. 75 y 76cm) evaluadas. El modulador alostático también disminuyó la merma por enfriamiento en el invierno, y redujo además la caída de pH 45 min, con lo que evitó la aparición de carne pálida, suave y exudativa (PSE).

Se concluye que la utilización del modulador alostático en el sistema de producción intensivo porcino mejora el bienestar animal y por lo tanto la calidad de la carne.

Palabras clave: Estrés animal, calidad de carne, cerdo, modulador alostático.

ABSTRACT

Pork meat quality is variable, especially if stress conditions are present during slaughter time, thus causing significant economic losses. To avoid these, proper management practices must be established by producers. Recently, the use of allostatic modulators (anti-stress additives) has shown improvement but they need further research. The objectives of this study were to evaluate the effects of an allostatic modulator in the drinking water during in two seasons (winter and summer) and animal welfare, on characteristics of pork carcass and meat quality 30 days before slaughter. For this study 90 treated and 90 control pigs per season were used (N = 360). Animal Welfare parameters in both farm and during transport to the slaughterhouse were evaluated. Also, 360 *post-mortem* carcass parameters were analyzed (pH and temperature after 45 min and 24 h), as well as yields and morphometric characteristics. Quality of meat was determined in 96 samples by evaluation of color (L*, a*, b*, C* and h*), pH, texture (WBSF), collagen, water holding capacity, and meat shrinkage by dripping and cooking. Results showed that the addition of the allostatic modulator decreased ($P<0.05$) aggression among animals and blood glucose values, both in winter and summer seasons (100.79 and 115.24 mg/dl, respectively). Addition of the modulator decrease WBSF values of meat in both seasons (4.96 Kg in winter and 4.21 Kg in summer) and increased width of hams in both periods (78 cm). Finally, allostatic treatment reduced carcass cooling shrinkage in the winter season by declining pH45, hence, not generating pale, soft and exudative (PSE) meat. We conclude that the use of an allostatic modulator in pigs improved animal welfare and therefore quality of meat.

Key words: Animal stress, pig, quality meat, allostatic modulator.

I. INTRODUCCIÓN

El incremento en la producción experimentado en las últimas décadas por el sector de la carne de porcino, dentro de la industria agroalimentaria en México, obedece a la incorporación de tecnología de punta a nivel de rastros, salas de deshuese e industrias de la transformación de la carne; lo que ha permitido mejorar notablemente tanto la calidad, como la producción final de los productos derivados de la carne de cerdo. En México, para el año 2012, la producción de carne de cerdo en canal fue de 1, 227,000 toneladas, que significa un incremento de 14.6% en la década 2002-2012 (SIAP, 2013).

La estructura de participación estatal en la producción de carne de cerdo en nuestro país ubica a Jalisco y Sonora como los principales actores en la producción nacional. Durante 2011, de acuerdo al avance mensual de la producción pecuaria al cierre de dicho año, la producción en Jalisco, totalizó en 227.5 mil toneladas de carne en canal, lo que representa el 19.2% del total nacional, presentando un incremento del 2.6% en relación al año anterior. Por su parte, la producción en Sonora, como segundo productor nacional, se ubicó en el mismo año en 223.1 mil toneladas, representando 18.9% del total, con un crecimiento anual de 4.6% (SIAP, 2012).

Por otra parte, en el 2001 en México el consumo *per cápita* de carne de cerdo fue de 12.11 kg/persona al año, mientras que para el 2011 el consumo aumentó a 16.86 kg, presentando un crecimiento general del 39.2% en diez años (SIAP, 2012). Este consumo no es significativo comparado con otros países, donde el consumo es de 65.68 kg por persona al año, como es el caso de España.

Uno de los problemas más comunes en la industria porcina son las carnes PSE, condición que se presenta principalmente cuando los cerdos son sometidos a factores estresantes inmediatamente antes del sacrificio (Guárdia *et al.*, 2004). El no tener un adecuado bienestar de los animales les puede ocasionar estrés. La información en relación al estrés de los cerdos y su bienestar *ante-mortem*, considera varios factores que alteran el equilibrio homeostático animal, y que ocasionan efectos negativos sobre la calidad de la carne. Esto genera pérdidas económicas para los productores por reducción de los rendimientos, desperdicio de materiales e insatisfacción del consumidor (Alvarado, 2002). Por lo anterior se deben proponer mecanismos para la mejora de los puntos críticos que estén afectando la industria porcina.

El propósito de este trabajo fue establecer el efecto de la adición (etapa de finalización de cerdos) de un modulador alostático con propiedades anti-estresantes, en los 30 días previos al sacrificio, en dos estaciones del año (invierno y verano) sobre las características de calidad de la canal y de su carne.

II. ANTECEDENTES

2.1 El Cerdo en la Granja

2.1.1 Etapas de Producción del Cerdo en la Granja

Los sistemas de explotación de producción porcina son de dos tipos: intensivos y extensivos. En México, generalmente se utiliza el sistema tradicional, en granjas (confinamiento), que es el intensivo. Los sistemas intensivos son una explotación tecnificada dirigida a obtener altos rendimientos productivos con razas seleccionadas, en el menor tiempo posible (Espejo, 1996). Los sistemas extensivos de producción animal se basan en la utilización de especies ganaderas de interés zootécnico, capaces de aprovechar eficazmente los recursos naturales mediante el pastoreo. En general, estas especies ganaderas están adaptadas a los factores limitantes y ecológicos del medio en el que se desarrollan (Bellido *et al*., 2001).

Debido a que el sistema intensivo es el más utilizado en México, existen diferentes fases del cerdo en la granja, donde a cada una le corresponde una alimentación diferente, según los requerimientos y pesos de los animales. Las etapas de engorda intensiva se dividen en: a) Etapa de pre-inicio, principia al separar el lechón de su madre. b) Etapa de post-destete. c) Etapa de crecimiento que se divide en dos, según el peso alcanzado por los cerdos; de 30 a 50 y de 50 a 70 kg.

d) Etapa de finalización o terminación del cerdo, que también se divide en dos fases, según el peso; animales terminados de 70 a 100 kg y de 100 a 120 kg (Pinelli *et al.*, 2012).

Una dieta balanceada debe proveer la totalidad de nutrientes, energía, proteína (aminoácidos esenciales y no esenciales, proteína bruta), grasas, minerales y vitaminas, en cantidad y calidad, que permitan al cerdo satisfacer su potencial de producción cuando se encuentra en un estado sanitario y en condiciones ambientales adecuadas. Cantidades inferiores limitan el desempeño de los animales, pero si se exceden los valores o proporciones de los nutrientes recomendados en la dieta, existirá un uso ineficiente y se tendrán pérdidas a través de las excreciones, induciendo a un proceso de contaminación (Pinelli *et al.*, 2012).

2.1.2 Comportamiento del Cerdo en la Granja

Una de las conductas típicas del cerdo es la exploración o búsqueda, lo que en un ambiente natural se transforma en la necesidad de buscar alimento. La actividad exploratoria se lleva a cabo generalmente mediante la conducta de hozar, en la que el cerdo mueve el suelo con el hocico. Esta conducta también está presente en el cerdo criado en medios artificiales con ambiente controlado (granja), a pesar de tener cubiertas todas sus necesidades fisiológicas. Al no poder hozar debido a los suelos de cemento o de emparrillado, que son muy comunes en las granjas, el cerdo redirige este comportamiento hacia otros objetos no habituales, uno de ellos pueden ser las orejas o cola de otros animales en el corral; lo que en principio se inicia como un juego y como una forma de combatir el aburrimiento, puede acabar en un verdadero canibalismo (Manteca, 2012).

La caudofagia (*Caudo*: cola, *fagia:* comer, morder) hace referencia a una conducta anormal que se observa en la especie porcina, y consiste en morder la cola de otros cerdos. (Manteca, 2012).

2.1.3 Estrés en el Cerdo

El estrés es el principal indicador utilizado para evaluar el bienestar animal. Durante situaciones de estrés en respuesta a las amenazas del ambiente, los cerdos necesitan de ajustes fisiológicos o de comportamientos, para adecuarse a los aspectos adversos, con esto, una serie de respuestas neuroendocrinas y de comportamientos, son activadas para mantener el equilibrio de las funciones vitales (homeostasis). El bienestar es perjudicado cuando el animal no consigue mantener la homeóstasis, o cuando consigue mantenerla a costo de mucho esfuerzo (Ludtke *et al*., 2004).

Cuando el cerdo es sometido a cambios inesperados, responde mediante una reacción de alerta, donde la médula adrenal libera catecolaminas, las cuales movilizan rápidamente las reservas de energía (glucógeno). Si el factor que provoca la respuesta continúa presente, se activa la liberación de la hormona corticotropina en la pituitaria, la cual actuará sobre la corteza adrenal conduciendo a la producción de corticosterona. La corticosterona provoca la movilización de las reservas corporales de grasa y proteína, para producir glucosa vía gluconeogénesis. La liberación de corticosterona no es un proceso autorregulado, por lo que si el agente tensionante no deja de ejercer su efecto, el animal muere por fatiga. Para poder sobrevivir, los cerdos se deben adaptar a las diferentes situaciones de estrés; para esto se requiere de energía, que proviene de carbohidratos, lípidos y proteínas. Cuando el cerdo se encuentra estresado, los nutrientes del alimento no son digeridos de manera adecuada, por lo que el animal dependerá sólo de sus reservas corporales; por ello se dice que los animales bajan de peso cuando están muy estresados (Rubio, 2013).

Las investigaciones muestran que las plantas de sacrificio y los productores pierden por no adoptar mejores prácticas de manejo (Ludtke *et al*., 2004).

2.1.4 Utilización de Moduladores Alostáticos en la Alimentación del Cerdo

Los aditivos son sustancias que se adicionan en pequeñas cantidades a las dietas de los animales para mejorar las funciones y calidad de los mismos. El uso de aditivos es una práctica que lleva utilizándose varias décadas, e influye de manera positiva en la eficiencia productiva del animal, así como en los costos de producción. Actualmente la tendencia, respecto a su uso, está dirigida al empleo de sustancias naturales, en contraposición con algunos que pueden producir resistencia a los microorganismos o residualidad en la canal (Castro, 2005).

En los últimos años, se ha tenido gran interés en aumentar, cada vez más, la eficiencia de la producción animal. Por ello, con las mejoras introducidas en la genética, se ha tratado que los animales aprovechen al máximo los nutrientes que se les suministra con los alimentos, para lograr un mejor crecimiento y una mejor conversión alimenticia. Paralelamente con esto, se le ha prestado gran atención a la salud de los animales, al efecto de la crianza en el ambiente y a la seguridad de los productos animales que consume el ser humano (Castro, 2005).

El suministro de diversos ingredientes en la dieta del animal, mejorará las funciones y calidad de las mismas, por ejemplo:

- La suplementación de vitaminas como el ácido ascórbico, es conocida como vitamina anti-estrés, ya que inhibe las enzimas 21-hidroxilasa y 11 ß-hidroxilasa, necesarias para la producción de corticosterona. Esta

vitamina en la dieta o agua de bebida durante los periodos de estrés, produce una reducción en la síntesis de la corticosterona (Rubio, 2013).

- El ácido acetoxibenzoico (AAB) funciona como analgésico, antiinflamatorio y antipirético, básicamente por su efecto inhibitorio sobre la ciclooxigenasa (prostaglandina sintetasa), reduciendo así la síntesis de prostaglandinas (Rubio, 2013).

- La combinación de electrolitos es necesaria en el restablecimiento del equilibrio ácido-base ocasionado por estrés térmico (frío/calor), deshidratación, estrés por manejo, etc. (Rubio, 2013).

En México, actualmente existen dos moduladores alostáticos con marca registrada. Uno de ellos es fabricado y comercializado por la empresa Pisa Agropecuaria; mientras que el otro lo produce y comercializa la empresa ATISA Ciencia Médica Animal. Esta última, diseña y fabrica productos farmacéuticos veterinarios con un alto nivel en el desarrollo científico, apegado a altas normas internacionales de calidad.

2.2 Bienestar Animal

El “bienestar animal” se define como el estado en el cual un animal tiene satisfechas sus necesidades fisiológicas, de salud y de comportamiento (su manera natural de actuar), con el fin de adaptarse a su medio, o con aspectos de experiencia subjetiva, como la ausencia de dolor (Duncan y Petherick, 1991), incluidos ambos en el principio de las denominadas “cinco libertades” establecidas por el Farm Animal Welfare Council (1982), y que en términos literales son: libertad de hambre y sed, libertad de incomodidad, libertad de dolor, daño o enfermedad, libertad para expresar el comportamiento normal y libertad de miedo y angustia.

Desde el punto de vista de la producción, el bienestar animal se basa en el correcto funcionamiento biológico, de modo que la satisfacción de sus necesidades, dará lugar a una adecuada producción, lo que supondría la promoción activa del bienestar. Desde la perspectiva de la producción animal, es necesario establecer y mantener ciertos parámetros, dentro de los cuales puedan desarrollarse sistemas de producción animal, que satisfagan las necesidades de los animales en las mejores condiciones posibles, a fin de que dichas condiciones permitan un óptimo nivel de reproducción, crecimiento y engorda. Las anteriores condiciones son el objetivo fundamental del productor de ganado de carne. Por lo tanto, desde la perspectiva de la producción animal, es fundamental promover condiciones de bienestar (Duncan y Petherick, 1991).

Algunos indicadores de bienestar animal son los que se mencionan a continuación: ayuno previo al transporte, carga y descarga, densidad del transporte, distancia y duración del transporte, tiempo de descanso en los corrales del rastro y el método de aturdimiento en el sacrificio (Becerril *et al*., 2009a).

2.2.1 Ayuno Previo al Transporte

El ayuno antes del transporte tiene efectos beneficiosos, tanto para el bienestar de los animales, como para la calidad de la carne, ya que disminuye la mortalidad, y el porcentaje de animales que sufren náuseas y vómitos como consecuencia del movimiento del vehículo. Además, el hecho de que el sistema digestivo este vacío cuando se realiza el sacrificio, facilita el eviscerado, disminuyendo también el riesgo de contaminación bacteriana de la canal (Velarde y Dalmau, 2012).

2.2.2 Transporte

El transporte es una de las fases de la producción porcina más críticas desde el punto de vista de bienestar animal. Durante esta fase los animales son sometidos en un periodo de tiempo relativamente corto a un elevado número de factores estresantes. El esfuerzo que realiza el animal para adaptarse a la nueva situación durante el transporte se puede medir a partir de cambios de conducta (vocalización, intentos de huida, jadeo y rechazo a seguir avanzando), de parámetros fisiológicos (niveles plasmáticos; de cortisol, creatina quinasa, ácido láctico y glucosa, además de frecuencia cardiaca, ritmo respiratorio, temperatura corporal y hematocrito), de calidad de la canal (rendimiento de la canal y lesiones o heridas) y de calidad de la carne (pH a los 45 min y a las 24 h, color y conductividad) (Velarde y Dalmau, 2012).

2.2.3 Carga y Descarga de Animales

La carga y descarga de los animales al vehículo de transporte y en las instalaciones del rastro, son los momentos más estresantes para el animal. El estrés que les causa es físico (por el sobreesfuerzo) y psicológico, ya que los animales salen de un ambiente que ha permanecido inalterado durante los últimos meses de engorda. Por lo que para reducir el estrés debe evitarse el tratamiento brusco de los animales, con personal capacitado. La utilización de picanas eléctricas y palos debe evitarse a toda costa (Grandín, 2003).

Adicionalmente, las instalaciones también juegan un papel importante durante la carga y descarga de los animales al vehículo de transporte; así, el desplazamiento de los cerdos es más rápido por pasillos anchos (120 cm) y con angulaciones poco pronunciadas, por lo que el número de animales por grupo debe corresponder a la anchura del pasillo de carga (OIE, 2010).

2.2.4 Densidad del Transporte

Los animales durante el viaje están restringidos en cuanto al espacio disponible en el vehículo, lo que puede afectar el bienestar animal. En este sentido, es importante contar con un adecuado espacio por animal, considerando además, que el movimiento del vehículo les dificulta las posibilidades de mantener el equilibrio, generándose un estrés adicional. Cada animal debe tener suficiente espacio disponible para poder asumir su posición natural durante el viaje, por lo cual deben tener área suficiente para adoptar una buena posición de balance (OIE, 2010).

2.2.5 Distancia y Duración del Transporte

Los resultados de investigaciones acerca del transporte de animales, demuestran que a medida que aumenta el tiempo, los efectos negativos sobre el bienestar de los animales y la calidad de la carne en aquellos destinados directamente a sacrificio, se incrementan. Lo ideal es disminuir al máximo la duración de los viajes (Gallo *et al*., 2000).

De acuerdo con la NOM-051-ZOO-1995, el ganado porcino se deberá transportar en un máximo de 20 h, y disponer de agua durante todo el trayecto. Al término del tiempo de viaje establecido, los animales serán descargados, se les suministrará agua y alimentos, y descansarán durante al menos 24 h (NOM-051-ZOO-1995).

Los viajes que se realizan en malas condiciones de ventilación, temperatura, etc., pueden ser muy estresantes, independientemente de su duración. Los vehículos utilizados para el transporte de animales deben ser diseñados para garantizar que estos no sufran molestias ni estrés innecesarios. Deben estar provistos de un sistema de ventilación, ya sea manual o automático, que

permita la renovación del aire en todos los compartimentos. El suelo de los camiones debe ser antideslizante y estar construido de forma que evite la producción de heridas a los animales. Además, el camión debe contar con un buen sistema se suspensión, debido a que durante el trayecto la vibración que se produce puede provocar en el animal fatiga, falta de confort y mareo. Igualmente, el chofer debe conducir cuidadosamente y evitar cambios bruscos de velocidad (Velarde y Dalmau, 2012).

2.2.6 Tiempo de Descanso en el Rastro

Para alcanzar un mayor bienestar animal en las plantas de sacrificio y lograr mejor calidad de la carne, se debe minimizar el tiempo de permanencia de los animales en corrales de espera. Actualmente se considera adecuado un mínimo de 6 h, cuando el ganado provenga de lugares menores de 50 km. Cuando esta distancia es mayor, el descanso deberá ser de 12 a 24 h (NOM-009-ZOO-1994). La descarga de los animales hacia los corrales de espera, debe realizarse en forma segura y cuidadosa por parte del personal capacitado, y darse una disponibilidad de espacio para estar de pie, poder darse vuelta fácilmente o que puedan echarse. Además, deben tener acceso a agua limpia en todo momento, y si el tiempo de espera en corrales de descanso es mayor de 24 h, se debe alimentar a los animales, así como mantenerlos en los mismos grupos, e incluso evitar mezclarlos con otros de diferente procedencia. Si hay animales agresivos, estos deben ser separados del lote (Gallo *et al*., 2000).

2.2.7 Sacrificio de Ganado Porcino

El mejoramiento del bienestar animal durante la etapa de sacrificio debe ir básicamente encaminado a realizar un correcto aturdimiento, aumentando el porcentaje de cerdos inconscientes (con el propósito de evitarles sufrimiento

innecesario) en el momento del desangrado, y así disminuir el número de lesiones, contusiones y nivel de estrés, tanto en el periodo *ante-mortem* como durante el de sacrificio (FAO, 2001).

El método de aturdimiento eléctrico es muy apropiado para cerdos, e induce un estado epiléptico en el cerebro. Este estado debe durar el tiempo suficiente para realizar el desangrado, ocasionando la muerte por anoxia cerebral (FAO, 2001). El aturdimiento que emplea bajos voltajes (con tenazas o pinzas eléctricas) incluye la utilización de dos electrodos colocados a ambos lados de la cabeza. Dado que el cerebro de estos animales es pequeño, los electrodos se colocan con precisión y sujetándose firmemente. El voltaje utilizado debe oscilar entre 90 y 150 voltios y 250 mili amperes, con un tiempo de aplicación de 7 seg. Por otro lado, el aturdimiento de alto voltaje se utiliza de forma automática con el “restrainer”, utilizando voltajes muy diversos (180-190 voltios/5 seg, 300 voltios/3 seg, 700 voltios/seg), y pueden ser de 2 o 3 electrodos (López y Casp, 2004).

El desangrado debe realizarse tan pronto como sea posible; para el caso del porcino se fijan 30 seg. Todos los animales aturdidos deben ser desangrados, seleccionando al menos una de las carótidas o los vasos de los que se originan. El desangrado no es total ya que el 50% de la sangre del animal permanece en los músculos (Torrescano *et al*., 2008).

Una vez aturdidos y desangrados, los cerdos se escaldan por medio de diferentes metodologías; inmersión, aspersión y condensación, siendo el primero el más utilizado por la industria. En este sistema, los cerdos son introducidos en tanques, donde la temperatura del agua de escaldado se encuentre entre 60 y 65°C, siendo importante mantener buen control de la temperatura y tiempo de permanencia (se recomienda de 3 a 6 min por cerdo) de los animales en el escaldado para evitar un cocido superficial. Posterior al escaldado los cerdos se introducen a una máquina eliminadora de cerdas o

depiladora, en la cual debe ponerse atención a los peines eliminadores de las cerdas de la piel del animal, ya que con el tiempo presentan desgastes y pueden ocasionar lesiones, y por lo tanto convertirse en una posible fuente de recontaminación de la canal, o pérdida del valor comercial de la piel, si su uso es distinto al comestible (Torrescano *et al*., 2008).

Por otro lado, existen estudios que recomiendan que el tiempo entre el proceso de insensibilizado y el desangrado sea menor de 10 seg para obtener carne de mejor calidad, y que el tiempo de escaldado sea de 5 a 7 min a 60º C, en vez de tiempos más prolongados. En México no han sido muy estudiados los factores del sacrificio que pueden influir en la calidad de la carne de cerdo (Alarcón, 2006).

Entre los principales factores *post-mortem* que afectan la calidad de las canales, se encuentran las prácticas de manejo y la temperatura *post-mortem.* Durante el *rigor mortis*, en la canal suceden algunos cambios importantes como son la temperatura, pH, color y peso (Torrescano *et al*., 2008).

2.3 Características de la Canal Porcina

Por definición, la canal es el cuerpo del animal desprovisto de piel, cabeza, vísceras y patas (NOM-009-ZOO-1994). El Reglamento 3513/93/CEE define a la canal del cerdo como "el cuerpo de un cerdo sacrificado, sangrado y eviscerado, entero o partido por la mitad, sin lengua, cerdas, pezuñas, órganos genitales, manteca, riñones ni diafragma.

La calidad de la canal depende fundamentalmente de las proporciones relativas de hueso, músculo, grasa y recortes, ya que son determinantes del porcentaje y calidad de la carne, que es lo que se consume. La inconsistencia en la calidad

de la canal se ha identificado como uno de los problemas más importantes que debe enfrentar la industria de la carne (Díaz, 2006).

2.3.1 Peso de la Canal Porcina

El peso constituye un indicador de la cantidad de músculo de la canal, como también lo es de otros criterios de calidad, tales como conformación, cantidad de grasa, hueso y composición de la carne. El aumento de peso de la canal se refleja en un incremento de los espesores musculares y adiposos, y por lo tanto de las dimensiones de la canal, así como de todos los componentes que la forman. No obstante, a peso constante de canal, es la grasa el principal componente responsable de la variación del resto de los componentes (Boggs *et al*., 1998).

En una planta de sacrificio son tres los pesos que se registran: a) peso en pie, que se registra cuando el animal está vivo; b) peso en caliente, es el peso de la canal antes de entrar a la cámara de refrigeración; y c) peso en frío, que es el peso de la canal después de 24 h de refrigeración (Boggs *et al*., 1998).

2.3.2 Rendimiento de la Canal Porcina

De la totalidad del peso vivo del animal sólo una parte es útil como carne; por lo cual, se define como rendimiento en canal a la relación entre el peso de la canal y el peso vivo del animal, expresado en porcentaje (López y Casp, 2004), y se calcula de acuerdo a la fórmula siguiente:

Rendimiento de la canal = (peso de la canal/peso vivo) X100

2.3.3 Morfometría de la Canal Porcina

La morfometría de una canal se refiere a las medidas que se toman a las diferentes partes de una canal (porcina, bovina, ovina, etc.). Estas medidas consisten en determinar la longitud de la canal, longitud de la pierna, perímetro de la pierna y espesor o ancho máximo de la pierna, entre otras (Hernández-Álvarez, 2008).

2.3.4. Grasa Dorsal

La cantidad de grasa es un factor relevante para la calidad de la carne, y es muy importante distinguir que en el cerdo, 60% de su grasa es subcutánea o dorsal (grasa debajo de la piel), la cual se procesa en forma de manteca; entre el 30 y 35 es grasa intermuscular (entre diferentes músculos) por lo que normalmente se retira al cocinar o en el plato con el tenedor y cuchillo. Y solo entre el 1 y 3% es intramuscular (entre las fibras musculares del músculo), esto es lo que realmente contiene la carne antes de ser cocinada (Moctezuma *et al*., 2011).

La grasa dorsal se mide en mm al igual que la profundidad del músculo (carne), mediante un dispositivo Fat-O-Meater. Este posteriormente se integra a una ecuación, utilizando esta información para calcular el porcentaje de carne magra de la canal (López y Casp, 2004).

2.3.5 Deshuese de la Canal Porcina

El deshuese es el proceso que consiste en separar el hueso de la carne de un animal de sacrificio (Fernández, 2008). La calidad y el aprovechamiento comercial de los cortes que se obtienen de la canal dependen, de las

cualidades propias del animal y de la manera de realizar el despiece. El deshuese de una canal de cerdo se efectúa en medias canales frías o refrigeradas. Este proceso se realiza de forma tradicional, utilizando mesas de acero inoxidable, mediante el cual se obtienen una serie de cortes que reciben nombres y destinos diferentes de acuerdo a los intereses comerciales que van a tener las piezas (Luengo y Amtmann, 1999).

2.4 Calidad de la Carne de Cerdo

Un aspecto muy importante que influye en la calidad de la carne de cerdo es la carne PSE, la cual se presenta usualmente en cerdos que son genéticamente sensibles al estrés y principalmente cuando son sometidos a factores estresantes inmediatamente antes del sacrificio (Guárdia *et al*., 2004).

Las carnes PSE se asocian a un manejo estresante de los animales justo antes del sacrificio; es una condición que se presenta de forma más frecuente en animales portadores del gen halotano. Un periodo de estrés corto y agudo estimula la glicólisis anaerobia y la formación de ácido láctico antes del desangrado, lo que causa una disminución del pH muscular por debajo de 6, durante la primera hora después del sacrificio, cuando la carne todavía está caliente (>35 °C). La combinación de pH bajo y temperatura alta causa una marcada desnaturalización de las proteínas, que a su vez, causa una disminución en la capacidad de retención de agua de la carne (Velarde y Dalmau, 2012).

La calidad de la carne, principalmente, está definida por parámetros como el color y la textura (Lyon *et al*., 2004); aunque en el caso específico de la carne de cerdo se deben tener en cuenta parámetros físicos, químicos y sensoriales como pH, color, textura, flavor (olor, sabor y aroma), grasa intramuscular y pérdidas por goteo (NPPC, 1998). Una carne que no cumpla con las

características adecuadas de calidad, puede generar insatisfacción en los consumidores y, por lo tanto, pérdidas económicas para el productor (Gunenc, 2007). Así que la calidad de la carne juega un papel fundamental, ya que permite al consumidor tomar la decisión inicial de compra, de acuerdo a su apariencia, y de continuar el consumo, al seguir adquiriendo el producto dependiendo del olor, sabor y aroma de ésta.

El uso de un modulador alostático que tenga la propiedad de reducir el estrés en el animal y que sea utilizado en la etapa de finalización del cerdo en granja, podría hacer que no se altere su estado de homeostasis. Este es un aspecto positivo que mejoraría la calidad de la carne de cerdo (Becerril *et al*., 2009a).

2.4.1 Color y pH de la Carne

La medición de pH se considera un buen indicador de los cambios bioquímicos *post-mortem* que sufre la canal. Además, existe una fuerte correlación entre pH, color y capacidad de retención de agua; si el valor de pH se aproxima al punto isoeléctrico de las proteínas, hay una mínima retención de agua y una mayor decoloración. Durante el *rigor mortis*, ocurre una reducción en el pH muscular de aproximadamente 7.0 a un pH final entre 5.6 y 5.8 (Ríos *et al.,* 2009).

El color es otro indicador importante de la calidad de la carne; los cambios visibles de color ocurren en el músculo durante su refrigeración y tiene influencia en la aceptabilidad del consumidor al momento de realizar su compra (Savell *et al*., 2005). Una vez terminado el enfriamiento de las canales en las cámaras, debe apreciarse un color rojo-cereza en la carne, mientras que en la grasa, el color debe ser blanco-crema.

Cuando la carne se almacena en las condiciones habituales se produce un aumento de la concentración de metamioglobina hasta que se alcanza un

pseudo equilibrio entre la oxidación y la reducción. Este equilibrio se mantiene durante un cierto tiempo, pero finalmente el sistema enzimático reductor de la carne acaba desactivándose y se rompe el equilibrio a favor de la oxidación, adquiriendo un color pardo irreversible (Savell *et al*., 2005). Para estimar el color de manera subjetiva (sensorialmente) se utilizan plantillas, dando la posibilidad de obtener una aproximación lo más cercana a una coloración considerada "ideal" por parte del consumidor. Otra técnica más objetiva para describir el color, es el sistema CIE-Lab, que se basa en el uso de estándares de iluminación que considera las coordenadas de color L* (luminosidad), a* (coordenada verde-rojo) y b* (coordenada azul-amarillo), mediante el uso de espectrofotómetros o colorímetros (CIE, 1976). Actualmente, esta metodología es la mayormente utilizada en la evaluación del color de la carne.

2.4.2 Capacidad de Retención del Agua

La capacidad de retención de agua (CRA) se define como la propiedad o aptitud de la carne para mantener su agua durante la manipulación e incorporar y retener agua añadida durante el procesado. Es un parámetro físico-químico importante por su contribución a la calidad de la carne fresca y a la de sus productos derivados. La CRA está relacionada con la textura y color de la carne cruda y jugosidad y firmeza de la carne cocinada. La carne cruda de los mamíferos inmediatamente tras el sacrificio contiene, por término medio, un 75% de agua (Lawrie, 1991). Tras el sacrificio, parte de este agua se pierde con la manipulación de la carne; por evaporación durante el enfriamiento de las canales, por goteo como consecuencia de la sección de los tejidos (hasta 6 %, el cual puede duplicarse tras la descongelación), por pérdida de jugo durante el tratamiento térmico (las mayores pérdidas de agua se producen como consecuencia del cocinado de la carne), pudiendo superar el 40% (González, 2012).

2.4.2.1 Pérdidas de peso por goteo. El goteo se define como la solución roja acuosa de proteínas que emerge encima de la superficie del corte muscular durante un periodo de tiempo, que puede ser de horas a días. La pérdida por goteo solamente mide el exudado de agua extracelular de la carne. Este tipo de medición se realiza para determinar las mejores condiciones de refrigeración, congelación, envasado y almacenado de la carne. La pérdida por goteo es un problema de tipo económico sobre todo para el comercializador, porque reduce el peso de la carne y provoca una acumulación de líquido alrededor de ésta, ocasionando un rechazo por parte del consumidor, ya que desmejora su apariencia. Además, para el que procesa la carne es una pérdida de proteína animal, ya que a menudo se desecha el jugo producto del goteo (Morón y García, 2004).

En las canales se ha reportado que la cantidad de goteo perdido es casi nula, pero una vez realizado el despiece estas pérdidas son alrededor del 1% (después de dos días de enfriamiento), y pueden ser comparables con las pérdidas por evaporación. Cuando la carne es cortada en cortes o cubos, la pérdida por goteo se incrementa y está alrededor del 2 al 6 % del peso de la carne magra después de cuatro días bajo condiciones de refrigeración; esto es alrededor del 1 al 3 % del peso total de los cortes. Si las canales son congeladas y descongeladas, estas pérdidas pueden ser aún mayores. La carne PSE de cerdos susceptibles al estrés también exudan una gran cantidad de agua (Morón y García, 2004).

La liberación de jugo (*post-mortem*) que tiene lugar en la carne desde la fibra muscular al espacio intercelular y de ahí al exterior de la carne parece ser dependiente, por una parte, del estado de contracción de la proteínas contráctiles (sarcómeros contraídos, fibrillas o fibras) que tiene lugar en la instauración del rigor y es debida a la reducción del espacio entre miofibrillas y miofilamentos; y, quizá también, a cambios en la membrana celular (fenómenos osmóticos y cambios en la permeabilidad). En definitiva, el rigor (contracción)

actuaría exprimiendo el músculo, con lo cual soltaría el agua por goteo a través de las superficies de corte. Además, tal y como se mencionó anteriormente, la liberación de jugo depende del pH de la carne y del grado de desnaturalización proteica debido a los cambios de pH, sin aplicación de fuerzas externas (Honikel *et al*.,1986).

2.4.2.2 Pérdidas de peso por cocción. Las pérdidas por cocinado (cooking loss) de fluidos liberados tras el calentamiento de la carne sin aplicación de fuerzas externas tales como la centrifugación o la presión, se deben a la rotura de la membrana celular generada por el tratamiento térmico, y a las modificaciones de las proteínas en relación con el cambio en la estructura tridimensional, ocasionada por el calentamiento (encogimiento, modificación de la polaridad, etc.). Durante el calentamiento de la carne, al llegar a los 50 ºC, aproximadamente, comienza a experimentar una desnaturalización proteica que resulta en una destrucción de membranas celulares, encogimiento longitudinal y transversal de las fibras, agregación de proteínas sarcoplásmicas y encogimiento del tejido conjuntivo. Todos estos fenómenos, originan una disminución de la CRA en la carne cuando se somete a calentamiento (Pla-Torres, 2005).

2.5 Textura de la Carne

La textura aparece como una percepción psico-química compleja y multidimensional, que puede definirse como la unión de las propiedades reológicas y de la estructura de un producto alimenticio perceptible por los receptores mecánicos, táctiles y eventualmente visuales y auditivos, condicionando la apetencia de un alimento (Kramer y Szczesniak, 1973).

La textura es el término utilizado al referirse al mayor o menor grado de suavidad o terneza de la carne, la cual se puede evaluar en carne fresca de preferencia refrigerada, o en la mayoría de los casos, en carne cocinada. En el cuerpo de los mamíferos existen de 200 a 250 músculos pares y algunos impares, con formas, pesos y estructuras distintas, por lo que resulta complicado afirmar con precisión cual es el músculo representativo de toda la canal (Lawrie, 1998).

El método más utilizado para determinar la textura o terneza de la carne es aquel que permite estudiar el grado de resistencia al corte de las fibras musculares, como el caso de la prueba de WBSF (Warner Bratzler Shear Force, por sus siglas en inglés), para lo cual se puede disponer de un equipo llamado texturómetro (Lawrie, 1998). Este método es fiable, fácil de usar y se correlaciona bien con la evaluación del panel sensorial de la terneza de la fibra muscular. Este aparato realiza una simple medida de la fuerza máxima de corte ejercida durante la ruptura completa de una muestra. El cizallamiento se realiza perpendicularmente a las fibras con la ayuda de dos cuchillas que se deslizan movilizándose a velocidad constante por un motor eléctrico. El esfuerzo ejercido sobre la hoja se mide con la ayuda de un dinamómetro a muelle (Cover *et al*., 1960).

2.6 Composición Química de la Carne

La carne puede considerarse que está compuesta aproximadamente de un 75%, 19%, 2.3% de sustancias no proteicas solubles, 1.2% de carbohidratos y un 2.5% de grasa y vitaminas (Lawrie, 1998). Una de las proteínas más abundantes del organismo animal que además influye en un parámetro muy importante en la calidad de la carne que es su terneza, es el colágeno, el cual se describe a continuación (Braña *et al*., 2011).

2.6.1 Colágeno

El colágeno es el principal componente del tejido conectivo. La hidroxiprolina es un aminoácido característico del colágeno y no se encuentra en las restantes proteínas cárnicas, por eso, permite su cuantificación o determinación aproximada en el tejido conjuntivo (Forrest *et al*., 1979).

El tejido conectivo tiene una contribución apreciable a la dureza de la carne, y se encuentra constituido por dos fracciones principales: el colágeno y elastina. Un factor que influye de manera importante en la dureza de la carne, es el contenido cuantitativo y cualitativo de colágeno presente (Braña *et al*., 2011). La concentración de colágeno no cambia significativamente durante el desarrollo del animal y hasta el sacrificio; sin embargo, lo que cambia con la edad del animal, es la solubilidad del colágeno (Herring *et al.,* 1967; Cross *et al.,* 1973; Bailey y Light, 1989).

El colágeno insoluble es el factor definitivo responsable de la dureza de la carne; cuando éste se hidroliza se genera ablandamiento, por lo que la cantidad de colágeno insoluble influye en la dureza de la carne, pero no se puede establecer una correlación directa, sino que deben tenerse en cuenta otros factores tales como solubilidad y distribución de las fibras de colágeno y la dureza aportada por el complejo miofibrilar y el citoesqueleto (Braña *et al*., 2011).

En la determinación de colágeno en la carne es importante hacer un análisis de su concentración total, además de conocer la proporción de colágeno insoluble, y por diferencia obtener el contenido de soluble, para así establecer su influencia en la dureza de la carne, ya que la solubilidad del colágeno juega un rol importante en la dureza de la carne, por lo que una solubilidad mayor del 28% producirá carnes tiernas, mientras que si la solubilidad es del 6% o menor, la carne será dura (Torrescano, 2002).

La metodología para la determinación del colágeno (Bonnet y Kopp, 1986; 1992) se basa en una hidrólisis de las proteínas de la carne en medio ácido y con calor, liberando los residuos de hidroxiprolina de la muestra.

III. HIPOTESIS

El uso de un modulador alostático suministrado en el agua de consumo del cerdo durante la etapa de finalización en la granja en dos estaciones del año (invierno y verano), mejora la calidad de la canal y su carne.

3.1 Objetivo General

El objetivo de este trabajo fue establecer el efecto de la adición (en la engorda de cerdos) de un modulador alostático con propiedades anti-estresantes, en los 30 días previos al sacrificio, en dos estaciones del año (invierno y verano) sobre las características de calidad de la canal y de su carne.

3.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar el bienestar animal por efecto de la adición de un modulador alostático en granja, transporte y rastro, en dos estaciones del año (invierno y verano).

2. Evaluar el efecto del uso de un modulador alostático sobre las características de calidad de la canal de cerdo en dos estaciones del año (invierno y verano).

3. Evaluar el efecto del uso de un modulador alostático sobre los diferentes parámetros de calidad de la carne de cerdo en dos estaciones del año (invierno y verano).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones de una granja porcina, ubicada en la Costa de Hermosillo, Sonora, México.

Para este experimento se adicionó un modulador alostático (VsEs3C®-contra estrés®) producido por el laboratorio ATISA, Ciencia Médica Animal, ubicado en Guadalajara, Jalisco, México, el cual cuenta con registro ante SAGARPA.

La dosificación del modulador alostático se llevó a cabo en el agua de consumo, y para su preparación se utilizó un recipiente de 200 L, el cual se mezcló con agua hasta su disolución. Para proveer el agua de consumo a los cerdos se utilizó un dosificador conectado a la tubería de la sala destinada para el estudio, lo cual se realizó *ad libitum* y durante 24 h, a través de 30 días de duración de cada prueba.

En este estudio se utilizaron dos salas, una para los animales que recibieron el modulador alostático, y otra para los animales que constituyeron el grupo control (en salas cuya ocupación es menor o aproximadamente de 1,500 cerdos cada una). La dosis utilizada (preparada diariamente) fue de 0.5 g/L de agua. En la época de invierno la cantidad de agua total ingerida por cada cerdo durante 24 h, fue de 7.8 L aproximadamente (con base en el consumo de alimento y medidores de agua). En la época de verano se aplicó la misma dosis de 0.5 g/L de agua, y el agua total ingerida durante 24 h por cada cerdo fue de 9 L aproximadamente (con base en el consumo de alimento y medidores de agua).

Una vez finalizados los 30 días previos al sacrificio, y en cada estación del año evaluada, un total de 180 cerdos fueron separados y trasladados al rastro para su sacrificio. De estos, 90 cerdos correspondieron al grupo de animales tratados con el modular y los 90 restantes al grupo control.

En este estudio se evaluaron los aspectos relacionados con el bienestar de los animales, utilizando un cuestionario que incluyó algunos indicadores del estrés (ANEXO 1).

Los cerdos incluidos en este estudio fueron hembras destinadas a engorda, en etapa de finalización con edades de 6 meses y un peso promedio final de 120 kg de peso vivo. En cuanto a la genética, estas líneas fueron razas producidas por la empresa PIC (Pig Improvement Company de México), y libres de síndrome de estrés porcino.

Los animales de la prueba fueron alimentados con alimento pelletizado, con fórmula elaborada por la empresa. El consumo de alimento de los animales fue de un promedio de 2.6 y 3 kg/día, en invierno y verano respectivamente.

La granja utilizada para el estudio cuenta con comederos automatizados, y cada corral con chupones para el consumo de agua de los animales.

Durante el transporte, sacrificio y manejo *post-mortem*, se recolectó información en granja.

4.1 Evaluaciones *Ante-mortem* en Granja y Durante el Transporte

4.1.1 Bienestar Animal en Granja

Para la evaluación del bienestar animal en granja, se consideraron aspectos importantes tales como la determinación del comportamiento de los cerdos en la sala, para lo cual se utilizó un cuestionario con los indicadores de bienestar animal (ANEXO 1), evaluando: el porcentaje de colas mordidas (caudofagia), orejas mordidas, laceraciones en la piel y peleas, en las dos salas completas, en ambas estaciones del año.

4.1.2 Bienestar Animal en la Carga de Animales al Vehículo

El bienestar animal de los cerdos durante la carga al vehículo que los transportó de la granja a la planta de sacrificio, se determinó mediante el registro de parámetros tales como número de golpes, picadas con palos o uso de la picana eléctrica, silbidos o gritos por parte del personal, y el tiempo de ayuno de los animales.

En las instalaciones de la granja se midió el ancho del pasillo que conduce de los corrales de la granja hacia la rampa de embarque, así como el ángulo de la rampa, y se registró el tipo de material utilizado en su construcción (Velarde y Dalmau, 2012).

4.1.3 Bienestar Animal en el Transporte

Las condiciones de transporte de la granja a la planta de sacrificio, se evaluaron considerando la distancia recorrida (km), el tiempo de transportación, así como

la densidad de animales por vehículo (expresada en número de animales/m²) (Velarde y Dalmau, 2012).

4.1.4 Bienestar Animal en la Descarga y Corrales de Espera en el Rastro

Al arribar los animales a la planta TIF, se evaluó la descarga de los animales contabilizando el número de golpes, picadas con palos o uso de la picana eléctrica, silbidos o gritos por parte del personal, así como el tiempo de permanencia en los corrales de espera.

Además, se determinaron las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa, las cuales fueron registradas con un Termo-higrómetro (Thermometer), tanto en la granja como en la planta de sacrificio.

4.2. Evaluaciones en la Planta de Sacrificio TIF

Después de permanecer en los corrales de descanso del rastro, los animales fueron conducidos por medio de un restrainer (sujetador-transportador), hacia el área de aturdimiento. En esta etapa se registró el tipo de aturdimiento utilizado así como las características del mismo; se evaluó el reflejo corneal (parpadeo del ojo) al aturdimiento; el tiempo que transcurre del aturdimiento al corte de desangrado; la reacción al corte de desangrado; el tiempo de desangrado; el tiempo de escaldado; además de las condiciones de escaldado (temperatura).

En la etapa de desangrado del animal se obtuvieron muestras de sangre para medir el nivel de Creatina quinasa (CK), Lactato deshidrogenasa (LDH) y glucosa en plasma sanguíneo. La glucosa fue determinada en mg/dl, mediante un kit comercial (Glucosa GOP-PAP ASSAY, RANDOX). La CK y LDH fueron

determinadas mediante un kit comercial (CK-NAC ACTIVADA, RANDOX y LDH, RANDOX).

Las muestras de sangre se colectaron en tubos vacutainer, de tapón rojo para la CK y LDH (6.0 ml, 13x100 mm) y de tapón gris para la glucosa (conteniendo Na^2 y EDTA) (2 ml, 13x875 mm), los mismos que se colocaron en hielo y fueron trasladados de inmediato al laboratorio en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., donde se centrifugaron a 1,200 x g por 20 min a 4°C. Posteriormente el suero fue transferido a tubos Eppendorf y congelado a -80 y -30°C.

4.3 Evaluación de Calidad de la Canal Porcina

La evaluación de la calidad de la canal se llevó a cabo a los 45 min y a las 24 h *post-mortem* en el M. *semimembranosus* (SM). El análisis de las 360 canales (180 en invierno y 180 en verano) se realizó en la cámara de enfriamiento, en la cual se le colocó un dispositivo para el monitoreo de la temperatura y la humedad relativa (HOBO® Temp/RH - H08-032-08) durante 24 h.

Los pesos en caliente y frío de las canales, fueron proporcionados por la planta TIF, además del rendimiento y las mermas por enfriamiento.

Las evaluaciones a los 45 min *post-mortem* consistieron en:

- Determinación del pH, el cual se llevó a cabo utilizando un potenciómetro portátil (modelo HI 98140, Hanna Woonsocket, RI, EU).

Las mediciones a las 24 h *post-mortem* fueron:

- Determinación del pH con un potenciómetro portátil (modelo HI 98140 Hanna Woonsocket, RI, EU).

- Medición de la temperatura con un termómetro de penetración digital (Acorn, Oakton, Vernon Hills, EY).
- La información del espesor de grasa dorsal (mm) y de la profundidad del músculo, fueron proporcionados por la planta, y evaluadas mediante un dispositivo Fat-O-Meater, para posteriormente obtener los resultados anteriormente señalados, mediante una ecuación, obteniendo los resultados del porcentaje de carne magra de la canal.
- Las dimensiones morfométricas de la canal: longitud de la canal y pierna, así como ancho de la canal y pierna, fueron obtenidas con un flexómetro metálico y una cinta métrica flexible.

4.4 Evaluación de la Calidad de la Carne

Del total de las 360 canales evaluadas, se seleccionó el 20% para la evaluación de la calidad de la carne. Un total de 96 muestras (48 en invierno y 48 en verano) de carne obtenida a partir del M. *longissimus thoracis* fueron seleccionadas en la planta de deshuese del rastro a las 24 h *post-mortem*, de donde posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Investigación de la Carne y Productos Cárnicos, del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., donde posteriormente fueron seccionadas, identificadas, envasadas y congeladas o refrigeradas (dependiendo del análisis que se realizó).

4.4.1 Medición del pH

La determinación del pH se realizó a las 48 h *post-mortem*. Este fue determinado utilizando un potenciómetro portátil con electrodo de penetración (modelo HI 98140 Hanna Woonsocket, RI, EU).

4.4.2 Determinación de Color (CIE Lab)

El análisis de color en la carne, se realizó con un espectrofotómetro (modelo CM-508d, Minolta- CO:LTD. Japón), considerando los valores L* (Luminosidad), a*(intensidad del color rojo), b*(intensidad del color amarillo), C* (saturación o intensidad del color) y h* (ángulo de matiz o tono) (CIE, 1976).

4.4.3 Medición de la Capacidad de Retención de Agua (CRA)

La CRA se determinó de acuerdo a la metodología descrita por Sutton *et al*., (1997), para la cual se pesaron 5 g de cada muestra en trozos, los cuales se colocaron sobre una malla fina de nylon e introduciéndose a su vez en tubos de 50 ml con tapa de rosca, para posteriormente centrifugarse a 3,600 rpm a 4°C durante 5 min. La CRA (%) se calculó por diferencia entre el peso de la muestra antes y después de centrifugarse.

4.4.3.1 Pérdidas de peso por cocción (PPC). La pérdida de peso por cocción se determinó utilizando la metodología descrita por Torrescano *et al*., (2003), tomando el peso inicial de las muestras antes y después de cocinarse a 71°C y utilizando la siguiente fórmula para el cálculo de pérdida de agua:

PPC= ((Pinicial-PFinal)/Pinicial) X100.

4.4.3.2 Pérdidas de peso por goteo (PPG). Esta técnica se realizó utilizando el método de Honikel (1998) para determinar la pérdida de peso por almacenamiento, utilizando una porción de carne de aproximadamente 20 g, colocada en un plato de plástico y emplayada con un material a base de resina de polietileno de baja densidad lineal, y almacenándose a 3 °C por 9 días. Las muestras se pesaron durante los días 0, 3, 6 y 9, para obtener el porcentaje de agua que liberó la carne.

4.5 Determinación Instrumental de Textura

El análisis instrumental de la dureza de la carne se llevó a cabo en muestras del M. *longissimus thoracis*, a las 48 h *post-mortem*. La carne, previamente cocinada, mediante el método de grill o plancha a 71°C de temperatura interna, fueron cortadas en forma de prismas con medidas de 1x1x4 cm, a las 24 h posterior a su cocción, habiendo estado mantenidas en cámara frigorífica a 4 ºC (AMSA, 1995).

Las muestras cortadas se analizaron utilizando un texturómetro (modelo TA-XT plus, Stable Micro Systems Texture Analyser, Reino Unido), utilizando el método de Warner Bratzler Shear Force (WBSF), descrito por Honikel (1997), midiendo con una cuchilla el esfuerzo máximo al corte determinado en kg-f. A cada muestra se realizaron diez determinaciones.

4.6 Determinación del Contenido de Colágeno Total y Soluble

El contenido de colágeno se determinó utilizando las técnicas descritas por Bonnet y Kopp (1986) considerando el colágeno total e insoluble, y obteniendo el colágeno soluble por diferencia.

Para determinar el contenido de colágeno total, las muestras se descongelaron y se molieron (100 g) en un procesador de alimentos, para después pesar 2 g de cada una y colocarlas dentro de un tubo de ensaye para proceder a la digestión con ácido perclórico (15 ml al 70%), en un baño de aceite a 100°C durante 4 horas. El extracto resultante de la digestión se transfirió a un matraz volumétrico de 100 ml, el cual se aforó y filtró. Una vez enfriado se tomó 1ml del filtrado al cual se le añadieron 1 ml de NaOH 1.8N (agitando por 1 min), 1 ml de buffer pH 6.0, 1 ml de solución de Cloramina T, dejándose reposar 4 min y posteriormente se agregaron 3 ml de HCLO4 1.8N y 2 ml de pDAB. Los tubos se calentaron en baño maría a 60°C durante 25 min, dejándose enfriar para leer a una absorbancia de 558 nm en el espectrofotómetro y determinar el contenido de hidroxiprolina/g de muestra.

La determinación de colágeno insoluble se realizó mediante una predigestión de la muestra fresca a 90°C con TRIS-HCl durante 2 h. El residuo obtenido se secó en una estufa a 100°C durante 16-24 h, para posteriormente llevar a cabo el mismo procedimiento que para colágeno total. El contenido de colágeno se expresó en mg de hidroxiprolina/g de músculo.

Para el cálculo de la concentración de colágeno se elaboró una curva patrón de concentraciones conocidas de Hidroxiprolina, con el propósito de obtener una ecuación, que posteriormente fue utilizada en los cálculos.

4.7 Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Para el análisis de los resultados se realizó un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial 2x2, donde el primero factor son dos niveles (la adición de un modulador alostático y el grupo control) y el segundo factor son dos estaciones del año (invierno y verano). Se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) considerando todas las variables y una prueba de comparación de medias de Duncan ($P<0.05$), en caso de existir diferencias. Los datos fueron procesados en el paquete estadístico NCSS (2007).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Condiciones *Ante-mortem*, en Granja y Durante el Transporte

5.1.1 Bienestar Animal en Granja

En la granja, antes de adicionar el modulador alostático, en la etapa de invierno, ya se contaba con el problema de caudofagia. Para la administración del modulador se seleccionó una de las cinco salas al azar. Durante el estudio se observó que este aspecto mejoró notablemente durante los 30 días de inclusión del modulador, generando una disminución de este problema hasta un 77.7%.

Con respecto al indicador de estrés, orejas mordidas, este se redujo a un 100% para los animales tratados con el modulador alostático. Mientras que para los indicadores de laceraciones en la piel y peleas, los porcentajes fueron muy bajos y no representativos entre las dos salas; lo cual para esta granja es considerado como normal.

Durante la época de verano, no se observaron problemas de caudofagia y orejas mordidas, como en la época de invierno. En el caso de laceraciones los porcentajes estuvieron en 0.2% para los animales tratados y 0.7% para los animales control. De acuerdo a esta empresa los porcentajes son muy pequeños, y se consideran aceptables. No se observaron peleas durante esta etapa.

En un estudio técnico realizado en México en el 2013, utilizando el mismo modulador alostático de este estudio (ATISA), se evaluó la adición en el agua de consumo de 222 lechones durante el cambio de corral, los cuales primeramente fueron tratados con una dosis de 1g/L de agua, durante 3 días antes del cambio de corral. Los animales se dividieron en dos grupos, uno con tratamiento y un control. La asignación de los animales fue aleatoria, pero clasificándolos por tamaño (chicos, medianos y grandes), y distribuidos en 8 corrales.

La segunda medicación se llevó a cabo durante los 5 días posteriores al cambio de corral, usando la misma dosis. Los cerdos tuvieron libre acceso tanto al alimento como al agua, y la medicación se realizó cada 24 h con la finalidad de que consumieran agua fresca. Los pesos de los animales se registraron al momento del cambio del corral y al final de la medicación. Durante el experimento se llevó a cabo una evaluación diaria del comportamiento de los lechones, considerando número de peleas, laceraciones en la piel y adaptación social al nuevo grupo. También se evaluó el consumo de alimento durante este período.

Los resultados indicaron que a pesar de que el grupo no medicado inició con mayor peso promedio, los lechones tratados con el modulador alostático presentaron menor pérdida de peso. La diferencia en kg de carne producida en este periodo de evaluación reportó menor costo de producción en los grupos tratados. En este estudio técnico los lechones tratados, al ser bajados a piso, se observaron contentos, acercándose al comedero e ingiriendo el alimento en menor tiempo; además, los cerdos también se agruparon buscando calor entre ellos. En el grupo control la conducta fue muy diferente; los lechones que ingresaron al nuevo corral mostraron mayor número de peleas, observándose peleas más violentas en los grupos con mayor peso. En general, los animales no se agruparon y consumieron poco o nada de alimento durante el primer día en su nuevo alojamiento.

Al igual que en el presente estudio en el reporte de Rubio (2013), se encontró que el uso de un modulador alostático, en el agua de bebida se redujo el número de peleas, la presencia de laceraciones en piel y se favoreció la adaptación social.

Por otro lado, no existe ningún parámetro que por sí sólo permita medir el bienestar de los animales, sino que siempre deben combinarse varios indicadores, que en la práctica son de cuatro tipos principales. Los indicadores de las instalaciones y manejo, de comportamiento, tales como estereotipias y caudofagia, los relacionados con la salud de los animales y por último los relacionados con la producción (Manteca, 2012).

Un aspecto importante en los indicadores de comportamiento que se mencionó en el párrafo anterior es la caudofagia, que supone un problema grave de bienestar ya que las heridas causan dolor, y a su vez tiene efectos negativos sobre la conducta y el crecimiento. Por otro lado, la herida puede provocar infecciones que son susceptibles de extenderse por diferentes vías, principalmente la vena caudal y el canal vertebral (Manteca, 2012).

Otro aspecto que se evaluó en este experimento fue el ayuno antes del transporte. En esta investigación los cerdos no tuvieron tiempo de ayuno, debido a que no cuentan con corrales de espera en la granja y salen directo de su corral o hacia el pasillo de embarque. El ayuno tiene efectos beneficiosos tanto para el bienestar animal como para la calidad de la carne, ya que disminuye la mortalidad y el porcentaje de animales que sufren náuseas y vómitos como consecuencia del movimiento del vehículo; sin embargo, no existe acuerdo acerca del periodo ideal de ayuno. Algunos trabajos recomiendan ayunos de 4 a 12 h antes del transporte, otros autores recomiendan de 12 a 18 h. No obstante el ayuno demasiado largo puede tener consecuencias negativas sobre el bienestar de los animales y la calidad de la

carne, ya que induce a la sensación de hambre y aumenta la incidencia de agresiones dentro del grupo (Velarde y Dalmau, 2012).

Las condiciones de temperatura y humedad relativa dentro de las salas, se muestran en la Tabla 1, donde se observa que no hubo diferencias significativas (P>0.05) en los parámetros de temperatura y humedad relativa entre las dos salas evaluadas, en ambas épocas del año (invierno y verano). Lo anterior muestra que los animales con el modulador alostático y los animales sin tratar, estuvieron bajo las mismas condiciones ambientales dentro de la granja. La temperatura promedio fue de 21°C en invierno y de 34°C en verano, mientras que el promedio de humedad relativa fue de 47 y 49% respectivamente. Respecto al embarque, éste se realizó a las 3:00 pm en invierno y a las 6:00 pm en verano.

En un estudio realizado en Venezuela (Jerez-Timaure, 2013), donde se llevó a cabo la determinación de los defectos de calidad en la canal y carne de cerdo mediante el uso de auditorías, encontraron que de 4 lotes evaluados, los lotes 1 y 2 estuvieron bajo condiciones de humedad relativa de 53 y 55%, y con temperaturas de 34°C; mientras que los lotes 3 y 4 permanecieron bajo humedades relativas más altas (79 y 80%, respectivamente) y a 30°C de temperatura. Los resultados correspondientes a los lotes 1 y 2 son similares a los del presente estudio, ya que las condiciones climáticas de Venezuela son similares a las del verano húmedo del presente año en Sonora.

Pearce *et al*. (2012) consideran que las condiciones termo-neutras de un cerdo son 21°C y 35 a 50% de humedad relativa, lo cual concuerda con los valores encontrados en este estudio en la época de invierno. Sin embargo, de acuerdo a Randall (1993), el rango óptimo de temperatura ambiental para favorecer el bienestar de los animales es de 26 a 31 ºC. Como se puede observar en la Tabla1, la temperatura en la época de verano fue de 34°C con 49% de humedad relativa, siendo 3°C más alta que lo que menciona este autor.

Tabla 1. Temperatura y humedad relativa ambiental (promedio ± D.E.) en las dos salas de la granja.

Estación del año	Tratados	Control
Verano		
Temperatura	34.80±1.04[a]	34.95±1.05[a]
Humedad relativa	49.20±6.52[a]	49.15±4.67[a]
Invierno		
Temperatura	21.80±1.03[a]	21.87±1.22[a]
Humedad relativa	47.20±8.20[a]	46.05±6.92[a]

Diferentes literales indican diferencias significativas entre grupos ($P<0.05$).

5.1.2 Carga de Animales al Vehículo de Transporte

Los resultados de evaluación de la carga de animales al vehículo de transporte al rastro se muestran en la Tabla 2. En la época de invierno, los animales avanzaron voluntariamente, sin la utilización de palos ni picas eléctricas; sólo recibieron pequeños golpes con una pala tipo remo de plástico. El tiempo de carga de los animales fue de 89 min, el cual fue superior al que esta granja considera como habitual, ya que han establecido que 60 min son suficientes para cargar a todos los animales en un vehículo de transporte utilizado por la empresa. La temperatura en el momento de realizar la carga fue de 26°C y la humedad relativa de 24%, como también se observa en la Tabla 2. Esta temperatura está dentro del rango óptimo para favorecer el bienestar de los animales, el cual es de 26 a 31 ºC (Randall, 1993). La humedad relativa en este estudio estuvo por debajo de lo que considera Pearce *et al*. (2012) como un cerdo en condiciones termoneutras, (35 a 50 %).

En la época de verano el tiempo de carga de los animales al vehículo de transporte fue de 61 min, con una temperatura de 34°C y humedad relativa de 43%. Esta temperatura es un poco más alta que la considerada como óptima por Randall (1993); mientras que la humedad relativa también se considera optima según Pearce *et al*. (2012). Cabe mencionar que en esta época del estudio hubo un grupo pequeño de cerdos que se rehusaron a subir voluntariamente, por lo que los operarios optaron por emitir gritos, procedimiento no considerado como recomendable (Grandin, 1999). Algunos dispositivos eficientes para conducir a los cerdos sin ser eléctricos son los paneles, palos con paletas hechas de material plástico, como los que se utilizaron en este estudio (Grandin, 2003).

El tipo de vehículo que esta empresa utiliza para transportar los animales al rastro es de dos pisos, y el ángulo de la rampa para ambas épocas del año fue de 15.4°, los cuales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de bienestar animal en la carga de animales de la granja al rastro.

Parámetros para todos los animales	**Evaluación invierno**	**Evaluación verano**	**Reglamento***
Tiempo de carga (min)	89	61	
Temperatura promedio (°C)	26	34	
Humedad relativa promedio (°C)	24	43	
Ángulo de la rampa (°)	15.42	15.42	<20°
Gritos**	0	157	0
Silbidos**	0	0	0
Pica eléctrica (%)**	0	0	10

*Reglamento/CE 29 junio 1995, **Grandin, 1999.

Durante la carga de los animales, las rampas no deben ser resbaladizas y su inclinación debe ser inferior a 20°, cumpliendo el diseño del vehículo de acuerdo al reglamento de la CE del 29 de junio de 1995. El diseño de los escalones debe ser muy próximo entre sí, ya que en rampas demasiado inclinadas los animales tienden a no avanzar voluntariamente. En la carga y descarga debe evitarse el tratamiento brusco, gritos y silbidos; no obstante, en este estudio se registraron 157 gritos en la época de verano, mientras que en invierno no se presentaron.

El número de animales desplazados durante la carga debe ser reducido, evitando el uso de picas eléctricas y palos, ya que causa dolor y efectos en la calidad final de la carne (Grandin, 2003). Con respecto al ancho de los pasillos de carga de esta granja, éstos se encuentran dentro del rango según la Directiva Oficial Europea (Reglamento CE, 1995), los cuales miden 1.20 m.

5.1.3 Transporte de Animales al Rastro

El resultado de la densidad de los animales en el vehículo de transporte al rastro fue de 2.33 cerdos/m², considerado dentro del rango aceptable de 2.35 cerdos/m^2, para ambas estaciones del año, como se muestra en la Tabla 3. Según el reglamento de la Directiva Oficial 95/29/CE (1995) y la NOM-051-ZOO-1995, se establece que la densidad máxima debe ser de 235 kg/m² para animales de 100 kg de peso vivo, es decir, 282 kg/m² para animales de 120 kg. Además, la NOM-051-ZOO-1995, indica que el espacio disponible deberá aumentarse hasta en un 20% en función de la duración del transporte y la temperatura ambiente. Al respecto, en este estudio, durante el transporte los cerdos pudieron estar levantados o acostados, lo cual indicó que tuvieron un espacio disponible adecuado. Cabe mencionar que, densidades muy bajas favorecen movimientos exagerados de los animales en el vehículo, provocando golpes, lo cual no sucedió en este estudio, en ninguna de las épocas del año.

La distancia entre la granja y la planta de sacrificio es de 93.5 km, la cual fue recorrida en 1.48 h, en la época de invierno; mientras que en verano el tiempo de recorrido fue de 1.36 h, como se muestra en la Tabla 3. La Directiva Oficial Europea y la NOM-051-ZOO-1995 consideran como viaje corto, si éste es menor a 8 h. Sin embargo, aún en distancias cortas, si estas se realizan en condiciones de manejo inadecuadas, podrían afectar el bienestar animal y la calidad de la canal (Warris, 1998).

5.1.4 Descarga de Animales a los Corrales de Espera del Rastro

En el arribo de los animales a la planta de sacrificio TIF, se evaluó la descarga al igual que durante la carga. Durante esta maniobra, la mayoría de los animales avanzaron voluntariamente, sin necesidad de golpes con palos, ni uso de picas eléctricas; sólo se usaron remos de plástico. La descarga se realizó en un tiempo de 31 min, a una temperatura de 22.1°C y humedad relativa de 30%, en la época de invierno; mientras que en verano se llevó a cabo en 21 min a una temperatura de 27°C y humedad relativa de 76%.

Cuando los cerdos presentan un comportamiento tranquilo, son más fáciles de mover y ordenar que cuando se encuentran excitados y agitados (Grandin, 2000). En el caso del ángulo de la rampa, éste mide 10.74°, como se muestra en la Tabla 4, quedando dentro del rango establecido en el reglamento de la Directiva Oficial Europea, que fue mencionado anteriormente en la carga de animales.

5.1.5 Corrales de Espera en el Rastro

El tiempo de permanencia de los animales en los corrales de espera en la planta TIF, previo a su sacrificio, fue de 13 h para la época de invierno y 10 h en verano; ambos durante la noche. Los animales tratados con el modulador y

Tabla 3. Bienestar animal durante el transporte de los animales al rastro.

Parámetros	Evaluación invierno	Evaluación verano	Reglamento*
Duración del viaje (h)	1.48	1.36	<20 h, <8h
Distancia granja-rastro (km)	93.5	69	
Densidad de animales/m² (120 kg)	2.33	2.33	2.35

*Reglamento/CE 29 junio 1995; (NOM-051-ZOO-1995).

Tabla 4. Resultados de bienestar animal en la descarga.

Parámetros	Evaluación invierno	Evaluación verano	Reglamento*
Tiempo (min)	31.0	21.0	
Temperatura (°C)	22.1	27.0	
Humedad relativa (%)	30.0	76.0	
Ángulo de la rampa (°)	10.74°	10.74°	<20°
Pica eléctrica (%)**	0	0	10
Silbidos**	0	9	0
Gritos**	0	20	0

*Reglamento/CE 29 junio 1995, **Grandin, 1999.

control, se mantuvieron en diferentes corrales, en ambas épocas, y aplicándoles un tatuaje para su posterior identificación.

Se han realizado numerosos estudios para determinar el periodo de descanso idóneo después del transporte de la granja al rastro, para la recuperación del cerdo. Marrón (2007) menciona que el tiempo de descanso ideal es de 2 a 4 h, ya que los cerdos sacrificados durante las primeras 2 h de reposo presentan conducta agresiva, agotamiento físico y tensión fisiológica, que produce un aumento en la actividad metabólica y reduce el pH intramuscular, elevando la temperatura del cuerpo. En relación a esto, un tiempo de reposo largo reduce la incidencia de PSE pero aumenta la predisposición a carne DFD. Los efectos que ocasionan los factores estresantes *ante-mortem*, y por consiguiente, la pérdida del bienestar animal, tendrán consecuencias directas sobre las reacciones enzimáticas *post-mortem* y la inocuidad del producto. Otro elemento importante es el efecto de la disminución del bienestar animal en el sistema inmunológico, ya que periodos de estrés prolongados afectan la respuesta inmune. Este tipo de efectos tienen lugar en todas las etapas vitales de los animales de producción, y han sido más estudiados durante las fases de cría y finalización (Marrón, 2007).

Para reducir las peleas en los corrales de espera en el rastro, es necesario que los animales dispongan de espacio y se respete $1m^2$ de superficie/cerdo, puesto que la sumisión en los cerdos no se expresa mediante una postura, sino con un comportamiento de huida. Sin embargo, hay contraposiciones a esta premisa, ya que algunos autores señalan que el espacio vital en la espera debe reducirse al máximo para evitar peleas (Marrón, 2007).

5.2 Evaluaciones en la Planta de Sacrificio TIF

Los animales se condujeron a su sacrificio por medio de un restrainer, sin el uso de picas eléctricas, palos, sin agresividad y avanzando; siendo aturdidos al final de su conducción. El método de aturdimiento utilizado en este estudio fue eléctrico, con una pinza de dos electrodos en los extremos, que se colocan en el centro de la cabeza del animal y el otro extremo en el corazón. En la Tabla 5 se muestran los resultados de las evaluaciones realizadas durante el sacrificio de los cerdos, donde se observa que el amperaje utilizado fue de 1.6 A con un voltaje de 200 V, durante 2 seg para la época de invierno; mientras que en verano se utilizaron 1.6 A y 372 V, durante 2 seg. Según la literatura revisada, el amperaje requerido para aturdir a cerdos de engorda, con peso promedio de 100 kg, es de 1.3 A y el mínimo voltaje recomendado es de 250 V, durante 3 seg para reducir los derrames de sangre en la piel y en la carne, induciendo a la sensibilidad instantánea (Grandin, 2003).

En la práctica comercial, para determinar la eficacia del aturdimiento se puede considerar como indicador el porcentaje de animales que muestra signos de consciencia después de realizarlo (no más de 0.2% debería mostrar signos de sensibilidad) (Grandin, 2010). En este estudio, de acuerdo a la Tabla 5, en la época de invierno se observó un 0% de animales que parpadearon (reflejo corneal) después del aturdimiento; mientras que en la época de verano el porcentaje fue de 0% y 2.7% del grupo tratado y control respectivamente. Al evaluar la sensibilidad al corte durante el desangrado, el porcentaje de animales fue de 2.7 para el grupo control, y 0% para el grupo tratado de los cerdos evaluados en verano, y de 0.5 % para el grupo tratado y 0% para el control de los evaluados en la época de invierno. Tras la descarga eléctrica el cerdo pierde el ritmo respiratorio, el reflejo corneal y la sensibilidad al dolor. La pérdida de reflejo corneal es la señal más inequívoca de que el animal está plenamente inconsciente, y por lo tanto, incapaz de sentir dolor (Gregory, 1998). De acuerdo a esto, en la época de verano el aturdimiento se realizó inadecuadamente, lo

Tabla 5. Resultados de las evaluaciones de sacrificio (promedio y DE±).

	Invierno		**Verano**		
Parámetro	**Tratados**	**Control**	**Tratados**	**Control**	**Rango normal**
Aturdimiento	1.6 A 200 V	1.6 A 200 V	1.6 A 372 V	1.6 A 372 V	1.3 A 250 V
Tiempo de aturdimiento (seg)***	2	2	2	2	3
Reflejo corneal***	0	0	0	5	No
Sensibilidad al corte***	1	0	0	5	No
Tiempo de desangrado (seg)**	29.3±4.3[a]	29.0±3.05[a]	24.9±2.99[a]	26.2±3.12[b]	<30
Tiempo entre aturdimiento y corte (seg)**	4.8±1.82[a]	4.8±1.42[a]	8.0±2.08[a]	7.8±7.83[a]	<10
Tiempo de escaldado (min)*	5.1±0.01[a]	5.2±0.01[a]	4.3±0.00[a]	6.0±0.00[a]	3-6
Temperatura de escalde (°C)*	57.6±0.67[a]	56.3±0.94[a]	60±0.00[a]	60±0.00[a]	60-65

Diferencia entre literales indican diferencia significativa entre grupos de cada época (P<0.05).
(*Torrescano *et al*., 2008; **Ediporc, 2005).
***Número de animales.

que se evidenció de acuerdo al porcentaje de animales que presentaron reflejo corneal y sensibilidad al corte durante el desangrado.

El intervalo de tiempo entre el aturdimiento y el corte de desangrado estuvo entre 4 y 8 seg, tal como se observa en la Tabla 5, no presentándose diferencias significativas ($P>0.05$) entre animales tratados y control para ambas estaciones del año. Estos resultados indican que el tiempo fue adecuado respecto a lo establecido por Ediporc (2005) que menciona que no deberá sobrepasar los 10 seg.

En la Tabla 5 también se muestra que el tiempo promedio de desangrado fue de 24 a 29 seg, no presentándose diferencias significativas entre los tratados y control ($P>0.05$) para la época de invierno; mientras que en verano existieron diferencias ($P<0.05$) entre la prueba y el control, siendo menor el tiempo en los animales tratados. El desangrado del cerdo se realiza mediante la disección de las venas y las arterias del tronco braquiocefálico; y la muerte tiene lugar en un periodo de 18-24 seg. Cuando el corte no se lleva a cabo adecuadamente, el sangrado es mínimo y el animal tarda mucho más tiempo en morir; con los consiguientes problemas de bienestar, así como la posibilidad de que algún cerdo entre a la tina de escaldado sin estar muerto, lo que se debe evitar siempre. Un corte poco certero puede estimular contracciones musculares prolongadas que causan hemorragias musculares o salpicaduras de sangre en la carne (Gregory, 2008).

En cuanto al tiempo de escaldado se obtuvieron valores entre 5.1 y 5.2 min, a una temperatura de 56 a 57°C, y un pH del agua de 10.8, para la época de invierno. Mientras que para la época de verano, el tiempo de escalde fue de 4.3 y 6 min con una temperatura de 60°C y un pH del agua de 11.5. De acuerdo a Torrescano *et al*. (2008), las recomendaciones son un tiempo de 3 a 6 min y una temperatura de 60 a 65°C para la tina de escaldado, esto con el objetivo de controlar el crecimiento bacteriano. Respecto al tiempo de escaldado, en este

estudio, este estuvo dentro del rango considerado como normal, mientras que la temperatura de escaldado no llego al valor adecuado en la época de invierno. Cuando el pH del agua de escaldado es elevado (por la adición de cal insoluble), disminuye el contenido de gérmenes. El continuo aporte de agua limpia apenas consigue en la práctica reducir el índice de gérmenes del agua de escaldado. Alarcón (2006) afirma que la calidad de la carne de cerdo se puede mejorar disminuyendo los tiempos entre el aturdimiento y desangrado y el tiempo de escaldado.

Existen estudios donde se ha documentado la utilización de sistemas de sacrificio en los que al principio el desangrado se realiza colocando al animal en posición horizontal y vertical al final (Ediporc, 2005). El sistema de la planta de sacrificio donde se llevó a cabo esta investigación cumple con estas condiciones de operación, lo cual evitó fracturas y hemorragias internas producidas por el propio peso del animal, y convulsiones de cerdos mal aturdidos.

Por otra parte, con lo que respecta a los indicadores fisiológicos de estrés que se evaluaron en este estudio, los resultados mostrados en la Tabla 6 indican que se obtuvieron diferencias significativas ($P<0.05$) entre animales tratados y control, para ambas épocas. En la época de invierno los valores de glucosa en sangre fueron de 100.79 y 113.91 mg/dl para tratados y control, respectivamente. Mientras que en el experimento de verano, los valores fueron 115.24 y 125.41 mg/dl para la prueba y control, respectivamente. En la misma tabla se muestran los valores de referencia para este y otros indicadores de estrés evaluados en este trabajo de investigación (Duncan y Prasse, 2012; García *et al*., 2006).

Según varios autores los valores normales para glucosa en sangre de cerdo son de 66.4 a 116.1 mg/dl (García *et al*., 2006). Otro estudio reciente muestra valores promedio de glucosa de 110 mg/dl en cerdos en condiciones termo-

Tabla 6. Niveles de Glucosa (mg/dl), Creatina quinasa (U/l) y Lactato deshidrogenasa (LDH) en sangre de los cerdos evaluados en invierno y verano (promedio ± D.E.).

Parámetro	**Evaluación invierno**		**Evaluación verano**		**Valores de referencia**
	Prueba	**Control**	**Prueba**	**Control**	
Glucosa (mg/dl)	100.79±11.59[a]	113.91±11.13[b]	115.24±16.76[a]	125.41±17.27[b]	66-116*§
CK (U/l)	369.16±186.2[a]	369.75±188.1[a]	369.86±160.6[a]	371.91±186.0[a]	66-489*
LDH (U/l)	179.45±43.60[a]	181.09±41.82[a]	180.52±61.80[a]	181.20±61.30[a]	160-425*

Diferencia entre literales indican diferencia significativa entre grupos de cada época ($P<0.05$).
CK: Creatina quinasa
LDH: Lactato deshidrogenasa
*Duncan y Prasse (2012)
§García *et al*. (2006)

neutras, y valores para cerdos en condiciones de estrés calórico de más de 124 mg/dl (Pearce *et al*., 2012). Al respecto, los resultados de este estudio muestran valores fuera de rango para el grupo control de la época de verano; lo que puede indicar que los animales de este tratamiento estuvieron sometidos a estrés antes y durante el sacrificio. Un incremento en los niveles de glucosa se asocia indirectamente al estrés como una consecuencia de la acción de catecolaminas, que estimulan la glucogenólisis (Warris 2000). La enzima CK es liberada al torrente sanguíneo cuando existe daño muscular, derivado de un ejercicio violento, situación que puede presentarse durante el transporte de animales al rastro; siendo una consecuencia que indirectamente puede asociarse a situaciones de estrés o pérdida de bienestar. Existen algunos trabajos que demuestran que la CK aumenta sus niveles como consecuencia del transporte en malas condiciones (María, 2004; Barton, 2004). Con lo que respecta a los resultados de CK en este estudio, éstos presentaron alta variabilidad entre las muestras evaluadas, valores que se encuentran entre 102 y 697 U/l, obteniéndose una desviación estándar muy alta, siendo la posible causa de que no se presentaran diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos, en ambas estaciones. El rango de valores aceptables para el indicador indirecto de estrés CK en el cerdo es de 66-489 U/l (Duncan y Prasse, 2012). Del total de muestras analizadas un 25 y 17% (para invierno y verano, respectivamente) del grupo control sobrepasó el límite máximo considerado como normal; Mientras que para el grupo de animales tratados con el modulador alostático el porcentaje fue de 25 y 21%, (para invierno y verano, respectivamente). Lo cual indica que hubo animales que presentaron estrés.

Considerando que las situaciones de estrés a las que pueden someterse los animales antes del sacrificio son varias; en el estudio de Barton (2004) se investigó el efecto que se presenta cuando los cerdos son mezclados o no antes del sacrificio. Los resultados mostraron que el nivel de CK para los cerdos que no se mezclaron fue de 588 U/l; mientras que para aquellos que se mezclaron con otros lotes, los valores de CK fueron más altos, es decir 957 U/l.

Otro indicador bioquímico del estrés que se evaluó se refiere a los niveles de la enzima LDH. Los resultados se presentan en la Tabla 6, donde se observa que para las muestras obtenidas en verano, los valores de LDH fueron de 180.52 y 181.20, U/l para tratados y control respectivamente. Los valores correspondientes a la prueba de invierno fueron de 179.45 y 181.09 U/l, para tratados y control respectivamente; no observándose diferencias significativas (P>0.05) entre animales tratados y control, para ambas épocas del año. Preus *et al.* (1989) determinaron niveles de CK y LDH en diferentes especies animales, para predecir lesiones cardiacas. Para LDH, que fue determinada en suero de sangre de cerdos a los cuales se les extrajo una muestra in vivo, se encontraron valores de 553 ± 60 U/l (promedio y DE). Salajpal *et al*. (2005), donde evaluaron metabolitos en suero de sangre de cerdo y la calidad de la carne en dos cruzas de cerdos y el tiempo de descanso en el rastro, obtuvieron valores de LDH muy altos comparados con los de este estudio, lo que indica que tuvieron animales muy estresados y con mal manejo *ante-mortem*. De animales que esperaron 24 h en los corrales de descanso, la cruza A tuvo 2679 U/l (222) y la cruza B 1942 U/l (211).

Adicionalmente, es importante considerar que un periodo de estrés corto y agudo estimula la glicólisis anaeróbica y por consiguiente la formación de ácido láctico antes del desangrado, lo que causa la disminución de pH muscular, por debajo de 6 en la primera hora, cuando la canal todavía está caliente (>35°C). Por lo anterior, también es importante medir este indicador fisiológico de estrés (Velarde y Dalmau, 2012), y correlacionarlo con la calidad de la canal.

5.3 Evaluación de Calidad de la Canal Porcina

La determinación de calidad de la canal es uno de los factores más importantes desde el punto de vista económico, tanto para el productor primario como para la industria procesadora de carne, puesto que está condicionada por las

exigencias del mercado y tiene un efecto directo en el precio (Mamani *et al*., 2013).

Una parte importante en relación a la calidad de la canal son las condiciones de enfriamiento posteriores al sacrificio, ya que dependiendo de los medios bajo los cuales se lleva a cabo, podrá repercutir en dicha calidad. A continuación se muestra, en la Figura 1, el comportamiento del cuarto frío donde se mantuvieron las canales incluidas en el experimento de invierno, considerando temperatura y humedad relativa. En esta figura se observa que la temperatura mínima de la cámara fue de -2°C, mientras que la humedad relativa máxima alcanzada fue del 100%. Por otro lado, en el experimento de verano (Figura 2), la temperatura alcanzó -2.4°C, con una humedad relativa de 103%. El comportamiento de la humedad relativa en las cámaras utilizadas en ambas épocas del año, fue debido al uso de “foggers” o nebulizadores dentro de los cuartos fríos.

En México, los rastros TIF siguen los lineamientos establecidos por la NOM-008-ZOO-1994, la cual menciona que la temperatura de refrigeración mínima deberá ser de 0 ºC y la máxima de 4 ºC; los requerimientos de la norma de México Calidad Suprema, señala que los enfriadores de canales deberán tener registros de temperatura de 2 ºC; mientras que la guía regulatoria de la Federación de Exportadores de Carne de Estados Unidos (USMEF, por sus siglas en inglés) es más estricta en relación a la temperatura, la cual debe estar en un rango de 0 a 1.1 ºC (USMEF, 2005). Sin embargo, en este estudio, en ambas épocas del año se registraron temperaturas menores a 0°C, no cumpliendo con la NOM-008-ZOO-1994 ni con la guía regulatoria de la USMEF. El comportamiento anterior, obedece a que las empresas utilizan temperaturas más bajas para cumplir con la temperatura de salida de las canales, como lo indica la NOM-009-ZOO-1994, la cual es de 4°C, y determinada en el cuarto trasero de la canal.

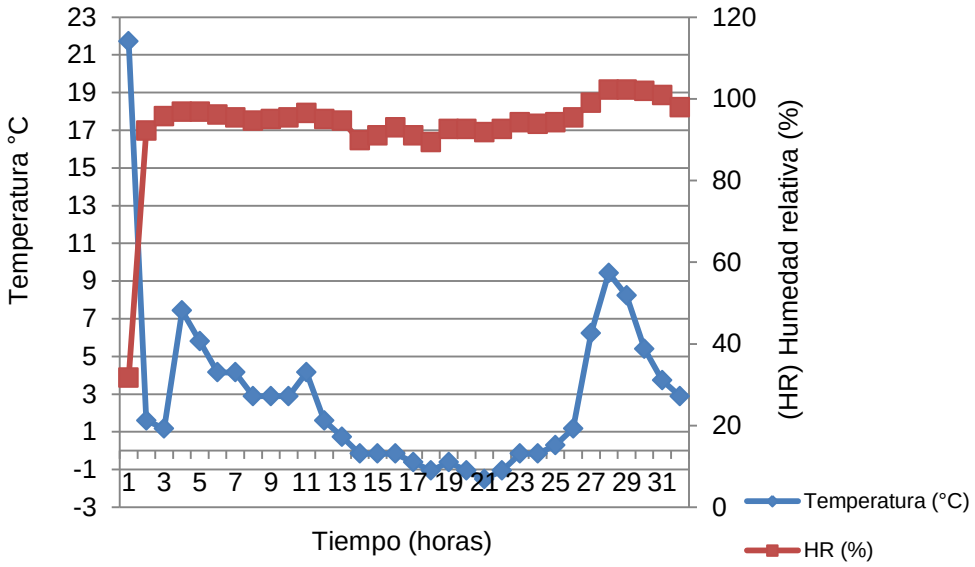

Figura 1. Temperatura y humedad relativa en la cámara de enfriamiento en el experimento de invierno.

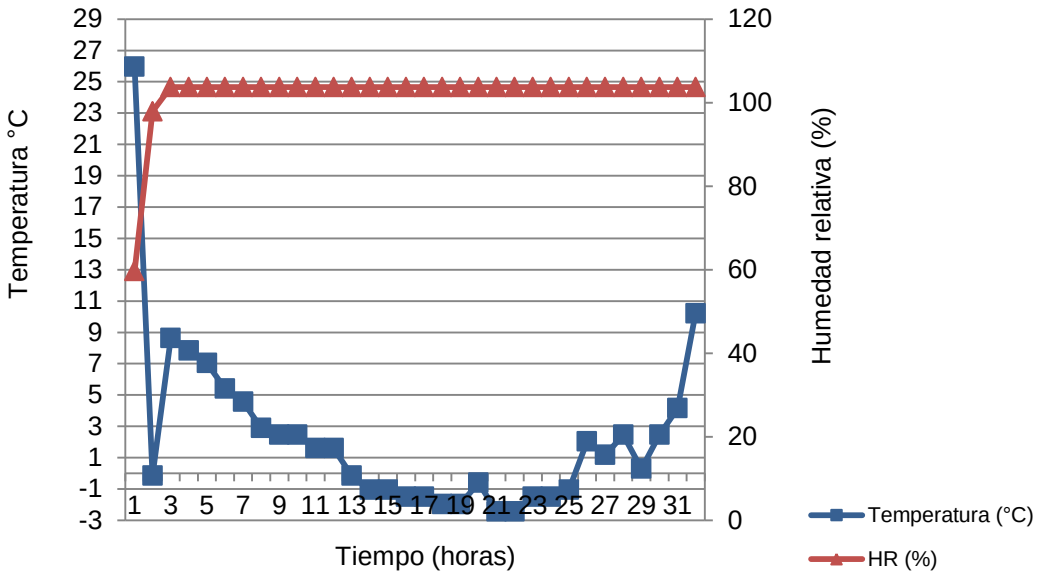

Figura 2. Temperatura y humedad relativa en la cámara de enfriamiento en el experimento de verano.

En lo referente a la temperatura y humedad relativa de las cámaras de enfriamiento, es importante efectuar un control preciso de estos parámetros, por lo que deberán estar provistas de sistemas de monitoreo (termógrafos, higrómetros, etc.) con el objetivo de conocer fluctuaciones en ambas variables y conocer las causas de las alteraciones en el producto almacenado (Torrescano *et al*., 2002).

Los resultados de la evaluación de calidad de la canal se muestran en la Tabla 7. Los valores de pH a los 45 min *post-mortem*, para el caso de los animales a los cuales se suministró el modulador alostático, fueron significativamente diferentes ($P<0.05$) a los del control, en ambas épocas del año. El pH a los 45 min fue mayor para animales tratados en la época de invierno, es decir, el pH disminuyó más lentamente. Esto se relaciona con la obtención de carnes de mala calidad, significando que el animal sufrió un periodo de estrés corto y agudo, que estimuló la glicólisis anaeróbica y la formación de ácido láctico antes de efectuarse el desangrado, lo que causa una disminución del pH muscular por debajo de 6 durante la primera hora después del sacrificio (lo que indica que entre más estresado esté el animal, la velocidad de caída del pH será más rápida), cuando la carne se encuentre todavía caliente (>35°C), esto es, antes de su enfriamiento (Velarde y Dalmau, 2012).

En la Tabla 7 también se incluyen los valores de pH medidos a las 24 h, donde se observa que este parámetro muestra diferencias significativas ($P<0.05$) entre las canales de los animales tratados y el control, en ambas épocas del año. Los valores de temperatura de estas canales, obtenidas a partir de los animales tratados fueron diferentes significativamente ($P<0.05$) a los del grupo control, para ambas épocas del año.

Los valores de pH y temperatura a las 24 h, hacen suponer que el pH no alcanzó a bajar lo suficiente en este período de tiempo, ya que un rango de pH considerado como normal estaría entre 5.5 y 5.8; lo cual fue debido a que la

Tabla 7. Resultados de la evaluación de calidad de la canal porcina (promedio ± D.E.).

Parámetro	**Invierno**		**Verano**	
	Tratados	Control	Tratados	Control
pH45 min	6.42±0.16[a]	6.24±0.19 [b]	6.02±0.14[a]	6.14±0.15[b]
pH 24 h	6.22±0.15[a]	6.11±0.12[b]	6.00±0.14[a]	6.14±0.16[b]
T 24 h	1.96±0.58[a]	1.05±0.54[b]	0.82±0.59[a]	0.59±0.54[b]

Diferencia entre literales indican diferencia significativa entre grupos de cada época ($P<0.05$).

temperatura disminuyó muy rápidamente en la cámara de enfriamiento, principalmente en el experimento de verano.

El comportamiento productivo de los animales de abasto incide directamente en la calidad de las canales, específicamente en el valor comercial o calidad composicional. Dentro de estos parámetros se encuentra el peso de canal, composición física en términos de músculo, hueso y grasa, y rendimiento de los cortes primarios y de grasa en distintos depósitos (Mamani *et al*., 2013). En la Tabla 8 se muestra el peso de la canal caliente y fría para los experimentos de invierno y verano, donde se observa que no hubo diferencia significativa ($P>0.05$) entre los dos tratamientos en la época de invierno. Los pesos obtenidos mostraron cierta tendencia a ser ligeramente mayores en las canales de los animales tratados; sin embargo, las mermas por enfriamiento en verano no mostraron diferencia significativa ($P>0.05$). Mientras que en la época de invierno fueron diferentes ($P<0.05$).

El rendimiento de deshuese, proporcionado por la empresa, como resultado de la medición con el Fat-O-Meter®, se incluye en la Tabla 8, donde se muestra que ambos tratamientos son iguales ($P>0.05$), correspondiendo un promedio de 52% para la etapa de invierno y 51% para la de verano.

Normalmente, una canal bovina presenta una merma por enfriamiento del 1-2% de su peso, durante las primeras 25 a 58 h posteriores al sacrificio (dependiendo del sistema de enfriamiento y el nivel de humedad relativa a que se exponga la canal). Esta merma puede alcanzar valores del 5 al 7%, cuando las canales se dejan madurar por más de 10 días (Braña *et al*., 2013). En un estudio de García *et al*. (2012) evaluaron las mermas y rendimientos en el proceso de sacrificio del ganado porcino, encontraron resultados de 1.1 a 1.4% en la planta evaluada. Las mermas se encuentran en los límites esperados según este estudio.

Tabla 8. Resultados de rendimiento en las canales porcinas (promedio ± D.E.).

Parámetro	**Invierno**		**Verano**	
	Tratados	Control	Tratados	Control
PC (kg)	100.64±7.23[a]	99.96±6.35[a]	105.68±7.72[a]	99.03±7.60[b]
PF(kg)	99.93±7.11[a]	98.96±6.29[a]	104.13±7.71[a]	97.38±7.54[b]
GD (cm)	1.71±1.46[a]	1.55±0.36[a]	1.82±2.80[a]	1.72±4.45[a]
C (cm)	6.32±0.60[a]	6.28±0.63[a]	6.12±6.58[a]	5.84±8.58[a]
ME (%)	0.71±0.52[a]	0.99±0.56[b]	1.49±0.47[a]	1.43±0.56[a]
R (%)	52.44±1.54[a]	52.49±1.51[a]	51.34±1.17[a]	51.57±1.85[a]

Diferencia entre literales indican diferencia significativa entre grupos de cada época ($P<0.05$).
PF: Peso frío
PC: Peso caliente
GD: Grasa dorsal
C: Profundidad carne
ME: Merma por enfriamiento
R: Rendimiento

El rendimiento de pie a canal y de canal a carne es muy variable, debido al tipo de animal y sistema de corte. Normalmente, de una canal se espera recuperar el 50% del peso vivo en forma de carne, lo que es equivalente al 75% del peso de la canal caliente. No obstante, de una canal bovina, normalmente se recupera un 25% en forma de hueso y recortes; por lo que se considera que el peso de la canal representa un parámetro muy significativo en la valoración y aprovechamiento de la canal, con el fin de utilizarla como materia prima para la elaboración de productos cárnicos (Braña *et al*., 2013).

Los valores de grasa dorsal incluidos en la Tabla 8, se deben principalmente a la genética del porcino, en el presente estudio mostraron valores similares ($P>0.05$), tanto en las canales de los cerdos tratados como en las del grupo control en las dos épocas del año. Los valores de profundidad de carne fueron iguales significativamente ($P>0.05$) entre animales tratados y control para ambas épocas, los cuales se incluyen en la Tabla 8. Estos resultados indican que la inclusión del modulador alostático en la dieta de los cerdos, no afectó este parámetro de calidad de la canal.

En la Tabla 9 se incluyen los valores correspondientes a las dimensiones de la canales evaluadas, donde se puede observar que la longitud fue igual ($P>0.05$) entre las canales de los animales tratados y el grupo control en la época de invierno, pero fueron diferentes ($P<0.05$) en la de verano.

Con relación a las dimensiones de ancho de pierna de las canales de los animales tratados, éstas fueron diferentes ($P<0.05$) a las canales de los animales sin tratar; presentando mayor ancho de pierna los animales tratados (78 cm, en ambas épocas del año), que en los controles (75 y 76 cm, para las dos épocas de estudio), como se observa en la Tabla 9.

Las dimensiones de la canal tienen una relación importante con el rendimiento cárnico y de conformación. Algunas medidas objetivas de la canal son

Tabla 9. Resultados de las dimensiones de la canal evaluadas (promedio ± D.E.).

Parámetro	**Invierno**		**Verano**	
	Tratados	Control	Tratados	Control
LC (cm)	91.96±2.73[a]	92.05±2.25[a]	92.92±2.95[a]	91.53±2.59[b]
AP (cm)	78.03±2.30[a]	75.32±2.37[b]	78.18±3.90[a]	76.29±3.80[b]

Diferencia entre literales indican diferencia significativa entre grupos de cada época ($P<0.05$).
LC: Longitud de canal
AP: Ancho de pierna

Influenciadas por la edad, y otras por el sistema de alimentación o finalización. El perímetro torácico es una medida afectada por su base ósea, músculo y deposición de grasa. Sin embargo, el largo del cuerpo en animales de la misma edad usualmente no difiere cuando son finalizados con diferentes dietas, dado que esta medida morfométrica está relacionada con la estructura ósea, la cual no se ve directamente afectada por la alimentación animal. Por otro lado, el perímetro de la grupa es la variable que muestra mayor diferencia en animales finalizados con diferentes dietas, debido a que es una medida basada en la cantidad de masa muscular del animal (Mamani *et al*., 2013).

5.4 Calidad de la Carne de Cerdo

Los resultados de calidad de la carne de cerdo, se muestran en la Tabla 10. Los resultados de pH a las 48 h *post-mortem* (pm) muestran que no existieron diferencias significativas (P>0.05) entre los animales tratados y sin tratar, para la etapa de invierno. En la etapa de verano, el pH a las 48 h pm fue diferente (P<0.05) entre el grupo tratado y el control. Los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos aceptables de pH para carne normal, a pesar de ser valores más altos, una vez estabilizados; el valor óptimo de pH a los 48 h pm es de 5.5, según Warris (2000) y O'Neill *et al.* (2003) (Tabla 11). Este resultado nos indica que el modulador alostático no tuvo efecto en este parámetro. El pH de la carne es el indicador instrumental más usado en estudios donde se evalúa el efecto del manejo pre-sacrificio y durante el transporte, debido a que es un estimador del equilibrio entre las vías metabólicas y el nivel de reserva energética del músculo (Sepúlveda *et al.,* 2008).

Por otra parte, los resultados de la capacidad de retención de agua (CRA), resultados que se exponen en la Tabla 10, estos no mostraron diferencias (P>0.05) entre los tratamientos, ni entre épocas del año. La CRA determinada

Tabla 10. Resultados de la evaluación de la calidad de la carne de cerdo (promedio ± D.E.), en diferentes épocas del año.

	Invierno		**Verano**	
Parámetro	Tratamiento	Control	Tratamiento	Control
pH	5.54±0.07[a]	5.56±0.11[a]	5.70±0.11[a]	5.77±0.11[b]
CRA (%)	92.10±2.89[a]	92.24±2.07[a]	93.46±1.78[a]	93.44±1.31[a]
PPG (%)	2.58±0.32[a]	2.49±0.48[a]	5.49±1.25[a]	5.36±1.16[a]
PPC (%)	17.69±2.32[a]	16.55±2.07[a]	15.66±2.93[a]	15.54±3.48[a]

Diferencia entre literales indican diferencia significativa entre grupos de cada época ($P<0.05$). ± DE
CRA: capacidad de retención de agua
PPG: Pérdidas de peso por goteo
PPC: Pérdidas de peso por cocción

Tabla. 11.- Parámetros de calidad de carne de cerdo en la literatura revisada.

Parámetro	**Carne normal**	**Referencia**
pH 45min	6.0-6.4	Warris (2000), Viljoena *et al*. (2002).
pH 24h	5.5	Warris (2000), O'Neill *et al.* (2003); Guárdia *et al*. (2004).
Textura (Kg)	<6	Shackelford *et al*. (1997),
L*	49-59	Warris y Brown (1993).
h*	23-47	Warris y Brown (1993).
C*	6-8	Warris y Brown (1993).

Color:
L*: Luminosidad
h*: hue, (ángulo de matiz)
C*: Croma (saturación del color)

en la carne es un parámetro muy importante, ya que indica qué tanto goteo o pérdida de agua va tener ésta durante el corte y en su vida de anaquel. Una CRA alta es deseable siempre y cuando no sea carne DFD (Alarcón, 2005). Estudios realizados por Silva *et al*. (2005) trabajaron el efecto *ante-mortem* del tiempo de descanso y su relación con el pH, CRA y color de la carne de cerdo, encontraron valores de CRA de 78% en animales que descansaron 0 h, 76% en animales que descansaron 2 y 6 h, 77% en animales que descansaron 4 h, para nuestro estudio los valores obtenidos superan a los encontrados por este investigador, indicando que el descanso de los animales no influyó en esta medida. En un estudio en corderos, realizado por Bianchi *et al.* (2006), se evaluó el efecto del peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne, encontraron porcentajes de CRA de 83.6% en corderos livianos y 85.6% en corderos pesados.

Por otro lado, Becerril *et al.* (2009b) realizaron un estudio de sostenibilidad de cerdos pelones mexicanos y cuinos, donde encontraron valores de CRA de 91% en cerdo pelón Mexicano y 90% en cerdos cruza yorkshire y landrace, valores similares a los encontrados en este estudio. En el estudio que realizaron Jerez-Timaure *et al*. (2013) en la que determinaron defectos de calidad en la canal y carne de cerdo mediante el uso de auditorías, encontraron valores de CRA de 83.29% en animales que pesaban entre 98 y 102 kg, resultados similares a este estudio. Es trascendental comentar que la combinación de pH bajo y temperatura alta causa una marcada desnaturalización de las proteínas que, a su vez, resulta en una disminución de la capacidad de retención de agua (Velarde y Dalmau, 2012). En base a lo anterior, la importancia del manejo de las canales en el rastro, así como de las muestras para su análisis, es primordial.

En el caso del análisis de pérdidas de peso por goteo (PPG) y de pérdidas de peso por cocción (PPC), resultados que se muestran en la Tabla 10, no se observaron diferencias significativas ($P>0.05$) en diferentes épocas del año. Los

valores de PPG, según se reporta en la literatura, oscilan entre 5 y 6%, según Guzik *et al.* (2006), los cuales evaluaron los efectos de la dieta, cortisol en plasma y saliva en la calidad de la carne de cerdo. En otra investigación, Warris (1998), encontró valores del 5 a 8%, evaluando el efecto de la densidad del transporte sobre la calidad de la carne y el bienestar animal antes del sacrificio. Alarcón *et al*. (2006), encontraron valores de 2 a 6%, donde se evaluó el efecto de las variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo. Otros trabajos como el de Janz *et al.* (2008), encontraron valores de PPG de 3 a 6%, donde evaluaron la influencia de la dieta y la calidad de la carne de cerdo.

Los valores de PPC no deben ser superiores al 22% (Warris y Brown, 1993; PIC, 2005). Valores reportados por Guzik *et al.* (2006), señalan que las PPC estuvieron en el rango de 17 al 20%. En nuestro estudio se obtuvieron valores de PPC de 15 al 17%, mostrando que no existieron valores muy altos en este parámetro. El modulador alostático no tuvo efecto en las características de retención de agua determinadas en este estudio. Sin embargo, si fueron afectadas por la época del año.

Los resultados de las evaluaciones de color de la carne se muestran en la Figura 3, el valor de L* (luminosidad) presentó diferencias ($P<0.05$) entre los animales a los que se les suministro el modulador alostático y a los del grupo control, en las dos épocas del año evaluadas. Estos valores oscilaron entre 50 a 55 en este estudio. Según la literatura, el valor de L* para carne de cerdo está en el rango de 49 a 59, siendo el valor óptimo de 54 (Warris y Brown, 1993). El modulador alostático mejoró el valor de luminosidad en ambos tratamientos.

Los valores de color a* (intensidad del color rojo) se muestran en la Figura 4, los resultados para la época de invierno fueron de 10.31±1.77 y 11.12±1.40, tanto para tratamiento y control, respectivamente, entre los cuales no existieron

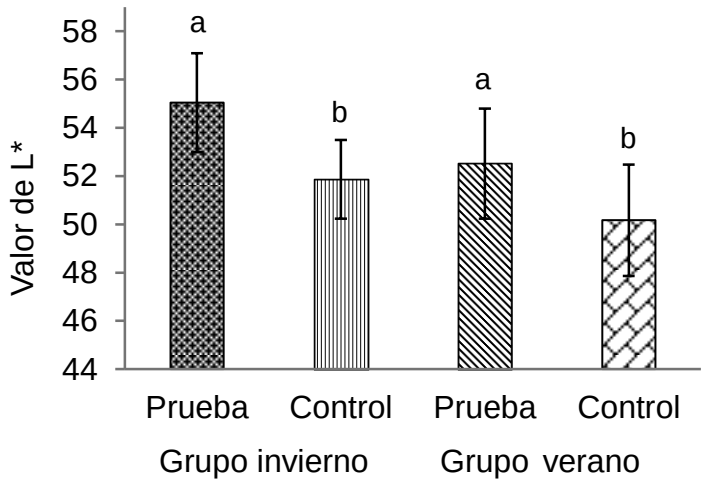

Figura 3.-. Valores de luminosidad en la carne.

Diferencia entre literales indican diferencia significativa entre grupos de cada época (P<0.05). ± DE

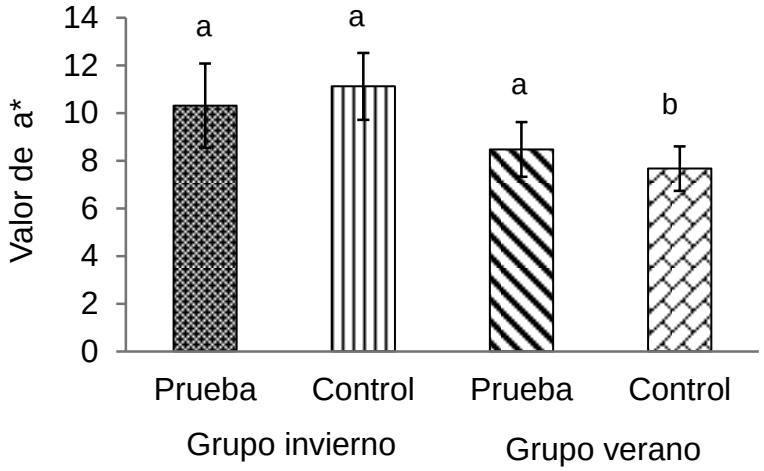

Figura 4.- Valores de la intensidad del color rojo en la carne.

Diferencia entre literales indican diferencia significativa entre grupos de cada época (P<0.05). ± DE

diferencias significativas (P>0.05). Por otro lado, los valores en el verano fueron de 8.47±1.15 y 7.67±0.93, para tratamiento y control, respectivamente, existiendo diferencias (P<0.05) entre los tratamientos. Los resultados obtenidos entre épocas del año muestran diferencia (P<0.05) en los cuatro grupos de cerdos.

Los resultados de b* (intensidad del color amarillo), se muestran en la figura 5, donde los valores en la época de invierno fueron superiores (P<0.05) en los cerdos que recibieron tratamiento alostático (11.58±1.22 vs. 10.38±2.16). Los valores registrados en el verano no mostraron diferencia (P>0.05), sin embargo, entre épocas del año fueron diferentes (P<0.05). Con respecto a los valores de verano no existió diferencia (P<0.05) entre los tratamientos. Sin embargo entre épocas si se presentaron diferencias significativa (P>0.05).

Valores de color L* a* y b* en carne de cerdo han sido reportados por varios autores, encontrándose valores de color muy diversos para esta especie cárnica, como el reportado por Edwards *et al.* (2010), donde evaluaron la relación entre la concentración de lactato en sangre y calidad de la canal y el sacrificio de cerdos, obteniendo valores de a* de 8 y b* de 6. Otros autores como Ruusunen *et al.* (2012), estudiaron la calidad de la carne y canal de cuatro diferentes cruzas de cerdos, encontrando valores de a* de 7 a 8.4 medidos en el lomo para las cuatro cruzas. Janz *et al.* (2008), estudiaron la influencia de la dieta con CLA, selenio y vitamina E en la calidad de la carne de cerdo (hembras) encontraron valores de a* de 5 a 7. Poto *et al.* (2000), hicieron un estudio donde se evaluó la raza porcina Chato murciano, y se evaluó el color donde se obtuvieron valores de a* de 4 a 11, de b* de 4 a 12. Alarcón *et al.* (2005), evaluaron la incidencia de carnes PSE y DFD en cerdos sacrificados en la región del bajío en México, en dos épocas del año (otoño y verano) en granjas tecnificadas. Estos autores encontraron valores de color en a* de 8.5 en verano y de 11.2 en otoño y valores de b* de 8.2 en verano y 13.1 en otoño. Estos valores son similares a los encontrados en este estudio.

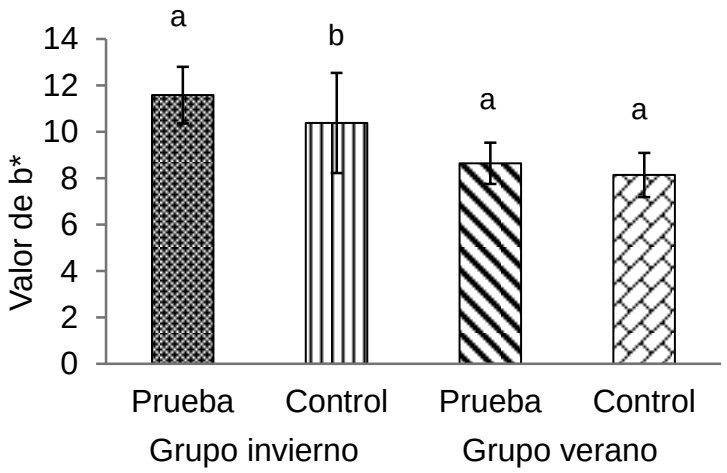

Figura 5.- Valores de la intensidad del color amarillo de la carne.

Diferencia entre literales indican diferencia significativa entre grupos de cada época (P<0.05). ± DE

Los valores de C* (saturación o intensidad del color) se muestran en la Figura 6, señalando que en la época de invierno éstos fueron iguales (P>0.05) entre los animales tratados y los control, con valores de 10. Warris y Brown (1993), reportan que los valores de croma para la carne de cerdo normal son de 6 a 8, valores de 9 a 12 los clasifica como carne PSE y valores bajos de 3 a 5 como carne DFD; por lo que los valores invierno, según los anteriores autores, estarían catalogados como PSE. Los valores de C* para la época de verano fueron iguales (P>0.05) entre animales tratados y los control, con valores de 8 en animales tratados y de 7.7 en los control. Los valores de verano concuerdan con los valores de carne de cerdo normal que reportan los autores Warris y Brown (1993). Por otra parte, Janz *et al*. (2008) estudiaron la influencia de la dieta suplementada con ácido linoleico conjugado, selenio, y vitamina E sobre la calidad de carne de cerdo y encontraron en animales que se les adicionaron los suplementos presentaron un valor de C* de 6.85, mientras que los del grupo control tuvieron un valor de 6.53, medido en el M. *semimembranosus.*

Los valores de h* (ángulo de matiz) se muestran en la Figura 7; en el presente estudio, estos valores fueron similares (P>0.05) entre tratamientos; de igual manera, se comportaron entre invierno y verano (P>0.05). Los resultados de h*, en ambos tratamientos, fueron de 47, valores que quedan dentro del rango reportado por Warris y Brown (1993), que están entre 23 y 47. El estudio de Janz *et al.* (2008), donde estudiaron la influencia de la dieta suplementada con ácido linoleico conjugado, selenio, y vitamina E sobre la calidad de carne de cerdo, encontraron que en animales suplementados tuvieron valores de h* de 23.7, mientras que los cerdos del grupo control, presentaron valores de 23.5, medidos en el M. *semimembranosus*. Los valores encontrados en la investigación de Janz *et al*. (2008), son menores a los valores de h* en este estudio, sin embargo, ambos

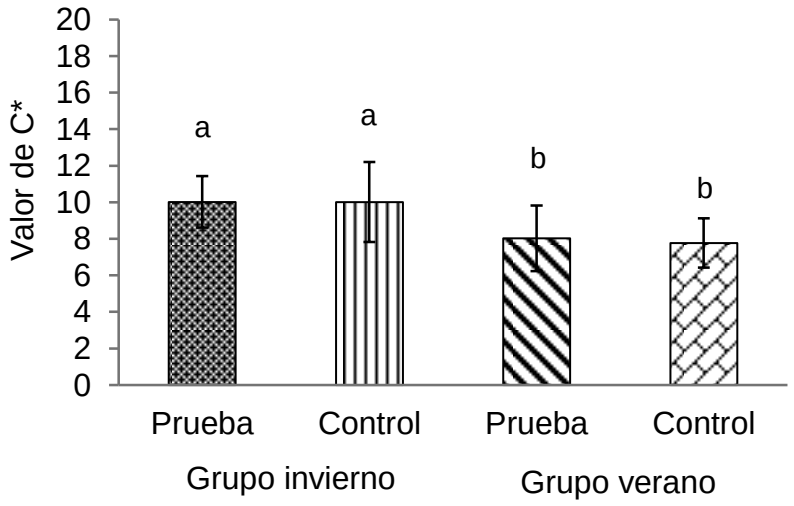

Figura 6.- Valores de la saturación del color en la carne de cerdo.

Diferencia entre literales indican diferencia significativa entre grupos de cada época (P<0.05). ± DE

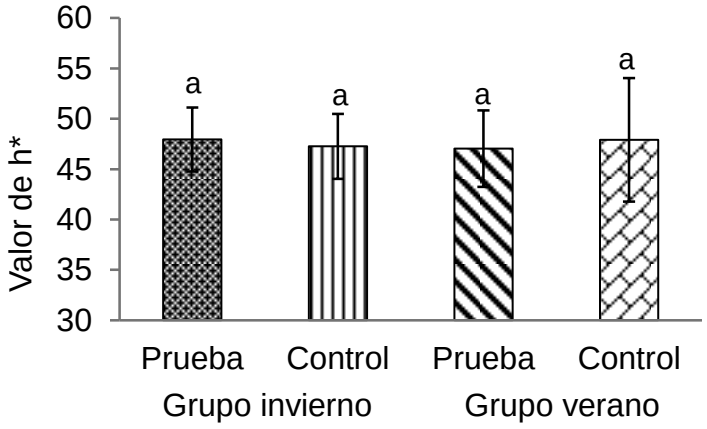

Figura 7.- Valor del ángulo de matiz (tonalidad) de la carne de cerdo.

Diferencia entre literales indican diferencia significativa entre grupos de cada época (P<0.05). ± DE

se encuentran dentro del rango óptimo que consideran los autores Warris y Brown (1993).

Los resultados de textura se presentan en la Figura 8 (época de invierno) y 9 (época verano), donde ambos se encuentran dentro del rango que Shackelford *et al*. (1997) considera como carne tierna. Los valores de textura de la carne de cerdo presentaron diferencias significativas ($P<0.05$) entre animales tratados y los control, para invierno y no existieron diferencias ($P>0.05$) en verano. Los valores de textura para animales tratados en invierno tuvieron un valor de 4.96±0.80, mientras que en los animales control ésta fue de 5.51±0.63. En la época de verano los valores de textura fueron de 4.21±0.90 y 4.68±1.17, para cerdos tratados y control, respectivamente.

Según Shackelford *et al*. (1997), una muestra de carne puede ser considerada tierna cuando presenta resistencia a la fuerza de corte, determinada 1 o 2 días *post-mortem*, inferior a 6 kg. Este límite fue establecido considerando los resultados obtenidos a través de un panel de degustadores. Con una fuerza de corte de 6 a 9 kg, determinada también entre 1 o 2 días *post-mortem*, la muestra puede ser considerada como de dureza intermedia. Los valores de fuerza de corte de 9 kg o superiores, 1 o 2 días *post-mortem*, la carne es considerada dura. Abularach *et al*. (1998), sugieren un límite máximo de 5 kg de fuerza de corte para que la carne sea considerada tierna, basados en la experiencia práctica y en los trabajos realizados por Johnson *et al*. (1997).

En un estudio donde evaluaron la CRA y la textura en dos músculos (M. *longissimus dorsi* y M. *serratus ventralis*) de carne de cerdo ibérico afectado por el sistema de producción, encontraron valores de textura de 4.2 a 5.9 Kg fuerza (Tejerina *et al*., 2012). Estos valores son similares a los valores encontrados en este estudio. Los valores para los animales control especialmente en la época de invierno, también pueden ser considerados como carne tierna, sin embargo,

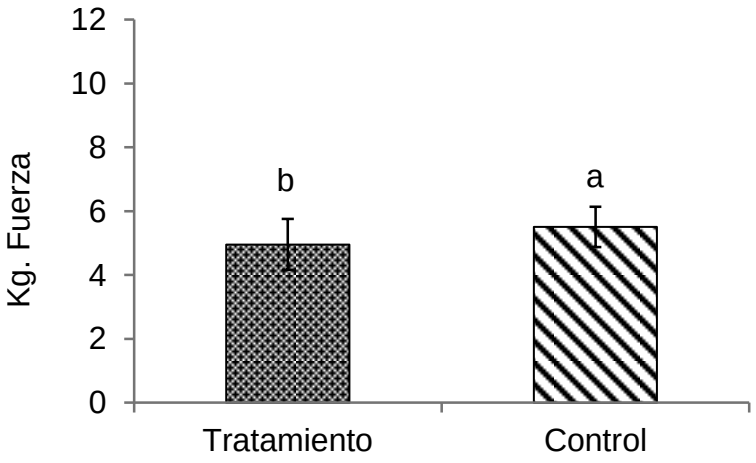

Figura 8.- Medidas de kilogramos de esfuerzo al corte (textura) en el experimento de invierno.

Diferencia entre literales indican diferencia significativa entre grupos de cada época ($P<0.05$). ± DE

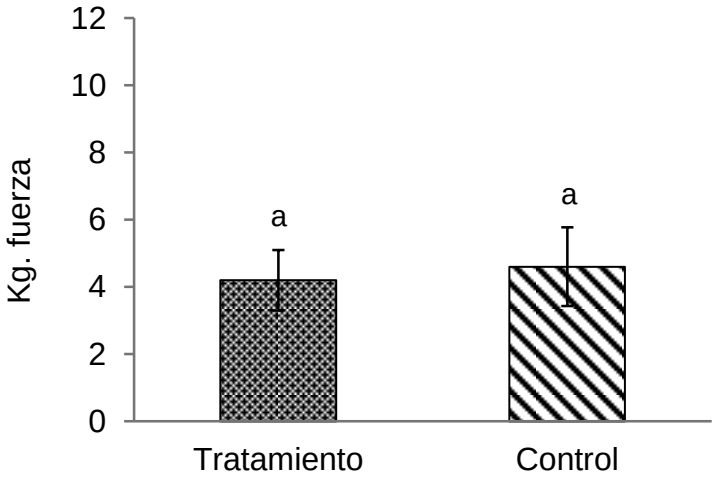

Figura 9.- Medidas de kilogramos de esfuerzo al corte (textura) en el experimento de verano.

Diferencia entre literales indican diferencia significativa entre grupos de cada época (P<0.05). ± DE

son notablemente mayores (5.51 Kg fuerza), como se puede observar en la Figura 8. Esto nos indica que el modulador alostático tiene un efecto positivo en la textura de la carne de cerdo al disminuir el esfuerzo al corte en las dos etapas del año.

Los resultados de las determinaciones de colágeno se muestran en la Tabla 12. Los valores de hidroxiprolina (hyp) encontrados fueron de 0.53±0.06 mg/g, presentando una solubilidad de 29.1% el grupo control; mientras que para los animales tratados con el modulador mostraron valores de hyp de 0.48±0.03 mg/g y una solubilidad del 29.2% en el invierno. El grupo de muestras evaluadas en invierno presentaron diferencias ($P<0.05$) entre la prueba y el control. Por otro lado, en el experimento de verano los valores analizados de hyp fueron de 0.52±0.06 mg/g, con un porcentaje de solubilidad del 29.8% para el grupo control; mientras que para los animales tratados los valores fueron de 0.54±0.06 mg/g, con un 29.8% de solubilidad. El grupo de muestras correspondientes a la época de verano fueron iguales ($P>0.05$) entre tratamientos; pero entre épocas del año, mostraron diferencia ($P<0.05$). La cantidad de colágeno influye en la dureza de la carne, pero no se puede establecer una correlación directa sino que debe tenerse en cuenta otros factores como la solubilidad del colágeno, distribución de las fibras de colágeno y la dureza aportada por el complejo miofibrilar y el citoesqueleto (Braña *et al*., 2011).

Los resultados de otras investigaciones donde se determinó el contenido de hidroxiprolina en carne, se muestran en la Tabla 12, donde los porcentajes de hidroxiprolina fueron de 0.26 (mg/g) con una solubilidad de 22.82 (%) en el M. s*ternomandibularis* de cerdos de raza Large White de 5 meses de edad (Hill, 1965). En un experimento, al utilizar el M. *longissimus thoracis* de bovino, se encontró un valor para colágeno total de 0.51 (mgHyp /g) con porcentaje de solubilidad de 24.16 % (Torrescano, 2002). En otra investigación donde se evaluó el efecto de la edad en propiedades estructurales del tejido conectivo

intramuscular, fibra muscular y contenido de colágeno y terneza de la carne en el M. *longisimmus lumborum* del cerdo, se encontraron valores de colágeno de 0.64 mg/g para animales de 5 meses con solubilidad de 18.23 % y de 0.53 mg/g con solubilidad de 13.5% en cerdos de 7 meses. En otros trabajos se han encontrado un contenido de colágeno de 0.34 (mg/g) y una solubilidad de 25.6 (%) en carne de cerdo, y 0.39 (mg/g) con 18.7% de solubilidad (Nishimura *et al*., 2008).

Los valores de colágeno encontrados en este estudio, con lo que respecta a solubilidad del colágeno (%), son ligeramente mayores a los encontrados por varios autores mencionados anteriormente. La solubilidad del colágeno juega un papel importante en la determinación de la dureza de la carne, una solubilidad mayor del 28% producirá carnes tiernas, mientras que con una solubilidad del 6 % o menor la carne será dura (Braña *et al*., 2011). La adición del modulador alostático no tuvo un efecto positivo en la solubilidad del colágeno de la carne de cerdo en las dos etapas del año.

Tabla 12. Contenido de hidroxiprolina (mg/g) en diferentes músculos y su solubilidad de colágeno en varios estudios en especie porcino y bovino.

Hidroxi prolina (mg/g)	**Solubilidad (%)**	**Músculo**	**Especie**	**Autor**
0.26	22.82	*Sternomandibularis*	Porcino	Hill, 1965
0.34	25.6	*Longissimus thoracis*	Porcino	Nishimura *et al*., 2008
0.70	24.8	*Biceps femoris*	Porcino	Nishimura *et al*., 2008
0.66	24.5	*Triceps Brachii*	Porcino	Nishimura *et al*., 2008
0.51	24.16	*Longissimus thoracis*	Bovino	Torrescano, 2002
0.39	18.7	*Semimembranosus*	Porcino	Nishimura *et al*., 2008
0.60	16.2	*Semitendinosus*	Porcino	Nishimura *et al*., 2008
0.64	18.23	*Longissimus lumborum*	Porcino	Dorota Wojtysiak, 2013
0.53	29.1	*Longissimus thoracis*	Porcino	Control-Invierno
0.48	29.2	*Longissimus thoracis*	Porcino	Tratados-Invierno
0.52	29.8	*Longissimus thoracis*	Porcino	Control-Verano
0.54	29.8	*Longissimus thoracis*	Porcino	Tratados-Verano

VI. CONCLUSIONES

- En esta investigación se concluye que el comportamiento de los cerdos en la granja mejoró al suministrarles el modulador alostático en el agua de consumo, durante la etapa de finalización, disminuyendo el porcentaje de agresiones, principalmente en la época de invierno, lo que indica que el bienestar animal mejoró notablemente con el tratamiento aplicado.

- Los valores de glucosa (mg/dl) en sangre fueron más bajos para los animales que recibieron el modulador alostático en el agua de consumo, en ambas estaciones del año, lo que indica que los grupos tratados estuvieron menos estresados.

- Los valores promedio de CK (U/l) y LDH (U/l) en sangre fueron ligeramente menores en los animales tratados, en las dos épocas del año evaluadas, lo que indica que los animales presentaron menos estrés.

- Los pesos de las canales provenientes de animales tratados con el modulador alostático, fueron ligeramente mayores a los animales sin tratamiento, en ambas estaciones del año, lo que indica que hubo mejores ganancias de peso en los animales tratados.

- Las mermas por enfriamiento fueron menores en la época de invierno, específicamente en los animales tratados con el modulador.

- Los animales suministrados con el modulador alostático presentaron mejores dimensiones de la canal, sobresaliendo el ancho de la pierna en ambas estaciones del año, obteniéndose canales con mejor conformación, lo cual puede ser considerado como una ventaja debido al alto valor comercial de la pierna de cerdo.

- En los indicadores de color, en ambas épocas del año se obtuvieron valores de L* aceptables para carne de cerdo en los animales tratados con el modulador, el cual es considerado importante para evaluar su calidad.

- Los valores de textura en la carne fueron menores, obteniéndose carne más tierna (medida como esfuerzo al corte) para los animales suministrados con el modulador alostático, en ambas estaciones del año.

- El modulador alostático mostró efectividad en las dos épocas del año, al mostrarse resultados favorables en algunas de las variables evaluadas; sin embargo, se observó mejor comportamiento del modulador en la época de invierno.

VII. RECOMENDACIONES

- Durante la etapa previa al transporte de los animales al rastro, se recomienda dar un periodo de ayuno, o tener un corral especial para los cerdos, ya que el período de ayuno tiene efectos benéficos para el bienestar animal, disminuye la mortalidad y el porcentaje de animales con náuseas y vómitos como consecuencia del movimiento en el vehículo.

- Durante la movilización de los animales, ya sea carga o descarga, se recomienda disminuir ruidos, ya que esto les causa nerviosismo y aumento de estrés.

- En el sacrificio, se recomienda uniformizar el voltaje utilizado para todos los animales, para que el aturdimiento se lleve a cabo correctamente.

- Con el fin de realizar un control sobre posibles fuentes de contaminación de la carne durante el sacrificio, se recomienda llevar a cabo un monitoreo constante de la temperatura del agua de escaldado, así como una programación de cambios de agua.

- En las cámaras de enfriamiento de las canales, se recomienda efectuar un control preciso de la temperatura y humedad relativa, para que la conversión de músculo a carne se lleve a cabo de manera más controlada y se reduzcan lo más posible las mermas.

VIII. REFERENCIAS

Abularach M.L., Rocha C.E., Felício, P.E. (1998). De Características de qualidade do contrafilé (m. *L. dorsi*) de touros jovens da raça Nelore. *Ciência e Tecnologia Alimentar.* 18(2): 205-210.

Alarcón R.A., Duarte J.O., Rodríguez A.F., Janacua V.H. (2005). Incidencia de carne pálida-suave-exudativa (PSE) y oscurafirme-seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México. *Revista Técnica Pecuaria de México*. 43(3):335-346.

Alarcón R.A., Gamboa A., Rodríguez J., Almeida F., Grado A.J. (2006). Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo. *Revista Técnica Pecuaria de México*. 44(1):53-66.

Alvarado C. (2002). Current issues in the poultry industry: meat quality and moisture retention. Lyons Tp, Jacques KA, editors. Proceedings of alltech´s eighteenth annual symposium..Nottingham. *Nutritional biotechnology in the feed and food industries.* 3-20.

AMSA (1995). Research guide lines for cookery sensory evaluation and instrument tenderness measurements of fresh meat. Chicago, IL: *American Meat Science Association & National Livestock and Meat Board.*

Bailey A.J. y Ligth N.D. (1989). Connective tissue in meat and meat products. Ed. Elsevier Science Publishers L TD. Edición 19. London and New York. 355pp.

Barton G. (2004b). Effect of rearing system and mixing at loading on transport and lairage behaviour and meat quality: comparison of free range and conventionally raised pigs. *Animal & The Animal Consortium*. 2(8): 1238–1246.

Becerril H.M., Alonso S.M., Lemus F.C., Guerrero L.I., Olmos H.A., Ramírez N.R. y Mota R. (2009a). CO_2 stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning. *Meat Science*. 81:233-237.

Becerril M., Lemus C., Herrera J.G., Huerta M., Spilsbury M., Ramírez R., Mota D. y Ly J. (2009b). Studies on growth of Pelón Mexicano pigs: effect of rearing conditions on performance traits. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 8:208-212.

Bellido M., Escribano S.M., Mesías D., Rodríguez A. y Pulido G. (2001). Sistemas extensivos de producción animal. Dirección General de Producción, Investigación y Formación Agrarias de la Junta de Extremadura. *Arch. Zootec*. 50:465-489.

Bianchi G., Garibotto G., Feed O., Bentancur O. y Franco J. (2006). Efecto del peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos Corriedale puros y cruza. *Arch. Med. Vet.* 38(2): 161-166.

Boggs D.L, Merkel R.A., Doumit M.E. (1998). Livestock and carcasses. Editorial Kendall/Hunt. 96-100. 329pp.

Bonnet M. y Kopp J. (1986). Dosage du Collagene dans les Tissues Conjonctifs de la Viande et les Produits Carnés. *Viandes Prod. Carnés*. 7(6):263-266.

Braña V., Ramírez R., Rubio L., Sánchez-Escalante A., Torrescano U.G., Arenas de Moreno M., Partida de la Peña J., Ponce A., Ríos R. (2011). Manual de análisis de calidad en muestras de carne. Determinación de colágeno. 40-45.

Braña V.D., Rubio L.M., Méndez M.D., Torrescano U.G., Sánchez-Escalante A., Pérez L.C., Figueroa S.F., y Delgado S.E. (2013). Guía práctica para la estandarización y evaluación de canales bovinas mexicanas. Macroproyecto “Indicadores de calidad en la cadena de producción de carne fresca en México”. Primera edición. Folleto Técnico No. 23 ISBN: 978-607-37-0005-4.

Castro M. (2005). Uso de aditivos en la alimentación de animales monogástricos*. Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 39: 452-457.

CIE. (1976). Commission International de 1’Eclairage. Publication CIE No. 15 (E-1.3.1). Bureau Central de la CIE, París, Francia.

Cover S. y Hostetler R.L. (1960). Beef Tenderness by New Methods. *Texas Agr. Exp. Sta., Bull*. 947.

Cross H.R., Carpenter Z.L. y Smith G.C. (1973). Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *Journal of Food Science.* 38:998-1003.

Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 316/36, 1.12.2001. Directiva 91/630/CEE; y su modificación la Directiva 2001/88 del Consejo.

Díaz E. (2006). Evaluación de la calidad de canales de bovino producidas en rastros Tipo Inspección Federal de Sonora [tesis de maestría]. Hermosillo, Sonora. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC.

Duncan I.J. y Petherick J.C. (1991). The implications of cognitive processes for animal welfare. *Journal of Animal Science*. 69:5017-5022.

Duncan y Prasse (2012). The Merck Veterinary Manual online edition Reference values section. *Plumb's Veterinary Drug Handbook*. 5th edition: 1241-49. *Clinical Pathology*. 4th ed. (Latimer, Mahaffey and Prasse): 331-338.

Ediporc (2005). Avances en la investigación de la transmisión y erradicación del síndrome respiratorio y reproductivo porcino (PRRS) 1era parte. La explotación de obra, ejemplo pionero de un sistema que combina “Bienestar Animal” con rendimiento. Bienestar y sacrificio de los cerdos. *Ediporc.* 84(12)11.

Edwards L.N., Engle T.E., Correa J.A. , Paradis M.A. , Grandin T., Anderson D. B. (2010). The relationship between exsanguination blood lactate concentration and carcass quality in slaughter pigs. Published by Elsevier B.V. 85:435–440.

Espejo M.C. (1996). Sistema de explotación ganadera. Universidad de Murcia. Dpto. de Geografía. Plza. Stº Cristo, 1. 30001 Murcia. *Papeles de geografía*. (26):79-92.

FAO (2001). Organización de las naciones unidas para la agricultura. Título: Directrices para el manejo, transporte y sacrificio humanitario del ganado. Capítulo 7: Sacrificio del ganado. http://www.fao.org/docrep.

Farm Animal Welfare Council, (1992). The extension of the Five Freedoms. Press release, 7 October, FAWC, Tolworth, UK.

Fernández A.V. y Triana N.F. (2008). Proyecto de aplicación de la metodología de producción más limpia para la planta tecnificada de beneficio de ganado vacuno y porcino del municipio de Fusagasuga. Universidad industrial de Santander. Especialización en ingeniería ambiental, Bogota, D. C. www.uis.edu.co.

Forrest J.C. Aberle E.O., Hedrick H.B., Judge M.O. y Merkel R.A. (1979). Fundamentos de ciencia de la carne. Ed. Acribia. Zaragoza.

Gallo C.S. Pérez C. Sanhueza J. Gasic. (2000). Efectos del tiempo de transporte de novillos previo al faenamiento sobre el comportamiento, las pérdidas de peso y algunas características de la canal. Chile. *Arch. Med. Vet.* 32(2):157-170.

García A., González A, Moya Y, Hernández U, Beldarían T y Rodríguez I. (2012). Mermas y rendimientos en cerdos durante el sacrificio del ganado porcino. Losses and yields in pigs during sacrifice. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*.19(2).

García C.R., Velásquez G.J., Morones R.R., Kawas G.J., Salinas C. (2006). Metabolitos en suero sanguíneo de cerdos alimentados con dietas suplementadas con cromo-l-metionina. ISSN: 1021-7444. *Agronomía Mesoamericana* 17(2):161-165.

González V.M (2012). Efecto del sistema de crianza (tradicional vs confinamiento) y sexo en cerdos criollos sobre la características de la carne. Master en Zootecnia y Gestión Sostenible: Ganadería Ecológica e Integrada. Universidad de Córdoba.

Grandin T. (1999). Buenas prácticas de trabajo para el manejo e insensibilización de animales. Depto. de Ciencia Animal, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523, EE.UU. Traducción de Dr. Marcos Giménez Zapiola. Actualizado al 1º de julio de 1999.

Grandín T. (2000). Livestock Handling and Transport. CABI International, Wallingford, Oxon, Reino Unido. 5: 63-85.

Grandin T. (2003). El Bienestar de los Cerdos Durante su Transporte y Faena Departamento de Ciencia Animal, Universidad del Estado de Colorado, Fort Collins CO 80523-1171. N-90N. JAN SEARS. *Pig News and Information.* 24(3):83.

Grandin T. (2010). Auditing animal welfare at slaughter plants. *Meat Science.* 86: 56-65.

Gregory N.G. (1998). Animal welfare and meat science. CABI Publishing – a division of CAB international. New York, NY 10016.

Gregory N.G. (2008). Animal welfare at markets and during transport and slaughter. 80: 2-11.

Guárdia M., Estany J., Balash S., Oliver, M., Gispert, M, (2004). Risk assessment of PSE condition due to preslaughter conditions and RYR1 gene in pigs. *Meat Science*. 67:471-478.

Gunenc A. (2007). Evaluation of pork meat quality by using water holding capacity and vispectroscopy. Quebec, Canada: McGill University. Thesis (Master Department of bioresource engineering).

Guzik A.C., Matthews J.O., Kerr B.J., Bidner T.D. y Southern L.L., (2006). Dietary tryptophan effects on plasma and salivary cortisol and meat quality in pigs. *Journal of Animal Science*. 84:2251-2259.

Hernández-Álvarez C.I. (2008). Características físicas y fisicoquímicas de las canales de vacuno producidas en dos platas TIF del Estado de Sinaloa. Tesis Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.

Herring H.K., Cassens R.G., Suess G.G., Brungardt V.H. y Briskey E.J. (1967). Tenderness and associated characteristics of stretched and contracted bovine muscle. *Journal Food Sience.* 32: 317.

Hill F.(1965). The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *Journal of Food Science.* 31:161-166.

Honikel K.O. (1997). Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. *Food Chem*. 9:573-582.

Honikel K.O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*. 49:447–457.

Honikel, K.O., Kim C.J., Hamm R., Roncales P. (1986). Sarcomere shortening of prerigor muscle and its influence on drip loss. *Meat Science*. 16:267 - 282.

Janz J.A., Morel P.C., Purchas R.W., Corrigan V.K., Cumarasamy S., Wilkinson B.H., y Hendriks, W.H. (2008). The influence of diets supplemented with conjugated linoleic acid, selenium, and vitamin E, with or without animal protein, on the quality of pork from female pigs. *Journal of Animal Science*. 86:1402-1409.

Jerez-Timaurea N., Súlbaran M., Arenas de Moreno L., Rodas-González A., Trompíza J., Ortega J. (2013). Determinación de defectos de calidad en la canal y carne de cerdo mediante el uso de auditorías. Revista Técnica Pecuaria. 4(1):13-30.

Johnson D.D., Boleman, S.J., Boleman, S.L., Miller, R.K., Taylor, J.F., Cross H. R., Wheeler T.L., Koohmaraie M., Shackelford S.D., Miller M. F., West R.L., y Savell J.W. (1997). Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal of Animal Science.* 75:1521-1524.

Kramer A. y Szczesniak A. (1973). “Texture measurements of foods”. Reidel publ., Dordrecht Netherlands. eds. 1973.

Lawrie, R. A. (1991). Meat Science. 5th edition, Pergamon Press, Oxford. 10.

Lawrie, R. A. (1998). Ciencia de la carne, Editoria, Acribia, Zaragoza, España. 384.

López V.R., Casp V.A. (2004). Tecnología de mataderos, Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. 327.

Ludtke C.B., Dalla C.O., Neves J.E. (2004). Sacrificio humanitario-bienestar animal en el manejo antes del sacrificio de los cerdos. Sociedade Mundial de Proteção Animal-WSPA. e-mail: charli@wspabr.br.

Luengo L. y Amtmann B. (1999). Estudio sobre cortes de canales porcinas. Facultad de ciencias veterinarias. Santiago-Chile. *Avances en Ciencias Veterinarias*. 4:1-2.

Lyon G, Smith D., Lyon C., y Savage E. (2004). Effects of diet an feed withdrawal on the sensory descriptive and instrumental profiles of broiler breast fillets. *Poultry Science*. 83: 275-28.

Mamani L.L., Cayo F., Gallo C. (2013). Características de canal, calidad de carne y composición química de carne de llama: una revisión. *Rev Inv Vet Perú.* 25(2):123-150.

Manteca X. (2012). Bienestar Animal. Manual de las buenas prácticas de producción porcina. Lineamientos generales para el pequeño y mediano productor de cerdos. Red porcina iberoamericana. (8):97-111.

María L.G. (2004). Transporte de Ganado Bovino, Bienestar Animal y Calidad de la Carne. Agro y Veterinaria. Grupo de Bienestar Animal y Calidad. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica.

Marrón, G.P. 2007. Effects of preslaughter pig welfare on food safety. *REDVET Rev. electrónica vet.* http://www.veterinaria.org/revistas/redvet. 8(12).

Moctezuma L., Braña V., Pérez D., Espinosa G., Vélez I., Jolalpa B., Martínez T. (2011). Elementos a tomar en cuenta para consumir carne de calidad. Carne de cerdo. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. ISBN 978-607-425-640-6. Folleto técnico 13.

Morón F. y García L. (2004). Pérdida por goteo en carne cruda de diferentes tipos de animales. *Revista Científica* (14):001.

Nishimura T., Suhong F., Jun-ichi W. Y Koui T. (2008). Relationships between physical and structural properties of intramuscular connective tissue and toughness of raw pork. *Animal Science Journal.* 80**:** 85–90.

Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995, Trato humanitario en la movilización de animales.

Norma Oficial Mexicana. NOM-008-ZOO-1994. Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales domésticos.

Norma Oficial Mexicana. NOM-009-ZOO-1994. Proceso sanitario de la carne. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Diario oficial de la federación.

NPPC (1998). Pork quality solution team. Pork quality targets. National pork board. NPPC Fact Sheet (1).

O´Neill D.J., Lynch P.B., Troy, D.J., Buckley, D.J., Kerry J.P. (2003). Influence of time of year on the incidence of PSE and DFD in Irish pigmeat. *Meat Science.* 64:105-111.

OIE (2010). Organización mundial de sanidad animal (OIE). Transporte de animales por vía terrestre. Capítulo 7.3. Artículo 7.3.1.

Pearce S.C., Mani V., Boddicker R.L., Johnson J.S., Weber T.E., Ross J.W., Baumgard L.H., y Gabler, N.K. (2014). Heat stress reduces barrier function and alters intestinal metabolism in growing pigs. *Journal of Animal Science*. 90: 257-259.

PIC (2005). Calidad de la carne de cerdo. Entendiendo los procedimientos y las medidas de calidad de carne usados en la industria. Tecnología AGPIC. Agroceres. Buenos Aires, Argentina. www.agroceres.com.br.

Pinelli S.A., Adelfa G., Latorre M., Loera O., Palomo A., Bauza R., Pascual Y. (2012). Manejo de alimentación y agua. Manual de las buenas prácticas de producción porcina. Lineamientos generales para el pequeño y mediano productor de cerdos. Red porcina iberoamericana. 3:42-54.

Pla-Torres M. (2005). Determinación de la textura. En: Cañeque V. y Sañudo C. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa). INIA. 243-250.

Poto A., Peinado B., Almela L., Duchi N. (2000). Parámetros de calidad en la canal y en la carne de cerdo Chato Murciano. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA). EUROCARNE. *Arch. Zootec.* 49:195-200.

Preus M., Karsten B. y Bhargava A.S., (1989). Serum Isoenzyme Pattern of Creatine Kinase and Lactate Dehydrogenase in Various Animal Species. Forschungslaboratorien Schering AG, Experimentelle Toxikologie, Berlin. *J. Clin. Chem. Clin. Biochem*. 27:787-790.

Randall J.M. (1993). Environmental parameters necessary to define comfort for pigs, cattle and sheep in livestock transporters. *Anim Prod.* 57:299-307.

Reglamento (CE) n° 3513/93 del Consejo de 14 de diciembre de 1993 que modifica el Reglamento (CEE) n° 3220/84 por el que se determina el modelo comunitario de clasificación de las canales de cerdo. Diario Oficial n° L 320 de 22/12/1993 p. 0005 – 0006. Edición especial en finés: Capítulo 3 Tomo 54 p. 0071. Edición especial sueca: Capítulo 3 Tomo 54:0071.

Ríos R., Hernández B. (2009). Efecto de los grupos raciales bovinos en las características de la calidad de la carne. *NACAMEH* 3(1):1-20.

Rubio G.M. (2013). Evaluación de la adición de VsEs3-C® en lechones al cambio de corral. Informe confidencial para ATISA. Ciencia médica animal. Disponible con el autor en: mktatisa@puntoclave.com.mx.

Ruusunen M.A., Puolanne E., Sevon A., Partanen K, Voutila L., Niemi J. (2012). Carcass and meat quality traits of four different pig crosses. *Meat Science.* 90:543–547.

Salajpal K., Dikic M., Karolyi D, Sinjeri Z., Liker B., Kostelic A., Juric I. (2005). Blood serum metabolites and meat quality in crossbred pigs experiencing different lairage time Faculty of Agriculture. University of Zagreb, Croatia y General Hospital Laboratory. Koprivnica, Croatia. 13th

int. symp. animal science days. *Journal of .animal science*. 4 (3):119-121.

Savell J.W., Mueller S.L., Baird B.E. (2005). The chilling of carcasses. *Meat Science.* 70:449-459.

Sepulveda W., Maza M.T., Mantecon A.R. (2008). Factors that affect and motivate the purchase of quality-labelled beef in Spain. *Meat Science.* 80:1282-1289.

Shackelford S.D., Wheeler T.L., Koohmaraie (1997). M. Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef longissimus shear force at 1 or 2 days *post mortem* as a predictor of aged beef tenderness. *Journal of Animal Science* (75): 2417-2422.

SIAP (2012). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. http://www.siap.gob.mx/.

SIAP (2013). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. http://www.siap.gob.mx/.

Silva J.R., Tomic G., Cavieres E., Mansillas A. y Oviedo P. (2005). Study of the effect of *ante-mortem* rest time upon pH, wáter holding capacity and muscle color. *Cien. Inv. Agr.* 32(2): 101-108.

Sutton D.S., Ellis M., Lan Y., Mckeith F.K., y Wilson E.R. (1997). Influence of slaughter weith stress gene genotype on the water-holding capacity protein gel characteristics of three porcine muscles. *Meat Science*. 46 (2):173-180.

Tejerina D., García T.S., y Cava R. (2012). Water-holding capacity and instrumental texture properties of M. *longissimus dorsi* and m. *Serratus*

ventralis from Iberian pigs as affected by the production system D. Published by Elsevier B.V. *Livestock Science*. (148): 46–51.

Torrescano U.G, Sánchez-Escalante A., González M.N., Camou A.J. (2008). Tecnología e ingeniería del sacrificio y su repercusión en la calidad de la canal de animales de abasto. ISSN-e 2007-0373. *NACAMEH*.2(1): 78-94.

Torrescano U.G. (2002). Tesis Doctoral: Caracterización de las propiedades químicas y estructurales más importantes del tejido conjuntivo intramuscular de vacuno y su relación con la dureza de la carne. Universidad de Zaragoza. Facultad de veterinaria.

Torrescano U.G., Sánchez-Escalante. A., Giménez P. y Beltrán J.A.. (2003). Shear Values Of Raw Samples Of Fourteen Bovine Muscles And Their Relation To Muscle Collagen Characteristics. *Meat Science*. 64(1):85-91.

USMEF, 2005. U.S. Meat Export Federation [on line]. www.usmef.org

Velarde A. y Dalmau A. (2012). Manual de buenas prácticas de producción porcina. Lineamientos generales para el pequeño y mediano productor de cerdos. Red porcina iberoamericana. Transporte. 9:112-124.

Viljoena H.F., De Kocka. H.L. y Webbb. E.C. (2002). Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. *Meat Science*. 61: 181-185.

Warris P.D. (1998). Choosing appropriate space allowances for slaughter pigs transported by road: a review. *Vet res*.142(17):449-454.

Warris P.D. (2000). Meat Science: An introductory text. CAB-International: Wallingford.

Warris P.D. y Brown S.N. (1993). Relationships between the subjective assessments of pork quality and objective measures of colour. In Wood,

J. D. and Lawrence, T. L. J. (Eds). UK: Edinburgh. *Safety and Quality of food from Animals*. 17:98-101.

Wojtysiak D. (2013). Effect of Age on Structural Properties of Intramuscular Connective Tissue, Muscle Fibre, Collagen Content and Meat Tenderness in Pig *longissimus lumborum* muscle. *FoliaBiologica (Kraków).* 3-4(61):221-226.

IX. ANEXOS

9.1 Anexo 1.- Cuestionario de Bienestar animal Realizado en la Granja

1 ¿Cuál fue el porcentaje de animales con caudofagia?

2 ¿Cuál fue el porcentaje de animales con orejas mordidas?

3 ¿Cuál fue el porcentaje de peleas?

4 ¿Cuál fue el porcentaje de laceraciones en la piel?

9.2. Anexo 2.- Protocolo de Glucosa

GLUCOSA GOD-PAP ASSAY

Absorbancia: 500 nm

Pipetear en tubos de ensayo				
	Macro		Semi Micro	
	Estándar o muestra	Reactivo Blanco	Estándar o muestra	Reactivo Blanco
Muestra o estándar	20µl	--	10 µl	-
Reactivo	2000µl	2000µl	1000 µl	1000 µl

Incubar por 25 minutos a 15-25°C o 10 minutos a 37°C. Medir la absorbancia, debe ser medida en los 60 min posteriores del tiempo de incubación. Los intervalos de tiempos deben ser los mismo para el estándar/control y muestra.

CÁLCULOS

Concentración de glucosa = (mmol/l) = A simple/A estándar x estándar conc. (mmol/l)

Concentración de glucosa = (mg/dl) = A simple/A estándar x estándar conc. (mg/dl)

9.3. Anexo 3.- Protocolo de Creatina Quinasa (CK)

PROTOCOLO CK-NAC-ACTIVADA

PROCEDIMIENTO

1. Reconstituir un vial de Enzima/Coenzimas/sustrato con 2,5ml de Tampón/Glucosa.

2. En un equipo RX MONZA, se aspira H20 fresco, se realiza una calibración.

3. Se selecciona la NAC en la pantalla de ejecución de prueba y se lleva a cabo un blanco de agua.

4. Pipetear en tubos de ensayo 500 µl de reactivo (Enzima/Coenzima/Sustrato) y 20 µl de muestra, y posteriormente se aspira en el equipo, dando el resultado en U/L.

5. Se realizan varios lavados al equipo con agua destilada y etanol.

9.4. Anexo 4.- Protocolo de Lactato Deshidrogenasa (LDH)

PROTOCOLO Deshidrogenasa Lactica LDH opt. (LDH P-L)

PROCEDIMIENTO Método UV

1.- Mezclar 800 µl de R1 (Tampón/ sustrato) con 200 µl de R2 (enzima/coenzima/a-oxoglutarato) para preparar el reactivo de trabajo.

2.- En un equipo RX MONZA, se aspira H20 fresco, se realiza una calibración.

3.- Se selecciona la LDH en la pantalla de ejecución de prueba y se lleva a cabo un blanco de agua.

4.- Pipetear en tubos de ensayo 500 µl de reactivo de trabajo y 50 µl de muestra, y posteriormente se aspira en el equipo, dando el resultado en U/L.

5.- Se realizan varios lavados al equipo con agua destilada y etanol.