



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

---

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GANADERÍA**

## **EFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN ORAL DE GLICEROL 24 HORAS ANTES DEL SACRIFICIO EN LA CALIDAD DE LA CARNE Y VIDA DE ANAQUEL**

**ROXANA ISABEL CAMARGO CARRASCO**

**T E S I S**  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

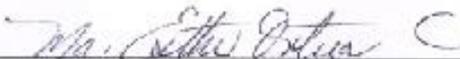
**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO**  
**2015**

La presente tesis titulada: Efecto de la administración oral de glicerol 24 horas antes del sacrificio en la calidad de la carne y vida de anaque. Realizada por el alumno Roxana Isabel Camargo Carrasco bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

  
Dra. María Esther Ortega Cerillo

ASESOR

  
Dr. Jorge Ramsy Kawas Garza

ASESOR

  
Dr. Pedro Zetina-Córdoba

ASESOR

  
Dra. Leonor Miranda Jimenez

ASESOR

  
Dr. David Fernández Sánchez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Diciembre 2014.

## AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por el apoyo económico otorgado para realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

A la **LPI 7: Inocuidad Calidad de alimentos y bioseguridad** del Colegio de Postgraduados por el financiamiento otorgado a la presente investigación.

A las **Asociaciones Ganaderas** por facilitar las muestras para esta investigación.

Al **Laboratorio de Nutrición Animal** del Colegio de Postgraduados por permitirme realizar todas las pruebas del laboratorio.

Quiero agradecer especialmente y con sinceridad a los doctores que me guiaron y aceptaron en esta etapa de investigación, por el apoyo, la confianza, las oportunidades y toda la enseñanza. Principalmente a mi consejera **Dra. María Esther Ortega Cerrilla**, que fue una guía y un pilar en este postgrado.

A las personas que conocí y aprendí a querer en estos dos años, **Haydée, Julio, Edgar, Mary, Mariana, Horte, Marianita, Sarita, Criss, Yess, Don Yorsh, Candy, Monze, José, Marcelo, Anita.**

Por supuesto a mi familia por estar a mi lado, mis padres, hermana, primos, en especial a mi esposo **Fernando Núñez** por el amor, la paciencia y por ser pieza fundamental en mi camino profesional.

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1 PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE CARNE EN MÉXICO.....	2
2.2 PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO EN MÉXICO.....	3
2.3 ESTRUCTURA, FISIOLÓGÍA Y BIOQUÍMICA DEL MÚSCULO.....	4
2.4 FISIOLÓGÍA DEL ESTRÉS .....	5
2.5 INSENSIBILIZACIÓN Y MATANZA .....	6
2.7 TRANSFORMACIÓN DE MÚSCULO EN CARNE .....	8
2.8 RIGOR MORTIS .....	9
2.9 USO DEL GLICEROL EN GANADO DE ENGORDA .....	9
2.10 PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE LA CARNE .....	10
2.10.1 pH de la carne.....	11
2.10.2 Capacidad de retención de agua (CRA).....	11
2.10.3 Color de la carne .....	12
2.10.4 Textura (TPA) de la carne.....	13
2.11 CARNE DFD (DARK, FIRM AND DRY) .....	14
2.12 MARMOLEO, OJO DE LA CHULETA Y COBERTURA DE GRASA EN CARNE .....	15
2.13 VIDA DE ANAQUEL DE LA CARNE.....	15
3. JUSTIFICACIÓN.....	17
4. OBJETIVO GENERAL .....	17
4.1 OBJETIVOS PARTICULARES .....	17
4.2 HIPÓTESIS .....	17
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
5.1 LOCALIZACIÓN .....	18
5.1.1 INSTALACIONES .....	18
5.1.2 ANIMALES .....	19
5.1.3 TRANSPORTE Y SACRIFICIO.....	20
5.1.4 EVALUACIONES FÍSICO-QUÍMICAS .....	20
5.5 ANÁLISIS DE LABORATORIO .....	21
5.6 DETERMINACIÓN DE PH .....	21
5.7 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA) .....	22
5.8 DETERMINACIÓN DEL COLOR .....	22
5.9 DETERMINACIÓN DE TEXTURA (TPA).....	23
5.10 PROTEÍNA, HUMEDAD Y CENIZAS .....	23
5.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	23
6. RESULTADOS .....	25
6.1 PH Y TEMPERATURA DE LA CANAL.....	25
6.3 PH DE LA CARNE .....	28
6.4 COLOR DE LA CARNE .....	30
6.5 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA) EN CARNE CRUDA .....	36
6.6 TEXTURA DE LA CARNE .....	38
6.7 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO.....	41
7. DISCUSIÓN .....	48
8. CONCLUSIONES .....	56

9. LITERATURA CITADA .....	57
10. ANEXOS.....	66

## LISTA DE CUADROS

CUADRO 1.....	45
CUADRO 2.....	46
CUADRO 3.....	52

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.....	9
FIGURA 2.....	13
FIGURA 3.....	16
FIGURA 4.....	20
FIGURA 5.....	24
FIGURA 6.....	31
FIGURA 7.....	32
FIGURA 8.....	34
FIGURA 9.....	36
FIGURA 10.....	38
FIGURA 11.....	40
FIGURA 12.....	42
FIGURA 13.....	44
FIGURA 14.....	49
FIGURA 15.....	51

# **EFFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN ORAL DE GLICEROL 24 HORAS ANTES DEL SACRIFICIO EN LA CALIDAD DE LA CARNE Y VIDA DE ANAQUEL**

## **RESUMEN**

El manejo que se da al ganado productor de carne antes de la matanza es de gran importancia, ya que de esto depende la calidad del producto final. Las carnes denominadas DFD (carne oscura, firme y seca) o cortes oscuros (con pH de 6 a 7) son de menor calidad, éstas se presentan porque se agotan las reservas de glucógeno en el músculo, sin embargo al proporcionar un compuesto glucogénico antes del sacrificio, es posible que se logre disminuir este problema y se mejore la calidad de la carne. El objetivo de este trabajo fue investigar si el uso de un compuesto glucogénico, como el glicerol, mejora la calidad de la carne y reduce la presentación de carnes DFD, para lo cual se utilizaron 42 novillos machos de 300 a 350 kg de PV, cruce de cebú y europeo, próximos al sacrificio. A 23 animales se les proporcionaron 600 ml de glicerol al 85% por vía oral, 24 h previas a la matanza (T1) y 19 no recibieron glicerol (T2). Durante las primeras 27 horas después de la matanza, se determinó pH y temperatura en las canales. Se tomaron muestras del área del costillar para determinar vida de anaquel a los 7, 14, 21 y 28 días. En los diferentes tiempos de vida de anaquel se determinó pH, color de la carne (L\* luminosidad, a\* nivel de rojo y b\* nivel de amarillo), capacidad de retención de agua (CRA) y textura, así como porcentaje de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y cenizas (CEN). Se utilizó un diseño completamente al azar; el análisis de los datos se realizó por GLM y PROC MIXED y para determinar diferencias entre medias se usó la prueba de Tukey. La temperatura y pH 3 h después de la matanza tuvieron un valor de 33.05°C y 6.53 en T1, para T2 la temperatura fue de 32.91°C y el pH de 6.9, en tanto que a las 27 h el pH fue de 5.65 en T1 y 5.73 en T2, con temperaturas de 1.02°C

en T1 y 1.31°C en T2, sin que se encontraran diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos en las primeras veintisiete horas después de la matanza. En relación al color de la carne,  $L^*$  no fue diferente ( $P>0.05$ ) entre tratamientos, pero sí en tiempo ( $P>0.05$ ), los niveles de  $L^*$  fueron de 35.10  $L^*$  a 38.92  $L^*$ . Tampoco se observaron diferencias ( $P>0.05$ ) para  $a^*$  y  $b^*$  por tratamiento, pero sí por tiempo ( $P<0.05$ ). En  $a^*$  se encontró que el nivel más alto de rojo fue de 17.52  $a^*$ , en T1 el día 14 y  $b^*$  mostró valores descendentes en intensidad, iniciando con 6.88  $b^*$  que fue el más elevado, finalizando con 4.69  $b^*$ . En CRA no hubo diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos, pero sí ( $P<0.05$ ) entre días de vida de anaquel, donde en el día siete se registró 8.20 ml/100 g para T1 y 8.35 ml/100 g para T2, finalizando en el día 28 con valores de 8.20 ml/100 g en T1 y 7.97 ml/100 g en T2. La textura de la carne entre tratamientos no mostró diferencias ( $P<0.05$ ), sin embargo durante el transcurso del tiempo de vida de anaquel, se registraron cambios en la resistencia al corte ( $P<0.05$ ), con valores en el día siete de 1,892.57 kg/cm<sup>2</sup> para T1, 1861.53 kg/cm<sup>2</sup> para T2 y en el día 28 1,965.41 kg/cm<sup>2</sup> en T1 y 1710.24 kg/cm<sup>2</sup> en T2. No se encontraron diferencias ( $P>0.05$ ) en el porcentaje de MS (T1:26.82, T2:28.01) y PC (T1:23.72, T2:23.40), pero sí ( $P<0.05$ ) en CEN (T1:3.66, T2:4.00). La administración de glicerol 24 horas antes de la matanza no causó cambios en la calidad de la carne, siendo adecuada en los dos tratamientos, sin que se presentaran características de carnes DFD

**Palabras clave: Bovinos, carne, Ph, temperature, color.**

# **EFFECT OF GLYCEROL ADMINISTRATION 24 H BEFORE SLAUGHTER ON MEAT QUALITY AND SHELF LIFE**

## **ABSTRACT**

In order to investigate if the use of a glucogenic compound such as glycerol improves meat quality and reduces the presence of DFD meat, 42 steers (300-350 kg BW) were used.

Twenty three of them were given glycerol by oral route, 24 h before slaughter (T1) and 19 did not receive it (T2). pH and temperature were determined in the carcasses during the first 27 h after slaughter. Meat samples were taken from the rib area to evaluate shelf life at 7, 14, 21 and 28 days. pH, meat color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), water holding capacity (WHC), meat texture (Warner-Bratzler shear force), dry matter, crude protein and ash content were determined.

Data were analyzed by GLM and PROC MIXED. Mean comparisons were performed using Tukey's test. No differences ( $P>0.05$ ) were found between treatments for pH (T1: 5.6; T2: 5.7) and temperature (T1: 1.02; T2: 1.31) during the first 27 h after slaughter. pH, meat color, water holding capacity and meat texture were similar ( $P>0.05$ ) for both treatments at 7, 14, 21 and 28 days of shelf life. However there were differences ( $P<0.05$ ) among shelf life times (Table 1). No differences ( $P>0.05$ ) were found for dry matter (T1: 26.82; T2: 28.01%) and crude protein (T1: 23.72; T2: 23.40%), being higher ( $P<0.05$ ) ash content in T2 (4.00%) compared to T1 (3.66%).

**Keywords: Bovine; meat; pH; temperature; color**

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el sector productivo, específicamente en la engorda de ganado, se exigen altos estándares de calidad, debido a que el consumidor demanda buenas características organolépticas de la carne. Diversos factores pueden ser clave para que la calidad del producto se mantenga, y de esta forma se elija o no para su consumo. El manejo que tiene el ganado productor de carne horas previas al sacrificio, es de gran importancia ya que de esto depende la calidad del producto final (Warris, 1990).

Para el comprador, las características que determinan la selección de los productos cárnicos son sensoriales, donde destacan, color (intensidad y coloración), terneza, jugosidad, apariencia (grasa intramuscular, marmoleo, exudación), aroma y sabor, mientras, el sector productivo industrial se enfoca en factores que están ligados a las características que exige el consumidor como pH, capacidad de retención de agua (CRA), textura, estabilidad oxidativa y ausencia de sabores extraños (Hernández, 2010).

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Producción y consumo de carne en México

Dentro de los productos de origen pecuario, la carne es por su composición, uno de los más importantes, ya que posee proteínas, aminoácidos, minerales, grasas, ácidos grasos, vitaminas y otros componentes que le dan un elevado valor nutricional para el consumo humano. Su importancia es tal, que mientras en el mundo desarrollado el consumo de carne no ha registrado importantes variaciones, el consumo anual per cápita de carne en los países en desarrollo se ha duplicado (FAO, 2013). En México, la carne de bovino se produce con diferentes niveles tecnológicos, sistemas de manejo y finalidades de explotación, destacando la producción de novillos para abasto, la cría de becerros para la exportación y la producción de pie de cría. Las razas que más se utilizan en producción de carne en nuestro país son: Hereford, Charolais, Brahman, Nelore, Pardo Suizo Europeo, Indobrasil, Gyr, Beefmaster, Simmental, Limousin, Brangus y Angus (Financiera Rural, 2012).

La carne de ganado bovino es una fuente importante de nutrientes para el humano y tiene un elevado valor sensorial, aunque la importancia y naturaleza de estas características dependen de la nutrición que reciben los animales (Geay *et al.*, 2001). Los primeros aspectos que el consumidor considera a la hora de comprar carne son el color, el contenido de grasa de cobertura, y el marmoleo (Risvik, 1994). El color está relacionado con el grado de oxidación de la mioglobina, que a su vez depende del grado de protección de los antioxidantes (Monahan, *et al.*, 1994; Liu, *et al* 1995; McDowell *et al.*, 1996).



Figura 1. Producción de carne de ganado bovino en México (Financiera rural, 2012).

En la producción de carne se tiene una distribución heterogénea en la producción, destacando a estados como Jalisco y Veracruz con producción promedio de 261 mil toneladas, seguidos de los estados de: Baja California Norte, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas, Durango y Sinaloa, con producción de 55 mil a 108 mil toneladas (Figura 1). Estos estados, debido a sus condiciones favorables para la ganadería, tienen la mayor producción de ganado bovino de carne y de doble propósito del país (SIAP-SAGARPA, 2012).

## 2.2 Producción de ganado bovino en México

En México, la producción de ganado bovino es una de las principales actividades agropecuarias; existen alrededor de 1.13 millones de unidades de producción de ganado bovino, 10.3% ubicadas en Veracruz, 7.7% en Chiapas, 7.4% en Oaxaca, 6.5% en Guerrero, 6.1% en el Estado de México, 5.5% en Jalisco, y el resto en las demás entidades del país. Alrededor del 60% de estas unidades tienen como actividad principal la engorda de ganado

bovino para producción de carne. La existencia aproximada de ganado bovino es de 30 millones de cabezas, de las cuales aproximadamente 9 millones son sacrificadas anualmente para la producción de carne, con un peso estimado de 205 kg por canal (Financiera Rural, 2012).

### **2.3 Estructura, fisiología y bioquímica del músculo**

El tejido muscular se clasifica en tres tipos de musculaturas: liso, cardíaco y estriado o esquelético. El músculo liso se localiza en el tubo digestivo, como parte estructural de las venas y vasos sanguíneos, y es de movimiento involuntario. El músculo cardíaco es involuntario y se encuentra en el tejido muscular del corazón y de venas, siendo estas más pequeñas que las fibras musculares (Pearson y Young, 1989).

El músculo estriado o esquelético está compuesto de haces de fibras musculares envueltas en tejido conectivo, y su principal componente es la fibra muscular o célula muscular, que están constituidos principalmente por colágeno. Las fibras musculares son las unidades contráctiles del músculo esquelético, con una longitud que oscila a los 30 cm (Lockhart, 1975). La especie, raza, sexo, edad, tipo de músculo, ejercicio y estado nutricional son algunos factores que afectan el diámetro de la fibra. Las miofibrillas constituyen la unidad fundamental de la fibra muscular de estructura muy larga y filiforme y con diámetro de unas dos micras, se encuentran a lo largo de los elementos contráctiles dentro de la célula muscular e incluidas en la matriz proteica y gelatinosa denominada citoplasma celular o sarcoplasma, donde se encuentran las vitaminas, enzimas y mioglobina, dentro de las fibras. Las miofibrillas están cubiertas por una delgada membrana no transparente denominada

sarcolema. En cada fibra muscular de 60 micras de diámetro hay cerca de 2000 miofibrillas de 0.1 micras de diámetro (Bailey, 1972)

Para que se realice la contracción muscular es necesaria la presencia de una proteína llamada miosina, que en combinación con la actina utilizan la hidrólisis del ATP como combustible. La cantidad de miosina varía considerablemente en los diferentes tejidos. La miosina y la actina son las principales proteínas estructurales de los filamentos gruesos, que están asociados con la generación de energía necesaria para la contracción del músculo y son las que determinan su velocidad de contracción (Lefaucheur y Gerrard, 1998).

Estudios bioquímicos relacionados con fibras musculares han utilizado a la miosina como referencia debido a su alto contenido y gran disponibilidad en el músculo estriado de vertebrados y a su influencia sobre la terneza de la carne, siendo esta una de las características de calidad que más se toma en cuenta (Valin *et al.*, 1982).

## **2.4 Fisiología del estrés**

Se considera estrés a cualquier amenaza a la homeostasis, ya sea que dicha amenaza sea real o simplemente percibida por el animal. Entre los agentes estresantes más comunes se incluyen las variaciones en el medio externo (frío, calor, falta de alimento, falta de agua, agresión y inmovilización), debido a alteraciones psicológicas (miedo, ansiedad, aburrimiento, frustración, soledad y depresión), así como también algunos cambios en el medio interno (enfermedades, lesión tisular y dolor). En la mayoría de los casos se da una combinación de éstos (Rivier y Riviest, 1991). La situación de estrés activa el sistema simpático adrenal, el eje adrenocorticotrópico, el sistema inmunitario y altera el comportamiento. La comunicación entre el sistema nervioso central, el sistema endócrino y

el sistema inmunitario, en respuesta al factor estresante, dispara en el animal una secuencia de eventos que involucra al sistema nervioso simpático y al eje adrenocorticotrópico (Moberg, 2000).

La intervención de las glándulas adrenales en las reacciones de estrés ha sido analizada en médula y corteza, que al estar contiguas, favorecen que algunas de las sustancias producidas en el tejido cortical puedan alcanzar con facilidad la médula y regular la conversión de norepinefrina a epinefrina (Axelrod y Reisine, 1984). El manejo de los animales (agrupamiento, transporte, etc.) provocan actividad de la corteza adrenal, donde la activación de la glándula adrenal reacciona de manera conjunta a diversos estímulos como frío, calor, manipulaciones, exposición a nuevos ambientes, ejercicio muscular o estímulos sociales (Hahn *et al.*, 2003). En respuesta a los diferentes estímulos, en un corto plazo se moviliza energía, pero su producción mantenida crónicamente contribuye al agotamiento y desgaste de los músculos, a la hipertensión y la alteración del sistema inmune y la fertilidad.

Ante una situación de amenaza para su equilibrio, el organismo emite una respuesta con el fin de intentar adaptarse. Seyle (1936) definió este fenómeno como un conjunto de reacciones fisiológicas desencadenadas por cualquier exigencia ejercida sobre el organismo, por la incidencia de cualquier agente nocivo llamado estresor. Se puede definir al estrés, como “la respuesta física y específica del organismo ante cualquier demanda o agresión”.

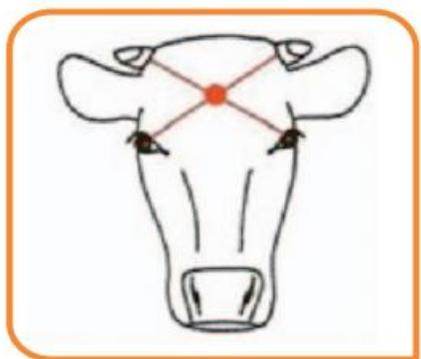
## **2.5 Insensibilización y matanza**

Los métodos utilizados para manejar, insensibilizar, sujetar y desangrar a los animales de producción deben ser sanitarios y humanos. En un rastro, los corrales de recepción y las mangas deben mantenerse en las mejores condiciones de higiene para el ganado, y debe

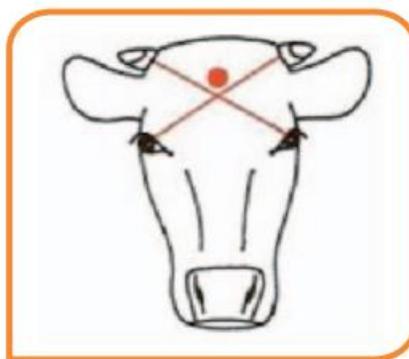
existir un manejo adecuado sin sobrepoblación, lo que reducirá las caídas, golpes, contusiones y atascamientos en las mangas previo al sacrificio (Cano y Julio, 2006).

Existen diferentes métodos de insensibilización del ganado, los cuales pueden ser mecánicos, eléctricos y aquellos que emplean gas o mezclas de gases. El más común es la pistola de presión con proyectil retenido, las cuales producen conmoción y/o contusión en el cerebro del animal. Estas pueden penetrar o no el cráneo. Las que penetran producen conmoción cerebral y con ello la pérdida de la conciencia temporal del animal, produciendo además daño irreversible en la masa encefálica. Considerando el bienestar animal, el proyectil penetrante es el adecuado por la poca probabilidad de recuperación de conciencia (Figuroa *et al.*, 2011).

La efectividad del disparo depende del lugar y dirección del mismo, en el caso de los bovinos, el blanco de la pistola de carácter penetrante se encuentra en la mitad de la frente, en un punto de entrecruzamiento de dos líneas imaginarias trazadas desde el centro de la base de los cuernos al vértice superior de la órbita ocular del lado opuesto del cráneo, en cambio el blanco de la pistola sin penetración se sitúa 20 mm sobre el blanco antes mencionado (Figura 2). (Figuroa *et al.*, 2011).



**Figura A**



**Figura B**

Figura 2. Área de noqueo del bovino. Figura A zona de disparo de proyectil penetrante.

Figura B zona de disparo para pistola de proyectil retenido no penetrante.

## 2.7 Transformación de músculo en carne

La carne está definida como todo tejido animal apto para el consumo humano, que se encuentra compuesto por masa muscular, tejido conectivo y tejido graso (Hui *et al.*, 2006). Después de la matanza de los animales, el músculo se convierte en carne, el cual solía ser un tejido vivo, donde de manera natural realizaba actividad contráctil que es regulada por el sistema nervioso. Cuando los músculos se han convertido en carne, se anula la capacidad de contracción mediante el deslizamiento de filamentos (Forrest *et al.*, 2001). El proceso bioquímico de la transformación del músculo en carne, se debe a reacciones físico-químicas, que se dan en el músculo después de la muerte del animal. Este se desarrolla en tres fases: La fase de demora *rigor* o *pre-rigor*, la cual se da en el tiempo después de la matanza del animal, donde las proteínas del músculo aún no han sufrido cambios y conserva su elasticidad; la fase *rigor mortis*, es donde se da el acortamiento de los sarcómeros: siendo los enlaces entre filamentos finos y gruesos; y la rigidez o tensión continua de las fibras musculares, la cual antecede a la fase de resolución o maduración, la extensibilidad de los músculos se recupera y la carne sufre un proceso paulatino de ablandamiento (Andujar *et al.*, 2009).

En el proceso de conversión del músculo a carne, al no ser un evento instantáneo, las fibras solo logran sobrevivir durante un tiempo mediante la glucólisis anaerobia, hasta que finalmente se consume el total de la energía. De manera inicial este proceso absorbe los depósitos de carbohidratos, el glucógeno y por último como resultado de la glucólisis anaerobia, el lactato, y al no disponer de energía las fibras musculares pierden su integridad (Bodwell *et al.*, 1965).

## **2.8 Rigor mortis**

La circulación sanguínea, posterior al desangrado determina que el músculo continúe realizando procesos metabólicos a partir de la obtención anaeróbica de energía, tratando de mantener su funcionalidad. La glucólisis produce la caída del pH de 7.1 a 5.5 aproximadamente, por formación de ácido láctico, generando niveles insuficientes de ATP. La actina y miosina provocan la pérdida de extensibilidad de la fibra muscular, causando un acortamiento y endurecimiento final (Lawrie, 1992). En cuanto a la calidad de la carne, comprende al conjunto de características que determinan su valor nutritivo, organoléptico, higiénico-sanitario y tecnológico. La calidad al ser un término subjetivo que varía según los criterios individuales, ha propiciado el desarrollo de métodos objetivos que permitan su análisis. Por ello, con el fin de mejorar la calidad de los productos cárnicos, el mantener el glucógeno reservado en músculo es primordial.

## **2.9 Uso del glicerol en ganado de engorda**

El estrés provocado por el manejo previo al sacrificio, induce el descenso de glucógeno en el músculo, para abastecer las necesidades de glucosa, mediante la glucólisis. Uno de las funciones del glicerol, que se ha observado en el ganado productor de leche, es como precursor de glucosa, para la prevención de problemas de cetosis en las vacas, considerándose una fuente de energía por su tipo de absorción ruminal, donde se fermenta convirtiéndose en ácido propiónico, compuesto gluconeogénico que puede mantener los niveles de glucógeno en el músculo (Salamanca, 2008). El glicerol en los rumiantes tiene como destino metabólico la gluconeogénesis, este al ingresar al sistema digestivo del

rumiante, previa fosforilación es transformado en ácido propiónico (Cirio, 1996). Cuando existe un exceso de glicerol este puede ser absorbido tanto por la mucosa ruminal como por la intestinal, siendo una fuente gluconeogénica directa para el rumiante. Esto también sucede con el glicerol endógeno, producto de la lipólisis de las grasas de reserva. El glicerol ingresa a la vía de la gluconeogénesis previa transformación en glicerol trifosfato catalizada por la enzima gliceroquinasa, convirtiéndose en glicerol- (figura 3).

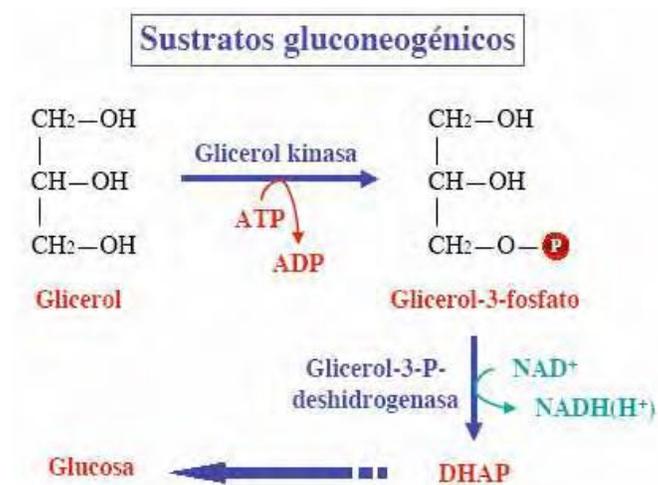


Figura 3. Esquema de la gluconeogénesis a partir de glicerol. 3- fosfato, que al oxidarse da lugar a dihidroxiacetona fosfato (DHAP) utilizando NAD<sup>+</sup>, resultando finalmente en glucosa

## 2.10 Propiedades organolépticas de la carne

Las propiedades organolépticas o sensoriales son percibidas directamente por el consumidor al comprar y comer el producto. Existen productos ricos en nutrientes que no se aceptan como alimentos por no satisfacer los requerimientos sensoriales de los consumidores. Para la carne las principales características que se consideran al momento de comprarla son el color, la terneza, la jugosidad y posteriormente el sabor, al momento de

consumirla, siendo la terneza la más importante para la mayoría de los consumidores. (Garriz, 2001).

### **2.10.1 pH de la carne**

La degradación de glucógeno a través de la glucólisis, impacta de manera directa la calidad de la carne, donde el estrés acelera la velocidad de glucólisis *post-mortem*, resultando carnes de baja calidad como carne PSE (pálida, suave y exudativa) y carne DFD (oscura, firme y seca). (Alarcón, *et al.*, 2010). El pH puede influenciar las características de la carne, en propiedades como la suavidad, color, sabor y capacidad de retención de agua. Al encontrarse altamente correlacionado con el agua ligada en el músculo, está relacionada a múltiples cambios en la apariencia y la calidad, ya que al disminuir el pH, se modifica la disponibilidad de energía.

### **2.10.2 Capacidad de retención de agua (CRA)**

La capacidad de retención de agua (CRA), es la propiedad de una proteína cárnica para retener el agua tanto propia como añadida, cuando es sometida a un proceso de industrialización (Hamm, 1960). La carne debe conservar el agua cuando se somete a factores externos como corte y presión entre otros, ya que esta es una propiedad que se relaciona a la calidad de la carne, porque influye antes y durante el manejo de cocción que le da el consumidor en casa. Un elevado valor de retención de agua mantiene la jugosidad de la carne y mejora el rendimiento del proceso de cocción (López y Casp. 2004).

Esta propiedad físico-química afecta la apariencia externa de la carne, la pérdida de agua durante el cocinado, proporciona una apreciación sensorial, ya que la retención de agua

mantiene su contenido de vitaminas, minerales y sales (Beriaín *et al.*, 2000). A nivel químico, la pérdida de retención de agua se debe a la disminución en el pH de la superficie de la carne por la producción de ácido láctico, haciendo que este se aproxime a los valores de punto isoeléctrico de las proteínas, donde la carga neta es cero, y por lo tanto, no se puede retener agua mediante enlaces electrostáticos (Lawrie, 1985)

### **2.10.3 Color de la carne**

El color de la carne está dado principalmente como en cualquier superficie por la interacción de tres factores: el tipo de luz que recibe, ya que el color que percibimos está altamente influenciado por el espectro lumínico que absorbe, así como la composición química de la superficie. La absorción, la reflectancia de los rayos de luz de distintos colores, está dada por la composición química de la carne y la cantidad de agua en la superficie. Este fenómeno físico es finalmente el tipo de estímulo que el ojo humano percibe. La interpretación del color, en el nervio óptico recoge la onda lumínica y lo manda al cerebro en donde es interpretada para dar lo que finalmente conocemos como color. Esto implica que existen diferencias individuales en la percepción del fenómeno denominado color (Minolta 1992).

El color ideal para la carne de res es rojo cereza brillante, esta pigmentación está dada por la proporción de mioglobina en un 80% aproximadamente; el restante está dado por la hemoglobina atrapada en los capilares y vasos sanguíneos. Su concentración en el músculo varía entre especies y masa muscular, y en general, se ve modificada por varios factores como edad al sacrificio, sexo, nivel de estrés al sacrificio, estado de salud del animal, etc. A

la vez que está correlacionada con el contenido de fibras rojas en la carne (Faustman 1990, AMSA 1991).

#### **2.10.4 Textura (TPA) de la carne**

La textura de los alimentos está principalmente determinada por el contenido de humedad y grasa, el tipo y cantidad de proteínas y carbohidratos estructurales, por lo tanto cualquier cambio de estos componentes tiene una influencia importante en la textura (Aktas y Kaya, 2001). La textura de la carne puede ser definida como la composición de los elementos estructurales de la carne y puede ser detectada sensorialmente. La textura de la carne es una composición de elementos estructurales del músculo, la cual es determinada por la fuerza del corte, medida por una navaja de Warner Bratzler, que indica los kilos de fuerza requerid para cortar un centímetro cuadrado del músculo, realizando el corte en orientación perpendicular a las fibras musculares. La clasificación de Warner Bratzler maneja diferentes valores: dura (> 9 kgf), terneza intermedia (entre 6 y 9 kgf), y ligeramente tierna (< 6 kgf). Para Schkelford *et al.* (1997), Tatum *et al.* (1996) y Huerta-Leindenz *et al.* (1998), la clasificación es: dura (>3.63 y < 5.44 kgf), medianamente tierna (entre 2.27 y 3.63 kgf) y tierna (> 2.27 kgf). La textura es afectada por la edad del animal, ya que se ha observado que la carne de animales jóvenes es más blanda que la proveniente de animales de mayor edad; a esto se le deben agregar factores determinantes como la raza. Crouse *et al.* (1991) observaron que la carne obtenida de cruza de ganado *Bos indicus* era más dura que la obtenida a partir del ganado *Bos taurus*.

## 2.11 Carne DFD (Dark, Firm and Dry)

El estrés puede desencadenar una serie de procesos biológicos que dan como resultado cortes oscuros (carnes DFD o carnes PSE). La presencia de cortes oscuros, es la condición en donde la carne se encuentra con una reducida concentración de glucógeno muscular al momento del sacrificio, provocada por la respuesta del animal a diversos factores que producen estrés, ya que los animales gastan sus reservas de glucógeno para producir energía en defensa al medio ambiente adverso. La musculatura del animal vivo y sano posee un pH cercano a 7; después del sacrificio se produce una disminución natural del pH, debido a la glucólisis *post mortem*: en este proceso, que se realiza en forma anaerobia, a partir del glucógeno muscular se forma ácido láctico que va acidificando el medio y como consecuencia se reduce el pH. En los animales que han sufrido un estrés prolongado o crónico antes de la muerte, así como en los que se han mantenido durante mucho tiempo sin alimento, hay poco glucógeno muscular, lo que disminuye el sustrato para ser transformado en ácido láctico, de manera que se impide la caída normal del pH y este permanece elevado, lo que modifica las propiedades sensoriales y visuales, como color y jugosidad. Gallo (2003) menciona que cualquier situación estresante antes de la matanza, especialmente de tipo crónico, puede provocar la aparición de cortes oscuros. La carne normal tiene un pH de 5.6 a 5.8, mientras que un corte oscuro se encuentra con un pH final elevado mayor a 6.0, esto dentro de las 24 horas *post mortem*, (figura 4).

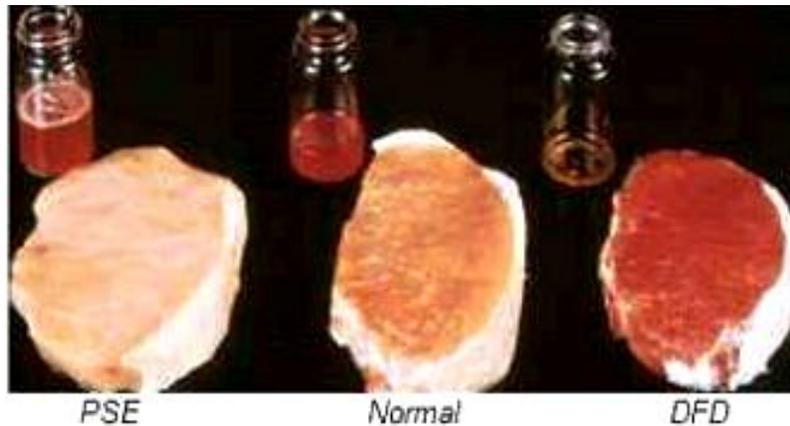


Figura 4. Muestras de carne en diferentes condiciones físico – químicas.

### **2.12 Marmoleo, ojo de la chuleta y cobertura de grasa en carne**

El marmoleo es la presencia de grasa intramuscular en la carne, la cual se le reconoce como un signo de calidad. El marmoleo se logra cuando la grasa llega a acumularse en cantidades elevadas en la carne de res, que puede hacerse evidente a simple vista en forma de finas vetas. La relación que guarda con la calidad es porque al ser sometida a cocción, la grasa de marmoleo se derrite y se mezcla con los jugos de la carne como un caldo que proporciona algunos efectos importantes, estimulando las papilas gustativas y la salivación, mejorando la percepción de la jugosidad del producto, facilita que se aprecie mejor el sabor y el aroma, y ayuda a la textura. (U.S. Meat Export Federation, 2014)

### **2.13 Vida de anaquel de la carne**

La vida de anaquel es el periodo donde un alimento mantiene características sensoriales y de seguridad aceptables para el consumidor, almacenado bajo condiciones óptimas, preestablecidas. (Anzueto, 2012) En las últimas cuatro décadas, la transformación de consumidores pasivos a consumidores conscientes, ha ejercido presión sobre los sistemas de producción para alcanzar niveles de calidad en la preservación y contenido nutricional de

los productos. La apariencia de las carnes (color, textura, marmoleo y jugosidad), son los atributos primarios en la toma de decisión de compra y consumo.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La dosificación adecuada de glicerol como fuente de energía en la dieta del ganado de engorda en corral, puede disminuir el desgaste excesivo de glucógeno muscular generado por el estrés debido al manejo previo al sacrificio, con el fin de prevenir la disminución de la calidad de la carne.

### **4. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar la calidad de la carne obtenida de bovinos tratados con glicerol 24 horas previas al sacrificio.
- Evaluar la vida de anaquel de la carne obtenida de bovinos tratados con glicerol 24 horas previas a sacrificio.

#### **4.1 Objetivos particulares**

- Evaluar el pH de la carne como parámetro determinante en la calidad de carne.
- Evaluar la capacidad de retención de agua asociado con la calidad de la canal.
- Evaluar el color como característica asociado a la calidad de carne.
- Evaluar la textura de la carne en relación con la buena calidad.
- Evaluar vida útil de la carne en relación con sus propiedades organolépticas.

#### **4.2 Hipótesis**

El proporcionar 600 ml de glicerol al 85%, 24 horas previas al sacrificio, reducirá la pérdida de glucógeno en el músculo, provocado por estrés en la matanza, lo que permitirá mantener una buena calidad de la carne.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Localización**

Esta investigación se realizó en una engorda de la Huasteca Potosina, en el municipio de Tamuín perteneciente al estado de San Luis Potosí, a una altitud de 20 msnm, ubicado a 22°00'25'' N 98°47'19'' O; con una temperatura media de 16°C y 53% de humedad relativa. Esta engorda tiene un manejo intensivo de 50 mil cabezas de ganado con un promedio de matanza de 600 animales por día, solo con el enfoque de producción de carne. La engorda maneja un sistema intensivo, donde la alimentación se realiza con dietas elaboradas por nutriólogos de la empresa MNA de México, S.A. de C.V.. basándose en los requerimientos nutricionales para bovinos de engorda. Sus dietas están formuladas con la finalidad de llevar a los novillos de un peso de recepción promedio de 120 kilos a un peso final de 350 kilos.

#### **5.1.1 Instalaciones**

Las instalaciones cumplen con los estándares de bienestar animal, con áreas y condiciones adecuadas para la calidad de vida de los animales, los cuales son: la cantidad de animales por corral, manejando un máximo de 20 novillos, separados por edad. La zona de confinamiento cuenta con bebederos automáticos, comederos centrales y laterales con el área adecuada para la alimentación del total de los animales, sin que se observen problemas de competencia. Se cuenta con sombreaderos de lámina y paja en el suelo (Figura 5). Los servicios, como agua, espacio en el corral y alimentos se encuentran en buenas condiciones, tanto de aseo como de accesibilidad. La higiene es adecuada, manteniendo los corrales limpios sin acumulación de heces o lodo.



Figura 5. Instalaciones y condiciones de los corrales de engorda, Tamuín, S.L.P.

### 5.1.2 Animales

Se utilizaron 42 novillos machos de raza criolla, donde la raza dominante era cruce de Cebú, con pesos heterogéneos, que variaban desde los 300 a 350 kg, los cuales se encontraban en la etapa de finalización, con 90 días de engorda aproximadamente. Los novillos de forma aleatoria se distribuyeron en dos tratamientos, donde a 23 se les proporcionaron 600 ml glicerol al 85%, que se administraron en forma oral, con un dosificador para rumiantes, 24 horas previas a la matanza. El resto de los novillos (19), no fueron tratados con glicerol, siendo los animales testigo. Se utilizó un diseño completamente al Azar, con 2 tratamientos, con 23 repeticiones en el tratamiento con glicerol (tratamiento 1) y 19 sin glicerol en el tratamiento 2.

### **5.1.3 Transporte y sacrificio**

El embarque del ganado se realizó a las 5:30 am, con una temperatura de 15°C y 90% de humedad. Se utilizaron jaulas de transporte de dos ejes, con una capacidad de 20 novillos para sacrificio por jaula, con un tiempo estimado de 20 minutos de trayecto, de engorda a rastro. Se hicieron observaciones al momento del embarque y desembarque, para detectar caídas, tiempos de desembarque de ganado, comportamiento y manejo del ganado. Las mismas observaciones se hicieron en la recepción antes del sacrificio, con la finalidad de registrar alguna variación en el manejo. El tiempo de espera del ganado para sacrificio fue de una hora con quince minutos desde el primer animal hasta el animal último 42. Una vez que se realizó el sacrificio de los novillos, se dio seguimiento a las canales, en las cámaras de enfriamiento, realizando monitoreos que a continuación se describen.

### **5.1.4 Evaluaciones físico-químicas**

El efecto de los tratamientos sobre las características fisicoquímicas en la carne, se evaluó en los 42 novillos, de los dos corrales. A las 3 horas post mortem se midió el pH de la canal, y la temperatura se registró cada 3 horas. Después de las 24 horas *post mortem*, se realizó el despiece y la extracción de muestra de carne en la zona del costillar, a los 7 días después de la matanza se monitoreo la capacidad de retención de agua por centrifugación, pH, color y textura, repitiéndose cada 7 días, por 4 semanas, haciendo estas evaluaciones los días 7, 14, 21 y 28, que correspondieron a los días de vida de anaquel, basándonos en los tiempos de comercialización, de los productos perecederos.

Tres horas después de la matanza se realizó el registro del peso de la canal caliente y fría. Se monitoreo el pH con un potenciómetro (Meat Hanna Phmeter serie HI99163) en la zona del costillar, cada 3 horas dentro de las cámaras de enfriamiento, de igual forma se registró la temperatura, en la misma zona y a los mismo tiempos, utilizando un termómetro para carne (Delta TRAK, Waterproof Lollipop, model 11050). Este registro se hizo las primeras 24 horas después de las matanza, obteniendo ocho registros finales, antes de que se realizara el despiece de las canales.

### **5.5 Análisis de laboratorio**

Una vez que se evaluaron las variables antes mencionadas en la canal, se hizo el despiece, extrayendo cuatro muestras del área del costillar, las que fueron empacadas al vacío, sin perder la línea de enfriamiento para ser transportadas al Laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados, para realizar las evaluaciones organolépticas y bromatológicas correspondientes. Las muestras fueron conservadas a 5°C grados en empaque al vacío, donde veinticuatro horas previas se colocaban a 18°C para la manipulación y determinar las variables que se mencionan a continuación.

### **5.6 Determinación de pH**

Se determinó el pH en las muestras durante el tiempo de vida de anaquel, los días 7, 14, 21 Y 28 usando el método de homogenizado de carne. Para este procedimiento se utilizó el potenciómetro Pelican 1400 Case, Orion Research model SA 210 (AOAC, 2000)

### **5.7 Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA)**

Esta variable se determinó con la técnica propuesta por Guerrero *et al.* (2002). Se pesaron 5 g de carne finamente picada y limpia, de fascia o grasa, se homogenizó con 8 ml de cloruro de sodio a 0.6 M, se agitó por un minuto con una varilla de vidrio y los tubos se colocaron en un baño de hielo por 30 minutos, se volvió a agitar con la varilla, posteriormente se centrifugaron durante 15 min a 10,000 rpm en una centrifuga (, modelo 420101, Clay Adams, Sparks, USA). Al término de la centrifugación se decantó el sobrenadante y se midió el volumen en una probeta, representando el agua no retenida de los 8 ml de cloruro de sodio que se añadieron. Este valor se reportó como ml de la solución retenida en 100 g de carne.

### **5.8 Determinación del color**

Se utilizó un colorímetro Konica Minolta, modelo CR400/410, aplicando el método desarrollado por Hunter (1948), que ofrece los valores de “L” (luminosidad), “a” (rojo a verde), “b” (amarillo a azul). Se inició con la calibración del colorímetro, basándose en el manual del equipo, posteriormente se utilizó la muestra completa en condiciones frescas a temperatura ambiente y se localizaron las zonas con menos tejido graso, tejido conjuntivo o fascia, para evitar valores erróneos. Se pulsó el colorímetro, para obtener el registro, tratando de cubrir toda el área de la muestra con tres pulsaciones registradas para promediar los valores y reducir el margen de error.

## **5.9 Determinación de Textura (TPA)**

Para determinar el perfil de textura (TPA) se tomaron de cada muestra de carne tres segmentos con un sacabocados. Estas muestras fueron extraídas sin fascia y sin tejido graso. La extracción con el sacabocado fue en dirección perpendicular a las fibras musculares. El proceso se realizó usando una navaja de Warner-Bratzler en un analizador de textura TA-XT2 (Texture Technologies Corp, Scardale, NY) empleando una velocidad de 5 mm/s en el avance y retroceso de la navaja, reportándose la fuerza máxima en  $\text{kg/cm}^2$ . Siguiendo con el protocolo del texturómetro TA.TX plus (Stable Micro Systems), la compresión fue sobre un eje paralelo a las fibras musculares. El sistema operativo instalado en el equipo de cómputo arrojó el resultado en tablas y gráficos del sistema Xpression. (Guerrero *et al.*, 2002)

## **5.10 Proteína, humedad y cenizas**

En la carne se determinó humedad, cenizas y proteína cruda de acuerdo a los métodos propuestos por AOAC (2000).

## **5.11 Análisis estadístico**

La información de las variables organolépticas (pH, color, textura y CRA) y bromatológicas (humedad, proteína y cenizas) fueron analizadas como un diseño completamente al azar con medidas repetidas usando el procedimiento PROC MIXED de SAS (2003). El modelo para todos los análisis incluyó los efectos principales de tratamiento (T1: con glicerol, T2: sin glicerol), tiempo (vida de anaquel a 7, 14, 21 y 28 días) e interacción tratamiento x tiempo. La estructura de covarianza apropiada para cada variable fue determinada probando distintas estructuras de covarianza. Previo a los análisis de

varianza se probaron las suposiciones de independencia, normalidad y homogeneidad de varianzas. Cuando los efectos principales e interacción fueron significativos, las medias fueron comparadas usando la Prueba de Tukey ajustada.

**Modelo estadístico:**

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \delta_{j(i)} + P_1 + (\tau P)_{ik} + \varepsilon_{ijkl}$$

$Y_{ijkl}$  = Variable respuesta del periodo K, repetición j y tratamiento i.

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto fijo del i- estimo tratamiento (i= 1, 2)

$\delta_{j(i)}$  = Efecto aleatorio de la repetición anidada de tratamiento ( j= 1, 2, ..., 42)

$P_1$  = Efecto fijo del 1- ésimo periodo (1=1, 2,...4)

$(\tau P)_1$  = Interacción tratamiento por periodo

$\varepsilon_{ijkl}$  = Error aleatorio

El pH y temperatura se determinaron en la canal tres horas después de la matanza y posteriormente en la carne durante el tiempo de vida de anaquel. En tanto que las variables pH, color, textura, capacidad de retención de agua, materia seca, proteína cruda y cenizas, se determinaron en la carne durante la vida de anaquel.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 pH y temperatura de la canal

El pH fue de 6.53, 6.07, 5.64, 5.72, 5.64, 5.58, 5.67, 5.60 y 5.65, para el tratamiento uno respectivamente para 6.90, 6.41, 5.37, 5.86, 5.67, 5.69, 5.71, 5.64 y 5.73, para el tratamiento dos, en las 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 y 27 horas. Las temperaturas fueron 33.05, 20.86, 19.95, 17.14, 13.35, 10.04, 8.47, 5.91 y 1.02 grados centígrados en el tratamiento uno, respectivamente, para el tratamiento dos fue de 32.91, 20.29, 20.11, 17.59, 13.84, 10.47, 8.65, 6.32 y 1.31 grados centígrados, estos últimos valores de temperatura y pH fueron los que tenían las canales al realizar el despiece y la extracción de las muestras de la zona del costillar (Figuras 6 y 7). Los resultados de pH en muestras de carne, no mostraron diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos en las primeras veintisiete horas después de la matanza al igual que en temperatura.

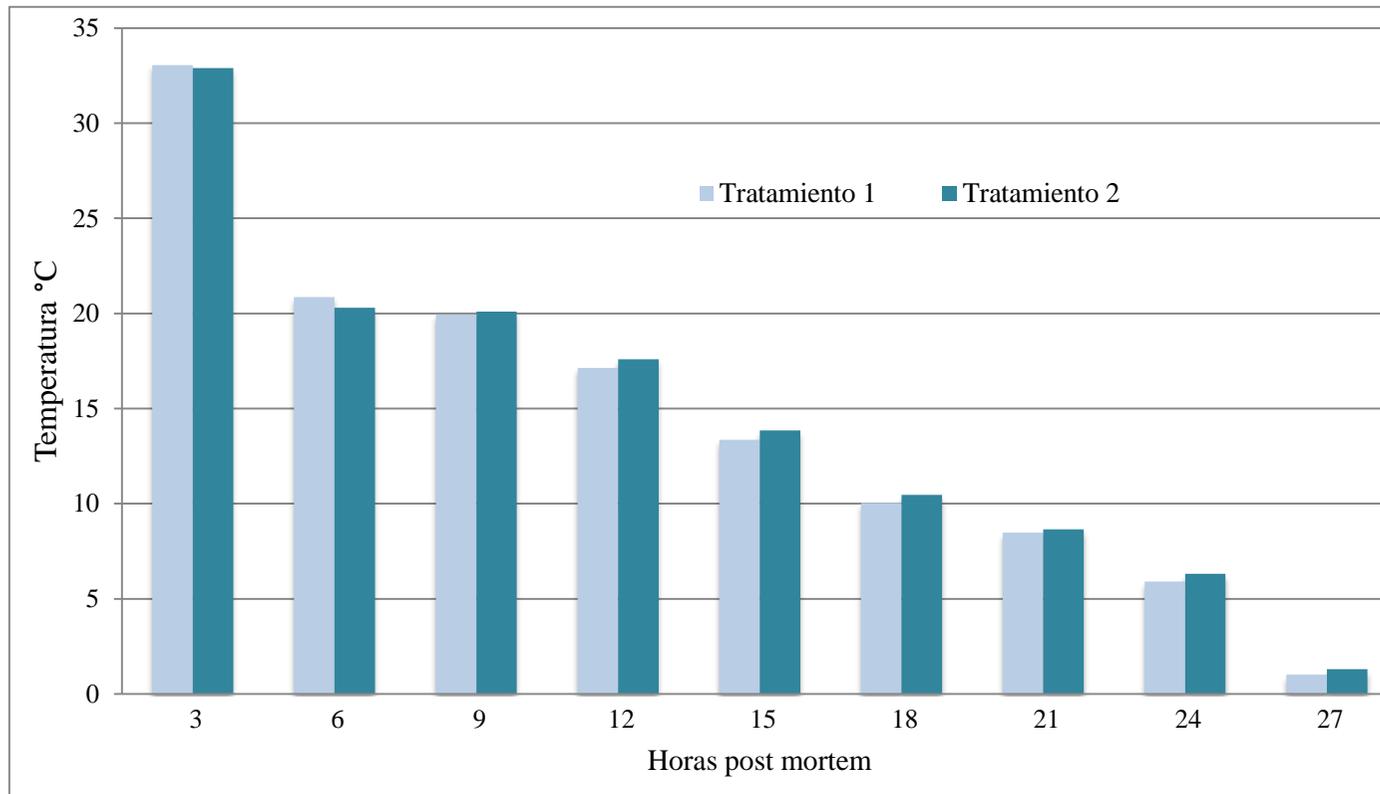


Figura 6. Valores de temperatura (°C) en la canal de los tratamiento uno y dos veintisiete horas post mortem.

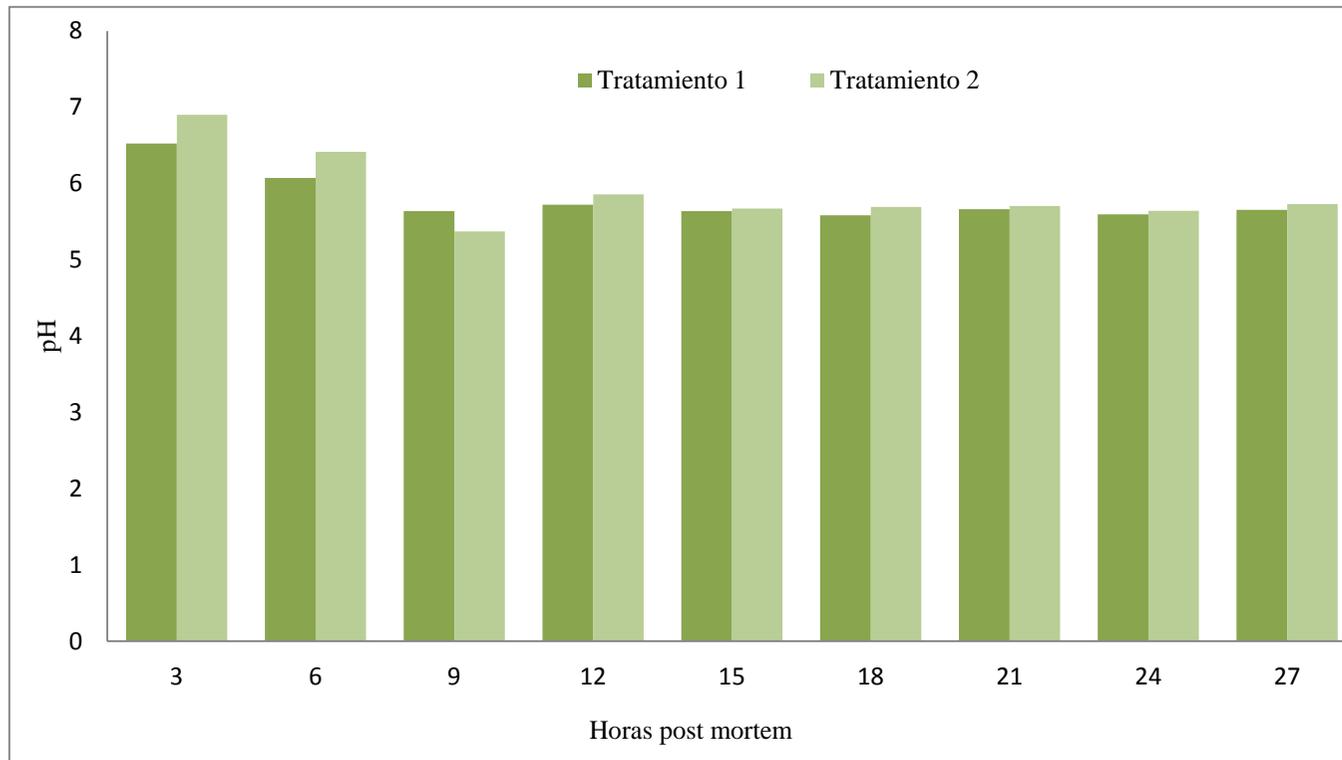


Figura 7. Valores de pH en la canal, para el tratamiento uno y dos veintisiete horas post mortem.

### **6.3 pH de la carne**

En cuanto al comportamiento de vida de anaquel el pH en el día siete fue de 5.67 en el tratamiento uno y 5.62 en el dos. El día catorce se registró 5.60 en el tratamiento uno y 5.58 en el dos. Posteriormente en el día veintiuno de vida de anaquel, el pH registrado fue de 5.59 y 5.56 para el tratamiento uno y dos respectivamente, finalizando el día veintiocho con un comportamiento similar a los tiempos de vida de anaquel anteriores, con 5.63 para el tratamiento uno y 5.62 para el dos (Figura 8). Durante los diferentes tiempos de vida de anaquel no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ), solo se observaron para tiempo y en la interacción tratamiento por tiempo ( $P<0.05$ ) (Cuadro 1).

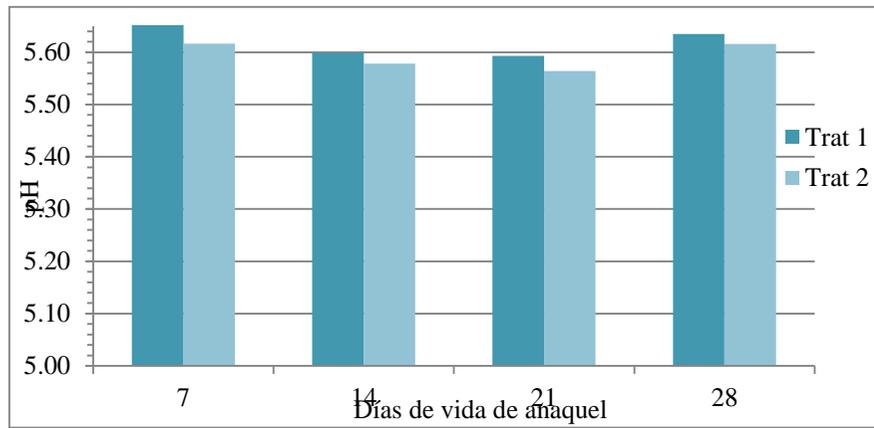


Figura 8. Valores de pH durante la vida de anaquel para los tratamientos uno y dos.

#### 6.4 Color de la carne

El color de la carne se evaluó en tres escalas diferentes, L\* luminosidad, a\* nivel de rojo a verde y b\* nivel de amarillo a azul, durante el tiempo de vida de anaquel, iniciando el día siete después de la matanza, posteriormente en el día catorce, veintiuno y veintiocho. La luminosidad L\* entre tratamientos no fue significativa ( $P>0.05$ ), los niveles se mantuvieron entre los 35.10 L\* hasta los 38.92 L\* en grado de luminosidad. Durante la vida de anaquel el gradiente de color L\* de luminosidad en el día siete en el tratamiento uno fue de 38.92 para el dos 38.91 L\*; A los catorce días, en el tratamiento uno la luminosidad fue de 38.17 L\* y en el dos 36.36 L\*; en el tiempo veintiuno de la vida de anaquel en el tratamiento uno, la luminosidad fue de 37.72 L\*, mientras que en el tratamiento dos fue de 37.20 L\*; finalmente en el día veintiocho en el tratamiento uno el grado de luminosidad fue de 35.10 L\* y en el dos de 35.24 L\* (Figura 9). El descenso de la luminosidad repercute en la apreciación del color por el consumidor y este cambio se da por la pérdida de agua, el descenso de pH y las condiciones de temperatura en las que se mantiene el producto.

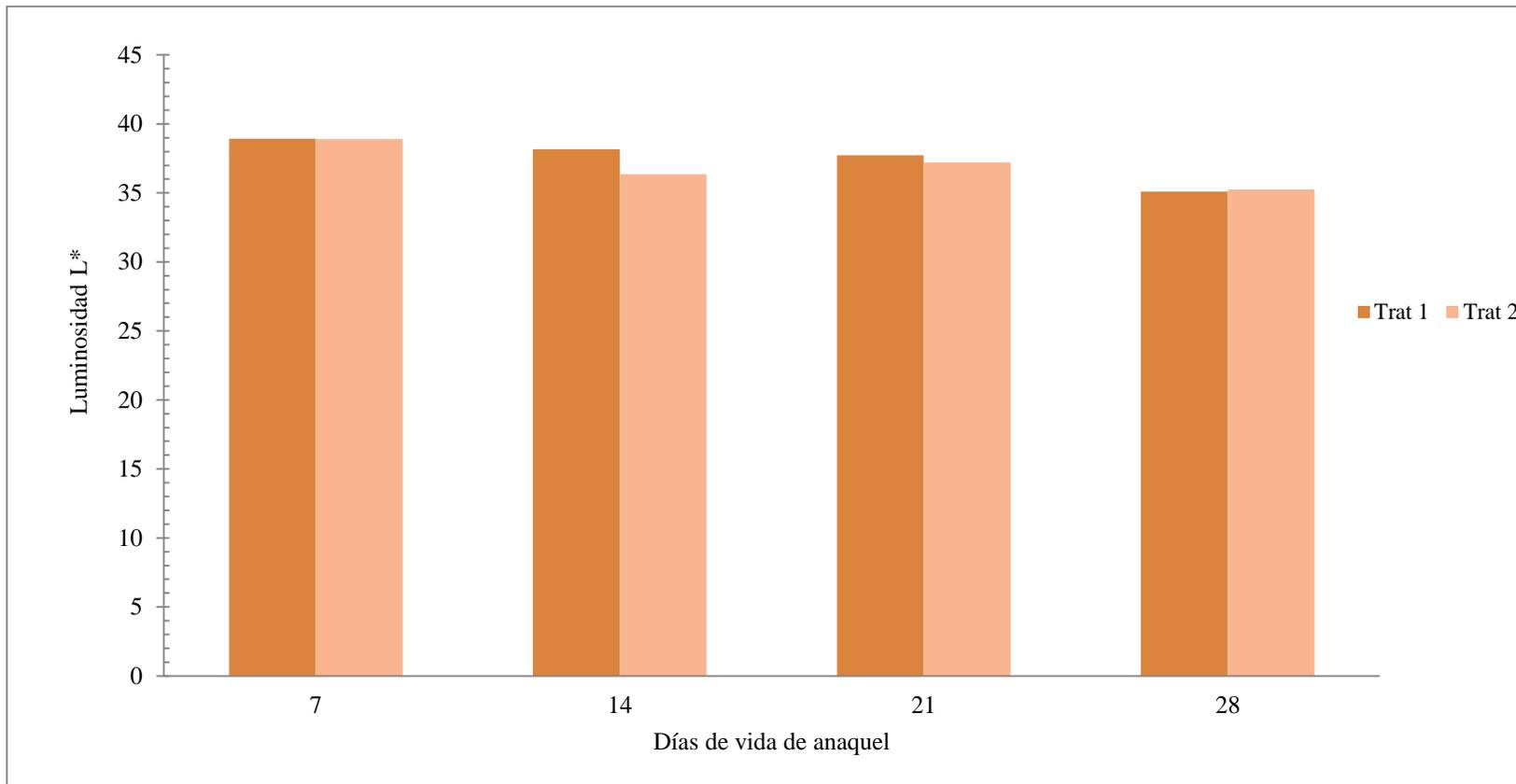


Figura 9. Variación de la L\* luminosidad durante el tiempo de vida de anaquel.

La variación de los niveles de rojo a\* y amarillo b\*, entre tratamientos no mostraron diferencias ( $P>0.05$ ), lo que refleja una oxidación normal de la mioglobina en las evaluaciones hechas durante los días de vida de anaquel (Cuadro 1). En cuanto a los niveles de rojo a\*, el día siete de vida de anaquel en el tratamiento uno con glicerol, se registró 14.36 a\* de nivel de rojo, para el tratamiento dos fue similar con 14.15 a\*; A los catorce días en el tratamiento uno el valor de a\* fue de 17.52 y 17.09 a\* para el tratamiento dos. En el día veintiuno se observó un nivel de rojo para el tratamiento uno de 15.32 a\* y 15.21 a\* para el tratamiento dos; en el día veintiocho el nivel de rojo fue de 16.77 a\* y 16.33 a\* para el tratamiento uno y dos respectivamente, siendo el nivel observado más alto de rojo 17.52 a\* para el tratamiento uno el día catorce (Figura 10). Se encontraron diferencias ( $P<0.05$ ) por tiempo, pero no en la interacción tratamiento x tiempo ( $P>0.05$ ) (Cuadro 1).

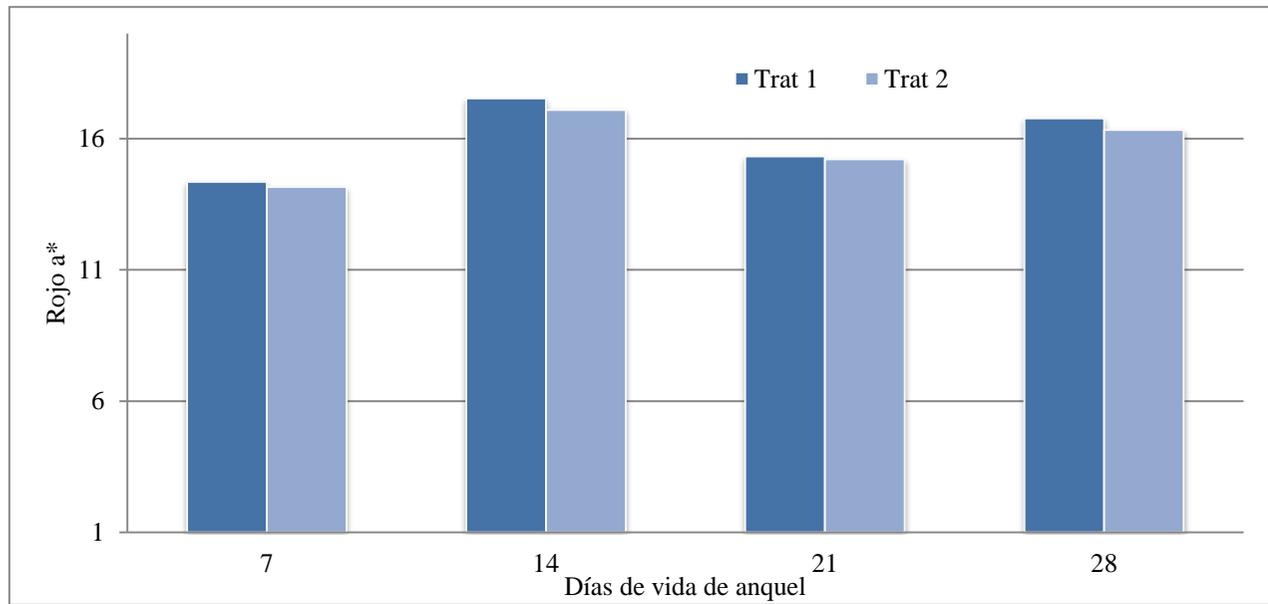


Figura 10. Niveles de rojo en la carne durante el tiempo de vida de anaque.

Los niveles de amarillo b\* mostraron valores descendentes en intensidad, iniciando con valores de 6.88 b\*, siendo el más elevado y finalizando con un nivel de 4.69 b\*, el registro más bajo, esto a través de los tiempos de vida de anaquel. La cantidad de amarillo b\* en las muestras fue la siguiente: en el día siete en el tratamiento uno, se registró 6.88 b\* y en el tratamiento dos 6.28 b\*; el día catorce, los niveles fueron de 5.61 b\* para el tratamiento uno y 5.21 b\* para el dos. En el día veintiuno de 6.03 para el tratamiento uno y 5.93 para el dos. Finalmente en el día veintiocho se observó 4.69 b\* para el tratamiento uno y la misma cantidad para el tratamiento dos (Figura 11).

Los gradientes de color a través del tiempo fueron descendiendo gradualmente, siendo el nivel de amarillo b\* en el que se observó un cambio más marcado, sin que se encontraran diferencias ( $P > 0.05$ ) en la interacción tiempo x tratamiento (Cuadro 1). Los gradientes de color L\* a\* y b\*, reflejan la intensidad de pigmentación de la carne, de lo que depende la aceptación por parte del consumidor, que va del rojo púrpura al rojo cereza y finalmente en un estado de oxidación avanzada, se observa un rojo pardo.

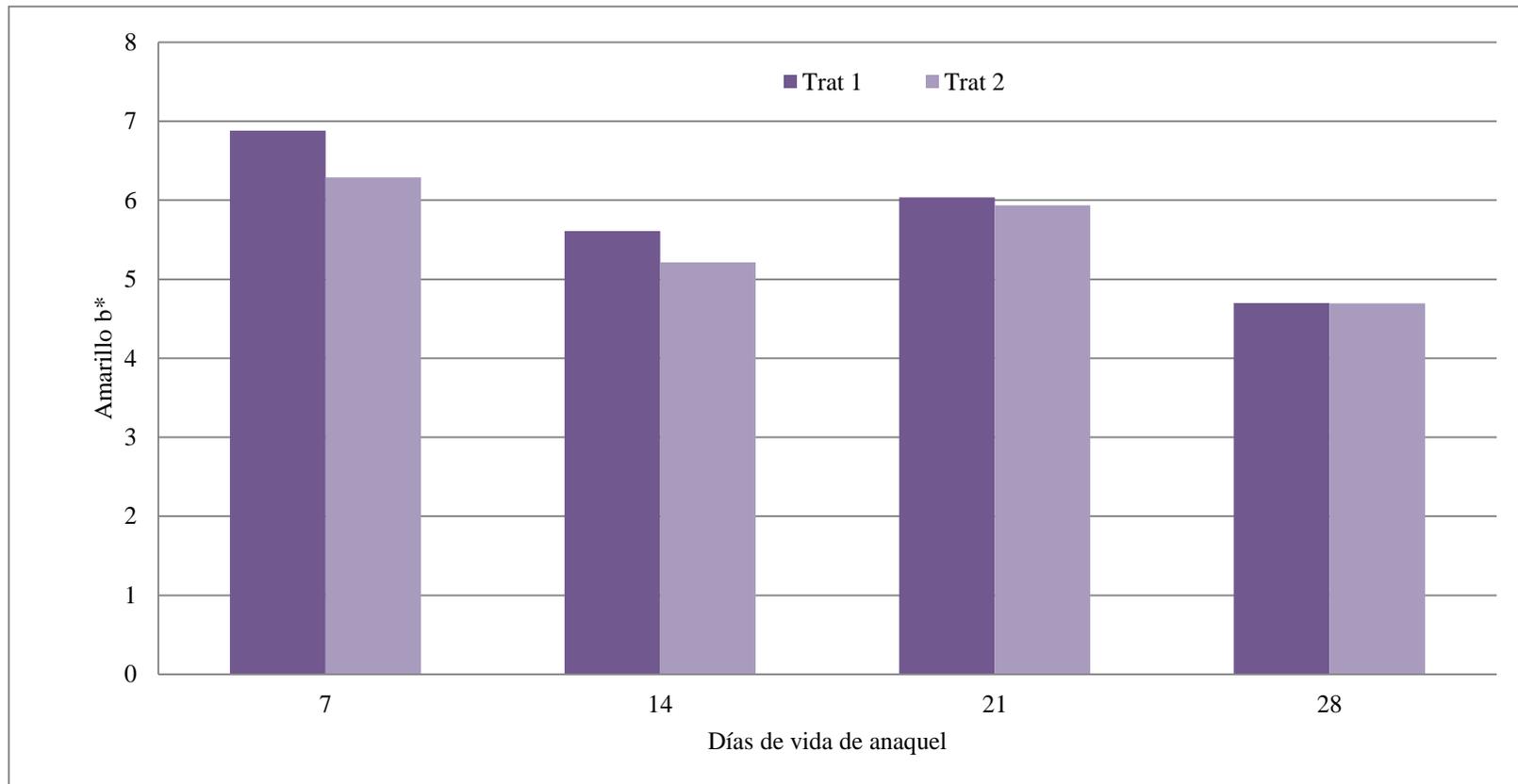


Figura 11. Niveles de amarillo en la carne durante el tiempo de vida de anaquel.

## 6.5 Capacidad de retención de agua (CRA) en carne cruda

La capacidad de retención de agua en las muestras no mostró diferencias entre tratamientos ( $P>0.05$ ) (Cuadro 1). A través del tiempo tampoco se observaron diferencias entre tratamientos durante la vida de anaquel, donde en el día siete se registró 8.2 ml/100g (16%) para el tratamiento uno y 8.3 ml/100g (14%) para el tratamiento dos; en el catorce los valores fueron de 8.3 ml/100g (14%) en el tratamiento uno, 8.5 ml/100g (10%) en el dos; el día veintiuno 8.1 ml/100g (18%) y 8.2 ml/100g (16%) para el tratamiento uno y para el tratamiento dos, respectivamente; finalmente en el veintiocho fueron de 8.2 ml/100g (16%) en el tratamiento uno y 8.1 ml/100g (18%) en el dos (Figura 12). No se observaron diferencias ( $P>0.05$ ) en los tiempos de vida de anaquel por tratamiento con y sin glicerol (Cuadro 1)

Los niveles de CRA en la carne fueron normales, lo que es importante porque afecta la calidad del producto, ya que está altamente relacionada con la textura, color y pH de la carne. Los músculos después del rigor mortis contienen un promedio de 70% de agua, dependiendo en primer lugar del contenido de grasa, así como de la madurez fisiológica del músculo, lo que causa cambios en las características organolépticas de la carne, como contracción muscular y cambio de color, entre otros.

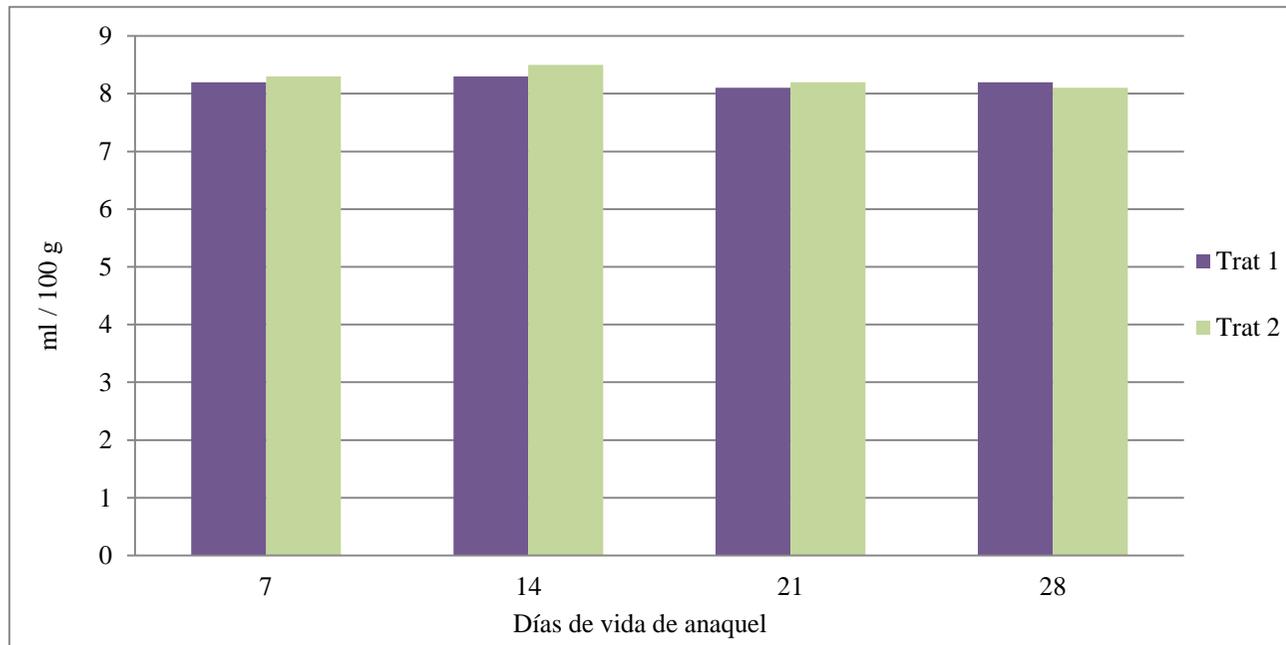


Figura 12. Capacidad de retención de agua en carne cruda, expresado en ml/100 g de carne, durante el tiempo de vida de anaquel.

## 6.6 Textura de la carne

La textura de la carne entre tratamientos a los siete días no mostró diferencias ( $P>0.05$ ) (Cuadro 1), sin embargo durante el transcurso del tiempo de vida de anaquel, se registraron cambios en la resistencia al corte, con valores en el día siete de  $1.8 \text{ kg/cm}^2$  para el tratamiento uno,  $1.8 \text{ kg/cm}^2$  para el tratamiento dos; en el día catorce en el tratamiento fue de  $1.8 \text{ kg/cm}^2$  y para el dos  $1.8 \text{ kg/cm}^2$ ; en el día veintiuno en el tratamiento uno el valor de textura fue de  $2.1 \text{ kg/cm}^2$  y para en el dos de  $2.0 \text{ kg/cm}^2$ , finalmente en el día veintiocho se registró  $1.9 \text{ kg/cm}^2$  en el tratamiento uno y  $1.7 \text{ kg/cm}^2$  en el dos (Figura 13).

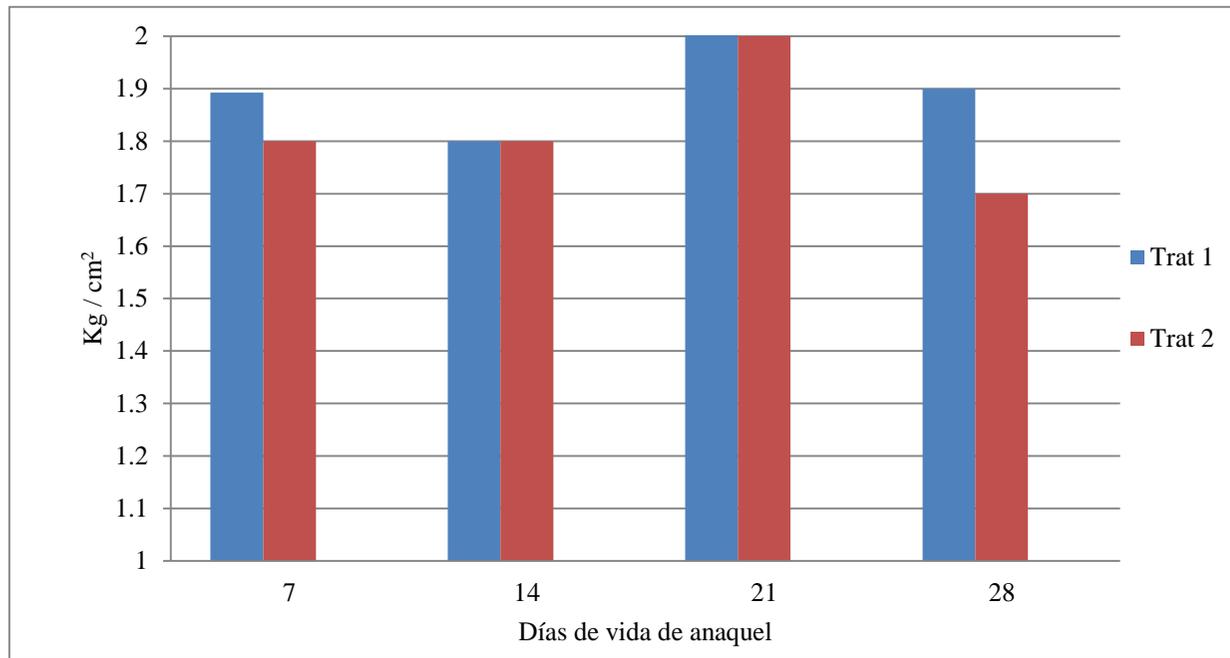


Figura 13. Textura de la carne entre tratamientos y por tiempo de vida de anaquel, expresada en kg/cm<sup>2</sup>.

Cuadro 1. Efecto del tratamiento con glicerol (600 ml) proporcionado 24 h antes del sacrificio, o sin glicerol, en las variables organolépticas de la carne durante los días de vida de anaquel.

Variables	TIEMPO EN DIAS										P>0.05		
	7		14		21		28		EEM		TRAT	TIEMPO	TRAT*TIEMPO
	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 1	TRAT 2			
<b>pH</b>	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.6	5.6	0.27	0.30	NS	*	NS
<b>L*</b>	38.92	38.91	38.17	36.36	37.72	37.20	35.10	35.2	0.77	0.85	NS	*	NS
<b>a*</b>	14.36	14.15	17.52	17.09	15.32	15.21	16.77	16.33	0.46	0.50	NS	*	NS
<b>b*</b>	6.88	6.28	5.61	5.21	6.03	5.93	4.69	4.69	0.30	0.33	NS	*	NS
<b>CRA (ml/100g)</b>	8.2	8.3	8.3	8.5	8.1	8.2	8.2	8.1	0.11	0.12	NS	*	NS
<b>Textura (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1892.57	1861.53	1889.75	1851.64	2106.78	2065.71	1965.41	1710.24	90.34	99.39	NS	*	NS

Color: L\* = Luminosidad; a\*= índice de rojo; b\*= índice de amarillo; CRA= Capacidad de retención de agua en carne cruda (ml/100 g de carne);

Textura= resistencia al corte con navaja Warner-Bratzler (kg/cm<sup>2</sup>); \*significativo (P<0.05), NS: no significativo. Tratamiento 1= con 600 ml de glicerol; tratamiento 2= sin glicerol.

## 6.7 Análisis bromatológico

El porcentaje de materia seca entre tratamientos no fue significativo ( $P>0.05$ ) (Cuadro 2), con una media de 26.8% para el tratamiento uno y 28.0% para el tratamiento dos.

Cuadro 2. Valores promedio de materia seca, proteína cruda y cenizas en la carne de animales tratados con glicerol (600 ml) proporcionando 24 horas previas al sacrificio (tratamiento 1), o sin glicerol (tratamiento 2).

Variable	TRATAMIENTO			P<0.05
	1	2	EEM	TRAT
Materia seca (%)	26.82	28.01	0.18	NS
Proteína (%) <sup>oo</sup>	23.72	23.40	0.15	NS
Cenizas (%) <sup>oo</sup>	3.66	4.00	0.04	*

<sup>oo</sup>Valores en base seca

Tanto los valores promedio de proteína cruda durante el tiempo de vida de anaquel (Cuadro 2), como los observados en los diferentes días no fueron diferentes ( $P>0.05$ ) entre tratamientos, días, o interacción tratamiento x tiempo (Cuadro 3).

El porcentaje de proteína cruda en el tratamiento uno con 600 ml de glicerol, fue de 23.7% a los siete días, 23.5% al día catorce, 23.8% del día veintiuno y finalizó con 23.7% el día veintiocho de vida de anaquel. En el tratamiento dos, sin glicerol, el porcentaje correspondiente al día siete de vida de anaquel fue de 24.0%, 22.9%, para el

día catorce, 23.6% el veintiuno y finalmente 22.9% para el día veintiocho (Figura 14), valores que se encuentran dentro de los porcentajes normales de proteína en carne de res. Respecto a la vida de anaquel no hubo diferencias ( $P>0.05$ ).



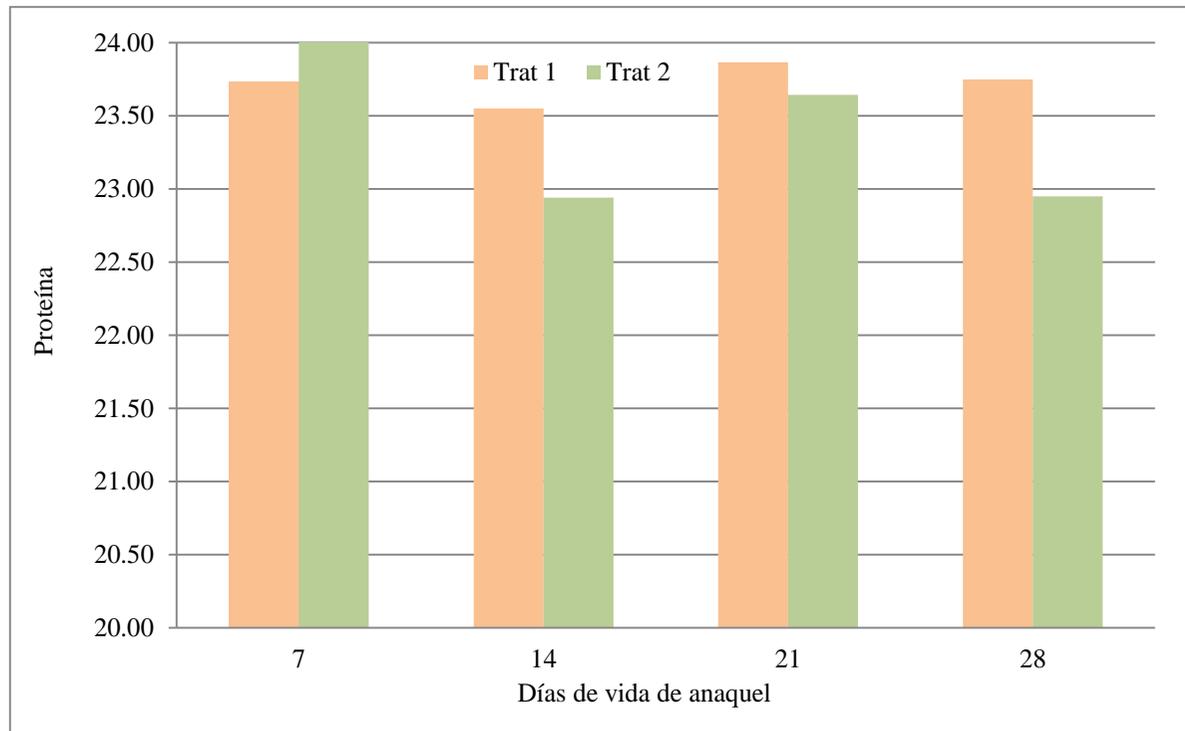


Figura 14. Niveles de proteína entre tratamientos y a través del tiempo de vida de anaquel.

.No se encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de cenizas entre tratamientos (Cuadro 2). Tampoco durante los diferentes tiempos de vida de anaquel entre tratamientos o tiempos, pero sí para tratamiento por tiempo ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 3), observándose valores de 3.49% para el día siete en el tratamiento uno y para el tratamiento dos 4.13%; en el tratamiento uno en el día catorce se registró 3.69% y 3.95% correspondiente al tratamiento dos; en el día veintiuno para el tratamiento uno fue de 3.69% y para el dos fue de 4.04%, finalmente el día veintiocho dentro del tratamiento uno el porcentaje fue de 3.78 y para el dos 3.90 (Figura 15).

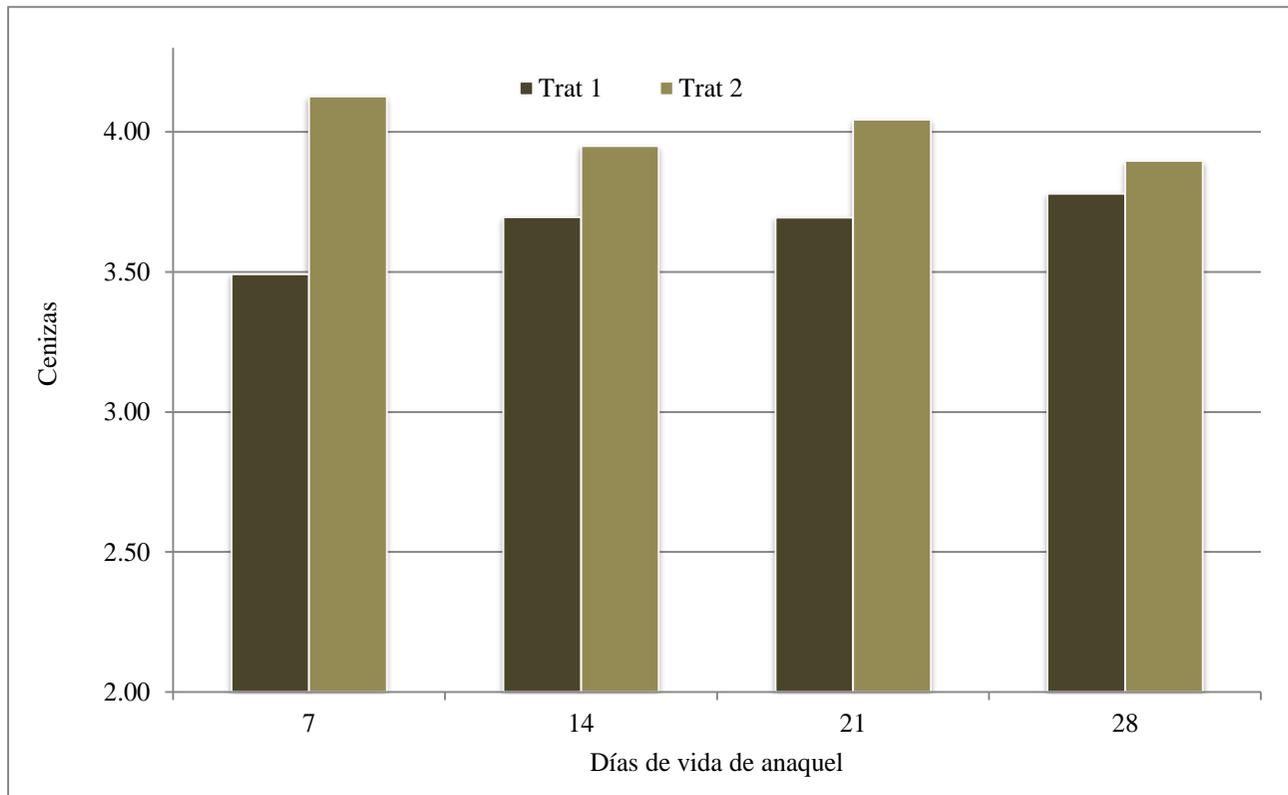


Figura 15. Porcentaje de cenizas de los tratamientos uno y dos durante el tiempo de vida de anaquel.

Cuadro 3. Efecto del tratamiento con glicerol (600 ml) proporcionado 24 h antes del sacrificio, o sin glicerol, en las variables bromatológicas de la carne, por días durante el tiempo de vida de anaquel.

Variables	TIEMPO EN DIAS										P>0.05		
	7		14		21		28		EEM		TRAT	TIEMPO	TRAT*TIEMPO
	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 1	TRAT 2			
<b>Proteína (%)</b>	23.73	24.08	23.55	22.94	23.86	23.64	23.74	22.95	0.28	0.31	NS	NS	NS
<b>Cenizas (%)</b>	3.49	4.12	3.69	3.94	3.69	4.04	3.77	3.89	0.07	0.08	NS	NS	*

Tratamiento 1= con 600 ml de glicerol, tratamiento 2= sin glicerol o sin tratamiento. \* = significativo P<0.05 Significativo, NS: no significativo. Los valores en el cuadro expresan las siguientes variables en porcentajes de: Proteína, Cenizas; \*significativo P<0.05, NS: no significativo. La columna de tratamiento indica que el tratamiento 1= con 600 ml de glicerol; tratamiento 2= testigo.

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1 Temperatura, pH en canal y en carne

En las primeras tres horas después de la matanza, el valor promedio de pH de la canal fue de 6.7 para los tratamientos, con una temperatura promedio de 33°C. A las doce horas post mortem el pH descendió hasta 5.7, con una temperatura de 17°C, finalizando con una temperatura de 1.1°C y 5.6 de pH a las veintisiete horas. A las veinticuatro horas el pH fue de 5.6 y temperatura de 6.1 °C. Estos valores son similares a los encontrados por Amtmann *et al.* (2006) y Warriss (1984), donde a las 24 horas después del sacrificio, observaron en las canales un valor de pH de 5.8. Brown *et al.* (1990), Warriss (1990) e Immonen *et al.* (2000), compararon el pH en animales con y sin descanso previo a la matanza, el cual fue de 5.8 en los animales que tuvieron descanso y 6.0 en los animales que no lo tuvieron, esta medición fue hecha veinticuatro horas antes de la matanza. Lizondo (2000) y Mencarini (2002) registraron valores similares, con un promedio de pH de 5.8 en canales provenientes de animales estresados por el tiempo de transporte y sin descanso antes de la matanza.

El pH se mantuvo en niveles normales durante la transformación de músculo a carne, ya que en ausencia de oxígeno no existen las condiciones para que se lleven a cabo procesos metabólicos aerobios. En estas condiciones, durante la glucólisis, se produce ácido láctico, y este a su vez causa la disminución del pH, hasta que se interrumpen los fenómenos glucolíticos (Goenaga, 2010). Otro factor que contribuye a un descenso del pH en un 10% postmortem, es la hidrólisis del ATP, que incrementa los iones de H<sup>+</sup> en el músculo (Hamm, 1977).

El pH no se vio afectado con la suplementación de glicerol 24 h previas a la matanza, ya que este fue metabolizado rápidamente por los novillos, Immonen *et al.*

(2000) señalan que una forma de prevenir la degradación de glucógeno muscular y la presentación de canales con pH elevado es aumentar el porcentaje de energía en la dieta, recomendando que debiera realizarse dos semanas previas al sacrificio. En este caso los 600 ml de glicerol no aportaron la energía suficiente para generar cambios significativos ( $P>0.05$ ), lo cual pudo deberse a la cantidad de glicerol y a la velocidad en que fue metabolizado por el rumiante, también, pudo deberse a que el glicerol fue suplementado, con un amplio tiempo antes del sacrificio.

El aporte de energía en la dieta de los animales previo a la matanza, podría usarse como una medida para prevenir la presentación de canales con pH elevado, especialmente si los animales son transportados por periodos largos.

En la evaluación de la canal los niveles de pH descendieron, iniciando con el registró a las tres horas en que fue de 6.5 para el tratamiento con glicerol y 6.9 para el tratamiento sin glicerol, finalizando a las veintisiete horas con 5.6 para el tratamiento con glicerol y 5.7 para el tratamiento sin glicerol; esto sugiere que la ausencia de oxígeno en músculo y la conversión de músculo a carne genera la disminución de pH, que a su vez está determinada por la concentración de proteínas, niveles de agua intra y extracelular y los niveles de ácido láctico, resultante de la glucolisis anaerobia (Immonem *et al.*, 2000).

La valoración del pH en las horas post mortem es de gran importancia, ya que el descenso rápido del pH produce carnes con menor capacidad de retención de agua y más duras. Un pH inferior a 6 en los primeros 45 minutos post mortem favorecen la presentación de carnes PSE (pale, soft, exudative). Un pH elevado causa carnes más oscuras con una mayor capacidad de retención de agua, consistencia firme, aspecto seco en la superficie y dificultad para conservarlas, a las que se les denomina carnes DFD (dark, firm, dry) o cortes oscuros (Fischer y Hamm, 1980). En la presente investigación

no se observaron cortes oscuros o carnes DFD en ninguno de los dos tratamientos evaluados.

Referente a la vida de anaquel los valores en el tiempo fueron diferentes ( $P < 0.05$ ), lo que explica un cambio en la utilización de glucógeno y la presencia de ácido láctico, causando que los niveles de pH se modifiquen al pasar el tiempo. Esto es normal ya que al ser materia orgánica tiene una degradación constante y deterioro microbiano (Solis, 2005).

## 7.2 Color de la carne

El color de la carne cruda tuvo una luminosidad normal con un promedio de 37.01 L\*, 15.99 a\* y 5.80 b\* en el día siete, sin que se observaran diferencias entre tratamientos. Los resultados son similares a los obtenidos por Nogales *et al.* (2005), quienes en un estudio con diferentes razas de ganado bovino, encontraron después de la matanza una luminosidad promedio de 32.71 L\*, 11.11 a\* y 6.20 b\*, a las 24 horas después del sacrificio. De la misma forma, Pasachoa (2010) analizó el músculo *Longissimus dorsi* de bovinos Cebú 24 horas posteriores a la matanza, obteniendo 37.14 L\*, 27.42 a\* y 16.15 b\*, en bovinos de 48 meses de edad, observando ligeras diferencias en comparación con el presente estudio, en los gradientes de color rojo y amarillo, lo cual pudo deberse al área de medición, ya que estos autores lo midieron en el músculo *Longissimus dorsi*, y en este estudio se realizó en la zona del costillar.

La degradación de color, se encontró dentro de los parámetros normales. Esto depende de la cantidad y estado químico de las proteínas, hemoglobina, mioglobina y citocromos. Estas proteínas que proporcionan el color a la carne, no fueron modificadas ni mejoradas por la inclusión de glicerol. Los valores obtenidos en esta investigación, así como los observados por Nogales *et al.* (2005) y Pasachoa (2010), mostraron una

oxidación y degradación normal de la mioglobina, donde al perder todo el aporte de energía (ATP) se genera el proceso de glucólisis *post mortem*, dando origen a la producción de ácido láctico, que a su vez genera las diferentes etapas de oxidación de la mioglobina, siendo la deoximioglobina la que confiere el color rojo púrpura, característico de la canal caliente. En el transcurso del tiempo *post mortem*, la oxidación de la mioglobina da origen a la oximioglobina, dando como resultado el color rojo cereza, el cual es el que se busca preservar, por su elevada preferencia por el consumidor. Sin embargo, la carne al estar expuesta al oxígeno continúa oxidándose, presentando la mioglobina la condición de meta mioglobina tomando un color pardo marrón (Goenaga, 2010). El proceso de degradación de la proteína globular mioglobina, es irreversible. Sin embargo si se mantiene en la línea de producción una cadena de frío constante y envasado al vacío, el proceso de oxidación se retrasa.

Con respecto a la vida de anaquel, se observaron diferencias, con niveles de 38.92 L\* en el tratamiento uno y 38.91 L\* en el tratamiento dos en el día siete *post mortem*, finalizando con 35.10 L\* en el tratamiento uno y 35.20 L\* en el tratamiento dos en el día veintiocho de vida de anaquel, observando que con el tiempo la tonalidad fue más oscura. Al estudiar el índice de rojo a\* se encontró que la carne inició en el día siete con valores de 14.36 a\* en el tratamiento uno y 14.15 a\* en el tratamiento dos, finalizando con 16.77 a\* y 16.33 a\* para el tratamiento uno y dos del día veintiocho de vida de anaquel. Esto se debe al nivel de oxigenación de los pigmentos del color, presentando formas de las hemo proteínas que tienen una tonalidad roja brillante (Mancini *et al.*, 2005). Por otra parte, el índice de amarillo b\* tuvo un nivel normal de 6.88 b\*, 5.61 b\*, 6.03 b\* y 4.69 b\*, a los días siete, catorce, veintiuno y veintiocho de vida de anaquel en el tratamiento uno y para el tratamiento dos fue de 6.2 b\*, 5.2 b\*, 5.3 b\* y 4.6 b\*, en los días mencionados. Estos valores son similares a los obtenidos por

Nogales *et al.* (2005) donde los niveles de amarillo oscilaron de 6.20 b\* a 5.38 b\*, en ganado estabulado y en pastoreo. Kerth *et al.* (2007) observaron indican que los animales en pastoreo presentan en la carne gran cantidad de  $\beta$ -carotenos, mostrando carnes más amarillas, en comparación con los animales criados en sistemas intensivos.

Los gradientes de color L\* a\* b\*, fueron diferentes a través del tiempo, debido a cambios en las características de la carne, como pH y cantidad de agua retenida, lo que reduce los gradientes de color y luminosidad.

### **7.3 Capacidad de retención de agua en carne cruda (CRA)**

No se observaron diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos, ni en tratamientos por tiempo ( $P<0.05$ ), sin embargo a través del tiempo sí fue significativo. Lindon *et al.* (2011), reportan 16% de CRA, en un estudio de calidad de carne de bovinos bajo un sistema de crianza extensiva, estos porcentajes son similares a los obtenidos en esta investigación, al igual a los registrados por Panea *et al.* (2010) y Onega *et al.* (2003), quienes encontraron valores de 22% y 18% respectivamente, en animales en pastoreo. Los resultados obtenidos en este estudio indican que el glicerol no tuvo ningún efecto en la capacidad de retención de agua.

El CRA es la propiedad de la carne para conservar el agua, cuando se somete a factores como corte y presión. Un alto CRA de la carne mantiene la jugosidad y mejora el rendimiento al ser procesada (López y Casp, 2004). La CRA puede verse afectada por los niveles de pH *post mortem*, pérdida de ATP y por cambios de la estructura miofibrilar que se asocia a la actividad proteolítica (Young *et al.*, 2004). Las diferencias encontradas en la CRA a través del tiempo, pudo deberse al deterioro de las proteínas y a los niveles de pH, que con el paso del tiempo resultan afectados por el glucógeno transformado a ácido láctico y la reducción de ATP.

#### 7.4 Textura en carne cruda

Los valores de textura en la carne cruda tuvieron un promedio de 2.1 kg/cm<sup>2</sup> en la carne tratada con glicerol y 1.8 kg/cm<sup>2</sup> en carne sin glicerol, en los diferentes tiempos, lo cual no mostró diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos ni en tratamiento por tiempo. Estos promedios de textura son similares a los obtenidos por Lindon (2011) ganado bovino bajo manejo extensivo quien obtuvo un promedio de 1.8 kg/cm<sup>2</sup>. En novillos finalizados en pastoreo, se reportaron rangos promedio de 1.9 a 2.88 kg/cm<sup>2</sup> (Contreras, 2005; Monsón *et al.*, 2005; Koger *et al.*, 2010), lo que sugiere que la textura observada en este estudio, que es indicador de terneza, está dentro de parámetros aceptables para carne de ganado bovino. La textura está influenciada por la edad, sexo, peso y raza del animal y el estrés *ante mortem*, (Muchenje *et al.*, 2009). Los altos valores de textura están relacionados con la actividad de la calpastatina, la baja grasa intramuscular, la fragmentación miofibrilar, los niveles de colágeno o la combinación de estos factores (Kannan *et al.*, 2006; Nakamura *et al.*, 2010; Duarte *et al.*, 2011). Según la clasificación de Warner Bratzler y los valores obtenidos por Schakelford. *et al.* (1997), Tatum *et al.* (1996) y Huerta-Leindenz *et al.* (1998), los valores obtenidos en este estudio, se encuentran en el rango de carne tierna.

No se observaron diferencias en textura durante la vida de anaquel entre tratamientos, pero si en el tiempo, donde la fuerza al corte en los días analizados fue cambiando, iniciando con 1.8 kg/cm<sup>2</sup> para el tratamiento uno y dos, en el día siete, lo mismo para el día catorce, pero en el día veintiuno mostró un 2.1 y 2.0 kg/cm<sup>2</sup> en los tratamientos uno y dos, finalizando con 1.9 kg/cm<sup>2</sup> para el tratamiento uno y 1.7 kg/cm<sup>2</sup> para el tratamiento dos, esto en el día veintiocho de vida de anaquel. Estos valores indican que con el paso del tiempo la degradación de las propiedades físico-químicas se

ven afectadas, habiendo reducción de energía (ATP), diferentes niveles de pH aumento de ácido láctico, bajo porcentaje de retención de agua y degradación proteolítica (Young *et al.*, 2004).

### **7.5 Análisis bromatológico de la carne**

No se observaron diferencias en el porcentaje de materia seca ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos, la cual fue de 26.82 % en el tratamiento uno y 28.01% en el tratamiento dos. Autores como Van Koevering *et al.* (1995), reportaron 26.7% de materia seca, en muestras de *Longissimus dorsi* en un estudio sobre calidad de carne, Keith *et al.*, (1985) y Esquivel (1994), al evaluar carne de res, obtuvieron 28.5% de materia seca, los porcentajes obtenidos en esta investigación son similares a los observados por estos autores. El uso de glicerol no afectó el contenido de materia seca.

Estas cantidades se encuentran dentro del promedio de 20 a 24% de proteína cruda para la carne bovina, reportado por otros autores, (Forrest *et al.*, 1979; Lawrie, 1992; Fenemma, 1996; Wahrmund-Wyle *et al.*, 2000; Aberle *et al.*, 2001; Torres, 2013). El porcentaje de proteína cruda entre tratamientos, por tiempo y entre tratamiento por tiempo no mostró diferencias ( $P > 0.05$ ), lo que indica que la presencia o ausencia de glicerol no causó cambios, ni tampoco el lugar de donde se tomó la muestra para determinarla, ya que también fue similar al porcentaje de proteína cruda de carne proveniente de *Longissimus thoracis*, en diversas razas de ganado bovino estudiadas por Franco, (2010), con un promedio de 20.51% de proteína.

El porcentaje de cenizas en la carne de 3.66% en el tratamiento uno, 3.99% en el tratamiento dos, fue elevado al compararlo con los resultados obtenidos por otros autores como González (2011) quienes obtuvieron valores de 0.89% a 1.24%; Moloney *et al.*, (2008) y French *et al.*, (2000) reportaron 1.25% en animales en pastoreo, y Sami

*et al.*, (2004) y Montero *et al.*, (2010), reportaron 1.10 %. La diferencia en los porcentajes observados en este estudio y los antes citados, pudo deberse al contenido de minerales en el agua que se da a los animales, que es elevado en la zona donde se localiza el corral de engorda, donde abundan minerales como el calcio, magnesio y potasio (Vieyra, *et al.*, 2012).

## **8. CONCLUSIONES**

Las evaluaciones organolépticas y bromatológicas mostraron resultados que se encuentran dentro de los parámetros de buena calidad sensorial y química en los dos tratamientos. La vida de anaquel de la carne de bovinos tratados con glicerol 24 h antes del sacrificio fue similar a la de los animales que no recibieron glicerol, observando que sí hubo cambios en las propiedades físicas y químicas, pero debido al tiempo transcurrido, sin que la inclusión del glicerol las afectara. Los resultados obtenidos sugieren que la administración de glicerol 24 h antes del sacrificio no mejoró la calidad de la carne, ni la vida de anaquel del producto.

## 9. LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of the association of Official Agricultural Chemists. 17<sup>th</sup> Edition Published by the Association of Official Agricultural chemists. M.D. USA. 1, 500.
- A.O.A.C. 2005. Official Methods of Analysis of the association of Official Agricultural Chemists. Published by the Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.
- Aberle, E. D. , J. C. Forrest, D. E. Gerrard, E. W. Mills, H. B. Hedrick, M. D. Judge y R. A. Merkel. 2001. Principles of meat science. Fourth Edition. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Aktas N. y Kaya, M. 2001. The influence of marinating with organic acids and salts on the intramuscular connective tissue and sensory properties of beef. European Journal of Food Research and Technology 213:88-94.
- Alarcón-Rojo, A.D., Janacua-Vidales, H. 2010. Alteración de las reacciones enzimáticas *post-mortem* en carnes PSE y DFD. En: Bienestar Animal y Calidad de la Carne. (Eds.) Mota-Rojas, D. Guerrero- Legarreta, I. y Trujillo-Ortega, M.E. Editorial BM Editores, México. Pp: 287-299.
- Amtmann, V. Gallo, C. G van Schaik, Tadich, N. 2006. Relaciones entre el manejo antemortem, variables sanguíneas indicadoras de estrés y pH dela canal en novillos. Archivos de Medicina Veterinaria, Vol, Núm 3, pp 259-264.
- Andujar, G., D. Pérez y O. Venegas. 2009. Los cambios post mortem y la transformación del músculo en carne. En: Química y bioquímica de la carne y productos cárnicos. Instituto de Investigaciones para la industria alimentaria. Editorial Universitaria. La Habana, Cuba. 125 p.

- Anzueto, R. 2012. Estimación de vida útil de alimentos. Food & Beverage Technology Summit 2012. Osmosis. San Salvador.
- Bailey, A. J. 1972. The basis of meat texture. J. Science Food and Agriculture, 23. 995 – 1007.
- Beriain, M. J., Horcada, A., Purroy, A., Lizaso, G., Chasco, J., & Mendizabal, J. A. 2000. Characteristics of Lacha and Rasa Aragonesa lambs slaughtered at three live weights. Journal of Animal Science, 78(12), 3070-3077.
- Bodwell, C. E., A. M. Pearson, and M. E. Spooner. 1965. Post mortem changes in muscle. I. Chemical changes in beef. J. Food Sci. 30: 766-780.
- Brown S, E Beavis, P Warris. 1990. An estimate of the incidence of dark cutting beef in the United Kingdom. Meat Sci 27, 249-258.
- Cirio, A.; Tebot, I. /Digestión y Absorción de Lípidos en el Rumiante y La Neoglucogénesis en el Rumiante en: Fisiología Metabólica de los Rumiantes, Departamento de Fisiología, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay, año 96.
- Contreras, S. 2005. Efecto de la suplementación de cereales y afrecho de soya en la engorda de novillos sobre las características de canal y calidad de carne. Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, 67p.
- Crouse, J. D., Koohmaraie, M. y Dickson, J. S. 1991 Storage and bacterial contamination effects on myofibrillar proteins and shear force of beef. Journal of Food, Science 56: 903-905.
- Duarte M. Paulino P. Fonseca M. Diniz L. Cavali J. Seroa N. Gomide L. 2011. Influence of dental carcass maturity on carcass traits and meat quality of Nellore Bulls. Meat Sci 88: 441-446.

- FAO, 2013. Departamento de Agricultura y protección del Consumidor, Producción y Sanidad Animal. Carne y Productos Cárnicos. [Consultado Septiembre, 23]. <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html>.
- Fennema, D. R. 1996. Food Chemistry. 3<sup>th</sup> Ed. Marcel Dekker Inc. New York.
- Figueroa, M. Muñoz, D. Gallo, C. 2001. Insensibilización del ganado bovino en Chile. Boletín Veterinario Oficial. Sanidad y Bienestar Animal e Inocuidad de los Alimentos . División de Protección Pecuaria.
- Financiera Rural, 2012. Monografía de Carne de Bovino. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. [Consultado Octubre, 18]. [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaCarneBovino\(feb2012\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaCarneBovino(feb2012).pdf)
- Fischer, C. Hamm, R. 1980. Biochemical studies on fast glycolysing bovine muscle. Meat Science, Volume 4, Issue 1, Pages 41-49
- Forrest, J. C., E. D. Aberle, H. D. Hedrich, M. D. Hudge, and R. A. Merkel. 2001. Fundamentos de la ciencias de la carne 2da Ed. Zaragoza, España. 365 p.
- Forrest, J.C. 1979. Fundamentos de ciencia de la carne. Ed. Acribia, Zaragoza, España
- Franco, D., Fernández, M., Justo, J.R., Lorenzo, J.M., González, L., Rivero, C.J., Lama, J., García-Fontán, M.C., Bispo, E., Carracedo, S. & Moreno, T. 2010. Meat characterization of four endangered Galician cattle breeds. 56th International Congress of Meat Science and Technology, 15-20 Agosto, Jeju (Korea).
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., & Moloney, A. P. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic 60 acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. Journal of Animal Science, 78, 2849-2855.

- Gallo C. 2003. Jornada de Actualización Técnica sobre Bienestar Animal, Montevideo, Uruguay. Instituto de Ciencia y Tecnología de Carnes de Facultad Austral de Chile. Revista Americarne & FIFRA.
- Gallo, C. N. Tadich. 2008. Bienestar animal y calidad de carne durante los manejos previos al faenamiento en bovinos. Revista electrónica de veterinaria. Pp. 1695-7504.
- Galvani, F. 2007 Alimentación de bovinos con sub-productos de la industria del biodiesel. Área de nutrición y alimentación animal. Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Veterinarias.
- Garriz, C. 2001. Calidad organoléptica de la carne vacuna influencia de factores biológicos y tecnológicos. Disertación jornada ganadería vacuna, Fac. Agr. y Vet. UNRC 23 de mayo 2001.
- Goenaga, I. 2010. Estabilidad del color de la carne de ternera. Escuela Superior de ingenieros agrónomos. Universidad pública de Navarra.
- González, R. M., Franco, D., Fernandez, M., Justo, J.R., Moreno, T., Lama, J., Lorenzo, J. M. Rivero C. J. 2011. Calidad de la carne de raza bovina frieiresa. Actas Iberoamericanas de conservación animal. Pp.222-225.
- Guerrero. L. I., Ponce, A. E. , y M. L. Perez. 2002. Curso práctico de tecnología de carnes y pescado. Universidad Metropolitana Unidad Iztapalapa, D. F. México. 171p.
- Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hidrattation. Adv. Food Res. 10, 355-365.
- Hernández Cázares, As. 2010. Control de calidad y seguridad de la carne y productos cárnicos curados mediante el uso de sensores enzimáticos. Toldrá Vilardell, F. dir. ; Aristoy Albert, MC.

- Honikel. 1997. Reference methods supported by OECD and the use in mediterranean meat products. *Food Chemistry*, 59, 573-582.
- Huerta-Leidenz, N., Rodas-González, A. 1998. El ganado doble propósito. Carne para consumidores exigentes. Mejora de la Ganadería Mestiza de Doble Propósito. C. Gonzalez- Stagnaro.
- Hui, Y. H., I. Guerrero y M. Rosmini. 2006. *Ciencia y Tecnología de Carnes*. 1ra Ed. México, D. F. 634 p.
- Immonen C, M Ruusunen, K Hissa, E Puolanne. 2000. Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Sci.* 55, 25-31.
- Kerth, C.R., Braden, K.W., Cox, R., Kerth, L.K. and Rankins, Jr., D.L. 2007. Carcass, sensory, fat color, and consumer acceptance characteristics of Angus-cross steers finished on ryegrass (*Lolium multiflorum*) forage or on a highconcentrate diet. *Meat Sci.*, 75, 324-331.
- Lawrie, R. 1992. Conversion of muscle into meat: biochemistry. En: Ledward, D., Johnson, D. and Knight, M. *The Chemistry of Muscle-Based Foods.*, p. 43-61. Eds. Backie Academic and Professional. New York. 43-61.
- Lawrie, R. A. 1985. *Meat Science*. Pergamon Press, p'p. 92-107, Oxford.
- Lawrie, R.A. 1991. *Meat science*. 5ta edition. Pergamon Press, Oxford.
- Lefaucheur, L. y Gerrard, D. 1998. Muscle fiber plasticity in farm mammals. En: *Proceedings of the American Society of Animal Science. Muscle Ultrastructure, Development and Fiber Plasticity*, E-2, pp. 1-19.
- Lindon, W. Mamani, L. Gallo, C. 2011. Composición química y calidad instrumental de carne de bovino, llama (*Lama glama*) y caballo bajo un sistema de crianza extensiva. *Rev. Inv. Vet. Perú*; 22, 301-311.

- Lizardo Guiomar, J. Salomó, Joaquim Brufau, E. Esteve Albéitar. 2007. Balance electrolítico del pienso y su efecto sobre los resultados productivos en lechones: publicación veterinaria independiente, N°. 108. Pp 64-65.
- Lizondo G. 2000. Efectos de diferentes tiempos de transporte y ayuno sobre las pérdidas de peso y características de la canal en novillos primavera-verano. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile.
- Lockhart, R. D. 1972. Anatomy of muscles and their relationship to movement and posture. En: The structure and function of muscle. Ed. Bourne, G. H. 2 ed. Academic Press, New York, vol. 1 p 1.
- López, R. V., y A. V. Casp. 2004. Tecnología de los mataderos. 1era Ed. México, D. F. 430p.
- Mancini, R.A. and Hunt, M.C. 2005. Review: Current research in meat color. *Meat Sci.*, 71, 100-121.
- Mencarini I. 2002. Efecto de dos densidades de carga y dos tiempos de transporte sobre el contenido de glucógeno hepático y muscular, pH y color de la carne en bovinos. Memoria de Titulación, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile
- Moberg, G. P. 2000. Biological response to stress: Implications for Animal Welfare. *The biology of animal stress: basic principles and implications to welfare*. Eds.: Moberg, G.P.Mench, J.A. CAB International, Wallingford, Oxon, UK: 1-21.
- Moloney, A., Keane M., Dunne P., Mooney M., Troy D. 2008. Effect of concentrate feeding pattern in a grass silage/concentrate beef finishing system on performance, selected carcass and meat quality characteristics. *Meat science*.
- Montero Lagunes, M., Juárez Lagunes, I., García Galindo, H. S. 2010. Seleccionar todos Perfil de ácidos grasos en carne de toretes Europeo x Cebú finalizados en

pastoreo y en corral Acceso al texto completo de la revista Fondos de esta revista en CISNE. Catálogo de la Biblioteca Complutense de Madrid.

- Nogales, S. Bressan, M. Vaz, A. Delgado, J. Camacho, M. 2005. Estudio físico-químico de la carne de la raza bovina marismeña en diferentes sistemas de terminación. Archivos de Zootecnia. Pp 60, 2011.
- Onega, P. Ruiz, H. 2003. Evaluación de la calidad de carnes frescas: aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales. Departamento de nutrición y bromatología III, Universidad Complutense de Madrid.
- Panea, B. Sañudo, C. Olleta, J. Sierra, I. 2010. Caracterización de la canal y la carne de la raza bovina Menorquina. Archivos de zootecnia, 59 , 467-470.
- Pasachoa, J. 2010. Comportamiento de carne bovina madurada empacada en condiciones de atmosfera modificada procedente de ganado de dos edades. Universidad Nacional de Colombia. Ciencia y Tecnología de Alimentos. pp 21.
- Person, A. M. y Young, R. B. 1989. Composition and Structure Cap. 1 y Skeletal Muscle fiber types Cap. 9 En: Muscle and meat Biochemistry. Academic Press, London. Pp 235-265.
- Rivier, C.; Rivest, S. 1991. Effect of stress on the activity of hypothalamic-pituitary-gonadal axi: peripheral and central mechanisms. *Biology of reproduction*, 45: 523-532.
- Rodríguez, Ma. Isabel. 2007. Efecto de la diferencia electrolítica de la dieta sobre la homeostasis ácido-base y el metabolismo ósea en perros beagle. Facultad de veterinaria, universidad de Santiago, Compostela.
- Sami, A. S., Augustini, C., Schwarz, F. J. 2004. Effects of feeding intensity and time on feed on performance, carcass characteristics and meat quality of Simmental bulls. *Meat science*, 67, 95-201.

- Schakelford, S. D., Wheeler, T. L., Koohmaraie, M. 1997. 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 (9), 2417-2422.
- SIAP-SAGARPA, 2012. Financiera Rural. Monografía de Carne de Bovino. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. [Consultado octubre 30] [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaCarneBovino\(feb2012\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaCarneBovino(feb2012).pdf)
- Solís, R. 2005. Manual de prácticas de tecnología de carnes. Departamento académico de ciencia y tecnología de alimentos, Facultad de ingeniería en industrias alimentarias. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Tatum, J. D., Gree, R. D., O'Connor, S. F., and Smith, G. C. 1996. Puntos críticos de control genético para mejorar la ternura en carne de res de cruces de bovinos tolerantes al calor. In *Ganado Brahman en el umbral del Siglo XXI. Memorias del Octavo Congreso Mundial de la Raza Brahman*. Ed. Astro Data, SA Maracaibo, Venezuela.
- Tomberg, E. 1996, Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science* 43: 175-191.
- Torres, A. 2013. Composición química y calidad de la carne de bovino en diferentes sistemas de alimentación del estado de Puebla. Colegio de Postgraduados, campus Puebla. Pp 47.
- U.S. Meat Export Federation. 2014. *Puttin U.S. Meat on the World's Table. Calidad y Seguridad en la Carne*. [www.usmef.org.mx/USmeat2/Paginas/inicio.php?accion=consumidor\\_safety\\_and\\_quality#Marmoleo](http://www.usmef.org.mx/USmeat2/Paginas/inicio.php?accion=consumidor_safety_and_quality#Marmoleo). Consultado: Febrero 2014.

- Valin, C. Touraille, C. Vigneron, P. Ashmore, C. R. 1982. Prediction of lamb meat quality traits based on muscle biopsy fibre typing. *Meat Science*, 6, 257-263.
- Wahmund-Wyle, J. L., K. B. Harris y J. W. Savell. 2000. Beef retail cut composition: 2. Proximate Analysis. *Journal of Food Composition and Analysis* 13: 243-251.
- Warriss PD. 1984. The behaviour and blood profile of bulls which produce dark cutting meat. *J. Sci Food Agric* 35, 863-868. Warriss PD. 1990. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Appl. Anim. Beh. Sci.* 28, 171-186.
- Warriss, P.D. 1990. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied animal behaviour science* 28, 171-186.
- Young, J. Karlsson, A. Henckel, P. 2004. Water-holding capacity in chicken breast muscle is enhanced by pyruvate and reduced by creatine supplements. *Poultry Science*, 83, 400-405.

## 10. ANEXOS

### Tablas de variable L\*, luminosidad

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	DF	Num DF	Den F-Valor	Pr > F
TRAT	1	40	0.47	0.4967
TIME	3	120	10.36	<.0001
TRAT*TIME	3	120	0.85	0.4699

### Least Squares Means

Error

Effect	TRAT	TIME	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr >  t
TRAT	1		37.4817	0.5387	40	69.58	<.0001
TRAT	2		36.9324	0.5927	40	62.31	<.0001
TIME		1	38.9227	0.5771	120	67.45	<.0001
TIME		2	37.2667	0.5771	120	64.58	<.0001
TIME		3	37.4669	0.5771	120	64.93	<.0001
TIME		4	35.1719	0.5771	120	60.95	<.0001
TRAT*TIME	1	1	38.9289	0.7763	120	50.15	<.0001
TRAT*TIME	1	2	38.1701	0.7763	120	49.17	<.0001
TRAT*TIME	1	3	37.7256	0.7763	120	48.60	<.0001
TRAT*TIME	1	4	35.1024	0.7763	120	45.22	<.0001
TRAT*TIME	2	1	38.9166	0.8541	120	45.57	<.0001
TRAT*TIME	2	2	36.3634	0.8541	120	42.58	<.0001
TRAT*TIME	2	3	37.2082	0.8541	120	43.57	<.0001
TRAT*TIME	2	4	35.2414	0.8541	120	41.26	<.0001

### Tablas de variable a\*, niveles de rojo

Type 3 Tests of Fixed Effects

Num Den

Effect	DF	DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	40	0.69	0.4125
TIME	3	120	16.05	<.0001
TRAT*TIME	3	120	0.06	0.9801

### Least Squares Means

Error

Effect	TRAT	TIME	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr >  t
TRAT	1		15.9966	0.2405	40	66.50	<.0001
TRAT	2		15.7005	0.2646	40	59.33	<.0001
TIME		1	14.2588	0.3432	120	41.55	<.0001
TIME		2	17.3131	0.3432	120	50.45	<.0001
TIME		3	15.2676	0.3432	120	44.49	<.0001
TIME		4	16.5547	0.3432	120	48.24	<.0001
TRAT*TIME	1	1	14.3608	0.4616	120	31.11	<.0001
TRAT*TIME	1	2	17.5283	0.4616	120	37.97	<.0001
TRAT*TIME	1	3	15.3210	0.4616	120	33.19	<.0001
TRAT*TIME	1	4	16.7764	0.4616	120	36.34	<.0001
TRAT*TIME	2	1	14.1567	0.5079	120	27.87	<.0001
TRAT*TIME	2	2	17.0979	0.5079	120	33.66	<.0001
TRAT*TIME	2	3	15.2143	0.5079	120	29.95	<.0001
TRAT*TIME	2	4	16.3329	0.5079	120	32.16	<.0001

**Tablas de variable b\*, niveles de amarillo**

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	40	1.06	0.3102
TIME	3	120	14.90	<.0001
TRAT*TIME	3	120	0.42	0.7408

Least Squares Means

		Error					
Effect	TRAT	TIME	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr >  t
TRAT	1		5.8065	0.1790	40	32.44	<.0001
TRAT	2		5.5329	0.1969	40	28.09	<.0001
TIME		1	6.5840	0.2246	120	29.32	<.0001
TIME		2	5.4119	0.2246	120	24.10	<.0001
TIME		3	5.9867	0.2246	120	26.66	<.0001
TIME		4	4.6962	0.2246	120	20.91	<.0001
TRAT*TIME	1	1	6.8801	0.3021	120	22.78	<.0001
TRAT*TIME	1	2	5.6102	0.3021	120	18.57	<.0001
TRAT*TIME	1	3	6.0363	0.3021	120	19.98	<.0001
TRAT*TIME	1	4	4.6993	0.3021	120	15.56	<.0001
TRAT*TIME	2	1	6.2878	0.3324	120	18.92	<.0001
TRAT*TIME	2	2	5.2137	0.3324	120	15.69	<.0001
TRAT*TIME	2	3	5.9371	0.3324	120	17.86	<.0001
TRAT*TIME	2	4	4.6931	0.3324	120	14.12	<.0001

**Resultados de textura**

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	40	1.58	0.2159
TIME	3	120	3.03	0.0322
TRAT*TIME	3	120	0.70	0.5527

Least Squares Means

		Error					
Effect	TRAT	TIME	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr >  t
TRAT	1		1963.63	48.8688	40	40.18	<.0001
TRAT	2		1872.28	53.7674	40	34.82	<.0001
TIME		1	1877.05	67.1608	120	27.95	<.0001
TIME		2	1870.70	67.1608	120	27.85	<.0001
TIME		3	2086.24	67.1608	120	31.06	<.0001
TIME		4	1837.83	67.1608	120	27.36	<.0001
TRAT*TIME	1	1	1892.57	90.3437	120	20.95	<.0001
TRAT*TIME	1	2	1889.75	90.3437	120	20.92	<.0001
TRAT*TIME	1	3	2106.78	90.3437	120	23.32	<.0001
TRAT*TIME	1	4	1965.41	90.3437	120	21.75	<.0001
TRAT*TIME	2	1	1861.53	99.3997	120	18.73	<.0001
TRAT*TIME	2	2	1851.64	99.3997	120	18.63	<.0001
TRAT*TIME	2	3	2065.71	99.3997	120	20.78	<.0001
TRAT*TIME	2	4	1710.24	99.3997	120	17.21	<.0001

### Resultados de capacidad de retención de agua

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	40	0.39	0.5358
TIME	3	120	4.00	0.0094
TRAT*TIME	3	120	1.26	0.2919

Least Squares Means

Effect	TRAT	TIME	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr >  t
TRAT	1		8.2038	0.05329	40	153.94	<.0001
TRAT	2		8.2533	0.05863	40	140.76	<.0001
TIME		1	8.2800	0.08223	120	100.69	<.0001
TIME		2	8.4416	0.08223	120	102.65	<.0001
TIME		3	8.0987	0.08223	120	98.48	<.0001
TIME		4	8.0938	0.08223	120	98.42	<.0001
TRAT*TIME	1	1	8.2022	0.1106	120	74.15	<.0001
TRAT*TIME	1	2	8.3674	0.1106	120	75.64	<.0001
TRAT*TIME	1	3	8.0370	0.1106	120	72.65	<.0001
TRAT*TIME	1	4	8.2087	0.1106	120	74.21	<.0001
TRAT*TIME	2	1	8.3579	0.1217	120	68.67	<.0001
TRAT*TIME	2	2	8.5158	0.1217	120	69.97	<.0001
TRAT*TIME	2	3	8.1605	0.1217	120	67.05	<.0001
TRAT*TIME	2	4	7.9789	0.1217	120	65.56	<.0001

### Resultados de pH en muestras

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	40	1.38	0.2469
TIME	3	120	2.87	0.0393
TRAT*TIME	3	120	0.21	0.8907

Least Squares Means

Effect	TRAT	TIME	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr >  t
TRAT	1		5.6245	0.01761	40	319.36	<.0001
TRAT	2		5.5937	0.01938	40	288.68	<.0001
TIME		1	5.6436	0.02036	120	277.14	<.0001
TIME		2	5.5888	0.02036	120	274.44	<.0001
TIME		3	5.5786	0.02036	120	273.95	<.0001
TIME		4	5.6253	0.02036	120	276.24	<.0001
TRAT*TIME	1	1	5.6709	0.02739	120	207.02	<.0001
TRAT*TIME	1	2	5.5991	0.02739	120	204.40	<.0001
TRAT*TIME	1	3	5.5930	0.02739	120	204.18	<.0001
TRAT*TIME	1	4	5.6348	0.02739	120	205.70	<.0001
TRAT*TIME	2	1	5.6163	0.03014	120	186.35	<.0001
TRAT*TIME	2	2	5.5784	0.03014	120	185.09	<.0001
TRAT*TIME	2	3	5.5642	0.03014	120	184.62	<.0001
TRAT*TIME	2	4	5.6158	0.03014	120	186.33	<.0001

**Resultados de °C de la canal**

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	40	0.03	0.8616
TIME	8	320	437.57	<.0001
TRAT*TIME	8	320	0.14	0.9970

Least Squares Means

Error

Effect	TRAT	TIME	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr >  t
TRAT	1		14.4214	0.7236	40	19.93	<.0001
TRAT	2		14.6102	0.7961	40	18.35	<.0001
TIME		1	32.9765	0.6870	320	48.00	<.0001
TIME		2	20.5756	0.6870	320	29.95	<.0001
TIME		3	20.0272	0.6870	320	29.15	<.0001
TIME		4	17.3669	0.6870	320	25.28	<.0001
TIME		5	13.5979	0.6870	320	19.79	<.0001
TIME		6	10.2559	0.6870	320	14.93	<.0001
TIME		7	8.5633	0.6870	320	12.46	<.0001
TIME		8	6.1149	0.6870	320	8.90	<.0001
TIME		9	1.1635	0.6870	320	1.69	0.0913
TRAT*TIME	1	1	33.0478	0.9242	320	35.76	<.0001
TRAT*TIME	1	2	20.8565	0.9242	320	22.57	<.0001
TRAT*TIME	1	3	19.9487	0.9242	320	21.59	<.0001
TRAT*TIME	1	4	17.1391	0.9242	320	18.55	<.0001
TRAT*TIME	1	5	13.3522	0.9242	320	14.45	<.0001
TRAT*TIME	1	6	10.0435	0.9242	320	10.87	<.0001
TRAT*TIME	1	7	8.4739	0.9242	320	9.17	<.0001
TRAT*TIME	1	8	5.9087	0.9242	320	6.39	<.0001

**Resultados de pH en canal**

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	40	4.65	0.0371
TIME	8	320	46.26	<.0001
TRAT*TIME	8	320	3.96	0.0002

Least Squares Means

Error

Effect	TRAT	TIME	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr >  t
TRAT	1		5.5964	0.07917	40	70.69	<.0001
TRAT	2		5.8504	0.08711	40	67.16	<.0001
TIME		1	6.7146	0.1016	320	66.10	<.0001
TIME		2	6.2439	0.1016	320	61.47	<.0001
TIME		3	4.4700	0.1016	320	44.01	<.0001
TIME		4	5.7910	0.1016	320	57.01	<.0001
TIME		5	5.6538	0.1016	320	55.66	<.0001
TIME		6	5.6398	0.1016	320	55.52	<.0001
TIME		7	5.6852	0.1016	320	55.97	<.0001
TIME		8	5.6204	0.1016	320	55.33	<.0001
TIME		9	5.6917	0.1016	320	56.03	<.0001
TRAT*TIME	1	1	6.5265	0.1366	320	47.76	<.0001
TRAT*TIME	1	2	6.0730	0.1366	320	44.45	<.0001
TRAT*TIME	1	3	3.9096	0.1366	320	28.61	<.0001
TRAT*TIME	1	4	5.7226	0.1366	320	41.88	<.0001

TRAT*TIME	1	5	5.6361	0.1366	320	41.25	<.0001
TRAT*TIME	1	6	5.5848	0.1366	320	40.87	<.0001
TRAT*TIME	1	7	5.6652	0.1366	320	41.46	<.0001
TRAT*TIME	1	8	5.5965	0.1366	320	40.96	<.0001

**Analisis bromatologicos  
Resultados proteína en carne seca**

**Type 3 Tests of Fixed Effects**

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRAT	1	40	1.95	0.1699
TIME	3	120	2.35	0.0755
TRAT*TIME	3	120	1.50	0.2177

**Differences of Least Squares Means**

Effect	TRAT	TIME	_TRAT	_TIME	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t	Adjustment	Adj P
TRAT	1		2		0.3202	0.2291	40	1.40	0.1699	Tukey-Kramer	0.1699
TIME		1		2	0.6640	0.2928	120	2.27	0.0251	Tukey-Kramer	0.1114
TIME		1		3	0.1559	0.2928	120	0.53	0.5954	Tukey-Kramer	0.9510
TIME		1		4	0.5597	0.2928	120	1.91	0.0583	Tukey-Kramer	0.2285
TIME		2		3	-0.5081	0.2928	120	-1.74	0.0852	Tukey-Kramer	0.3099
TIME		2		4	-0.1043	0.2928	120	-0.36	0.7224	Tukey-Kramer	0.9844
TIME		3		4	0.4039	0.2928	120	1.38	0.1703	Tukey-Kramer	0.5146
TRAT*TIME	1	1	1	2	0.1843	0.3938	120	0.47	0.6407	Tukey-Kramer	0.9998
TRAT*TIME	1	1	1	3	-0.1301	0.3938	120	-0.33	0.7416	Tukey-Kramer	1.0000
TRAT*TIME	1	1	1	4	-0.01495	0.3938	120	-0.04	0.9698	Tukey-Kramer	1.0000
TRAT*TIME	1	1	2	1	-0.3500	0.4255	120	-0.82	0.4123	Tukey-Kramer	0.9915
TRAT*TIME	1	1	2	2	0.7937	0.4255	120	1.87	0.0646	Tukey-Kramer	0.5772
TRAT*TIME	1	1	2	3	0.09186	0.4255	120	0.22	0.8294	Tukey-Kramer	1.0000
TRAT*TIME	1	1	2	4	0.7844	0.4255	120	1.84	0.0677	Tukey-Kramer	0.5919

**Differences of Least Squares Means**

Effect	TRAT	TIME	_TRAT	_TIME	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t	Adjustment	Adj P
TRAT*TIME	1	2	1	3	-0.3144	0.3938	12 0	-0.80	0.426 2	Tukey-Kramer	0.992 9
TRAT*TIME	1	2	1	4	-0.1992	0.3938	12 0	-0.51	0.613 8	Tukey-Kramer	0.999 6
TRAT*TIME	1	2	2	1	-0.5343	0.4255	12 0	-1.26	0.211 6	Tukey-Kramer	0.912 9
TRAT*TIME	1	2	2	2	0.6094	0.4255	12 0	1.43	0.154 7	Tukey-Kramer	0.840 5
TRAT*TIME	1	2	2	3	-0.09243	0.4255	12 0	-0.22	0.828 4	Tukey-Kramer	1.000 0
TRAT*TIME	1	2	2	4	0.6001	0.4255	12 0	1.41	0.161 0	Tukey-Kramer	0.850 8
TRAT*TIME	1	3	1	4	0.1152	0.3938	12 0	0.29	0.770 4	Tukey-Kramer	1.000 0
TRAT*TIME	1	3	2	1	-0.2199	0.4255	12 0	-0.52	0.606 2	Tukey-Kramer	0.999 6
TRAT*TIME	1	3	2	2	0.9238	0.4255	12 0	2.17	0.031 9	Tukey-Kramer	0.376 5
TRAT*TIME	1	3	2	3	0.2220	0.4255	12 0	0.52	0.602 8	Tukey-Kramer	0.999 5
TRAT*TIME	1	3	2	4	0.9146	0.4255	12 0	2.15	0.033 6	Tukey-Kramer	0.389 9
TRAT*TIME	1	4	2	1	-0.3351	0.4255	12 0	-0.79	0.432 5	Tukey-Kramer	0.993 5
TRAT*TIME	1	4	2	2	0.8086	0.4255	12 0	1.90	0.059 8	Tukey-Kramer	0.553 3
TRAT*TIME	1	4	2	3	0.1068	0.4255	12 0	0.25	0.802 2	Tukey-Kramer	1.000 0
TRAT*TIME	1	4	2	4	0.7994	0.4255	12 0	1.88	0.062 7	Tukey-Kramer	0.568 1
TRAT*TIME	2	1	2	2	1.1437	0.4333	12 0	2.64	0.009 4	Tukey-Kramer	0.152 3
TRAT*TIME	2	1	2	3	0.4419	0.4333	12 0	1.02	0.309 8	Tukey-Kramer	0.970 6
TRAT*TIME	2	1	2	4	1.1344	0.4333	12 0	2.62	0.010 0	Tukey-Kramer	0.159 7
TRAT*TIME	2	2	2	3	-0.7018	0.4333	12 0	-1.62	0.107 9	Tukey-Kramer	0.737 5
TRAT*TIME	2	2	2	4	-0.00927	0.4333	12 0	-0.02	0.983 0	Tukey-Kramer	1.000 0
TRAT*TIME	2	3	2	4	0.6926	0.4333	12 0	1.60	0.112 6	Tukey-Kramer	0.750 4

**Resultados de cenizas en carne seca**

**Type 3 Tests of Fixed Effects**

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
<b>TRAT</b>	1	40	30.70	<.0001
<b>TIME</b>	3	120	0.24	0.8699
<b>TRAT*TIME</b>	3	120	4.20	0.0072

**Differences of Least Squares Means**

Effect	TRAT	TIME	_TRAT	_TIME	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t	Adjustment	Adj P
<b>TRAT</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		-0.3389	0.06116	40	-5.54	<.0001	Tukey-Kramer	<.0001
<b>TIME</b>		<b>1</b>		<b>2</b>	-0.01347	0.07557	120	-0.18	0.8589	Tukey-Kramer	0.9980
<b>TIME</b>		<b>1</b>		<b>3</b>	-0.06053	0.07557	120	-0.80	0.4247	Tukey-Kramer	0.8538
<b>TIME</b>		<b>1</b>		<b>4</b>	-0.02928	0.07557	120	-0.39	0.6991	Tukey-Kramer	0.9801
<b>TIME</b>		<b>2</b>		<b>3</b>	-0.04706	0.07557	120	-0.62	0.5346	Tukey-Kramer	0.9246
<b>TIME</b>		<b>2</b>		<b>4</b>	-0.01581	0.07557	120	-0.21	0.8346	Tukey-Kramer	0.9967
<b>TIME</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	0.03125	0.07557	120	0.41	0.6799	Tukey-Kramer	0.9760
<b>TRAT*TIME</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	-0.2037	0.1016	120	-2.00	0.0474	Tukey-Kramer	0.4839
<b>TRAT*TIME</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	-0.2028	0.1016	120	-2.00	0.0482	Tukey-Kramer	0.4892
<b>TRAT*TIME</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	-0.2882	0.1016	120	-2.83	0.0054	Tukey-Kramer	0.0962
<b>TRAT*TIME</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	-0.6346	0.1109	120	-5.72	<.0001	Tukey-Kramer	<.0001
<b>TRAT*TIME</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	-0.4578	0.1109	120	-4.13	<.0001	Tukey-Kramer	0.0017
<b>TRAT*TIME</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	-0.5528	0.1109	120	-4.98	<.0001	Tukey-Kramer	<.0001
<b>TRAT*TIME</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	-0.4050	0.1109	120	-3.65	0.0004	Tukey-Kramer	0.0090
<b>TRAT*TIME</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	0.000813	0.1016	120	0.01	0.9936	Tukey-Kramer	1.0000
<b>TRAT*TIME</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	-0.08449	0.1016	120	-0.83	0.4075	Tukey-Kramer	0.9910

**Differences of Least Squares Means**

Effect	TRAT	TIME	_TRAT	_TIME	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t	Adjustment	Adj P
TRAT*TIME	1	2	2	1	-0.4309	0.1109	12 0	-3.88	0.0002	Tukey-Kramer	0.0041
TRAT*TIME	1	2	2	2	-0.2542	0.1109	12 0	-2.29	0.0237	Tukey-Kramer	0.3071
TRAT*TIME	1	2	2	3	-0.3491	0.1109	12 0	-3.15	0.0021	Tukey-Kramer	0.0421
TRAT*TIME	1	2	2	4	-0.2013	0.1109	12 0	-1.81	0.0721	Tukey-Kramer	0.6115
TRAT*TIME	1	3	1	4	-0.08531	0.1016	12 0	-0.84	0.4030	Tukey-Kramer	0.9904
TRAT*TIME	1	3	2	1	-0.4317	0.1109	12 0	-3.89	0.0002	Tukey-Kramer	0.0040
TRAT*TIME	1	3	2	2	-0.2550	0.1109	12 0	-2.30	0.0233	Tukey-Kramer	0.3031
TRAT*TIME	1	3	2	3	-0.3499	0.1109	12 0	-3.15	0.0020	Tukey-Kramer	0.0412
TRAT*TIME	1	3	2	4	-0.2021	0.1109	12 0	-1.82	0.0710	Tukey-Kramer	0.6066
TRAT*TIME	1	4	2	1	-0.3464	0.1109	12 0	-3.12	0.0022	Tukey-Kramer	0.0451
TRAT*TIME	1	4	2	2	-0.1697	0.1109	12 0	-1.53	0.1288	Tukey-Kramer	0.7900
TRAT*TIME	1	4	2	3	-0.2646	0.1109	12 0	-2.39	0.0186	Tukey-Kramer	0.2581
TRAT*TIME	1	4	2	4	-0.1168	0.1109	12 0	-1.05	0.2945	Tukey-Kramer	0.9650
TRAT*TIME	2	1	2	2	0.1767	0.1118	12 0	1.58	0.1167	Tukey-Kramer	0.7611
TRAT*TIME	2	1	2	3	0.08179	0.1118	12 0	0.73	0.4660	Tukey-Kramer	0.9959
TRAT*TIME	2	1	2	4	0.2296	0.1118	12 0	2.05	0.0422	Tukey-Kramer	0.4513
TRAT*TIME	2	2	2	3	-0.09494	0.1118	12 0	-0.85	0.3976	Tukey-Kramer	0.9898
TRAT*TIME	2	2	2	4	0.05287	0.1118	12 0	0.47	0.6373	Tukey-Kramer	0.9998
TRAT*TIME	2	3	2	4	0.1478	0.1118	12 0	1.32	0.1888	Tukey-Kramer	0.8889

Effect	Num Den		F-Valor	Pr > F
	DF	DF		
TRAT	1	40	1.98	0.1668
TIME	3	120	8.72	<.0001
TRAT*TIME	3	120	12.80	<.0001

Least Squares Means

Effect	TRAT	TIME	Error		DF	Valor t	Pr >  t
			Estimador	estándar			
TRAT	1		95.0315	0.08217	40	1156.47	<.0001
TRAT	2		95.2035	0.09041	40	1053.01	<.0001
TIME		1	95.0629	0.1246	120	762.65	<.0001
TIME		2	94.6832	0.1246	120	759.61	<.0001
TIME		3	95.5865	0.1246	120	766.85	<.0001
TIME		4	95.1375	0.1246	120	763.25	<.0001
TRAT*TIME	1	1	95.6409	0.1677	120	570.40	<.0001
TRAT*TIME	1	2	94.4808	0.1677	120	563.48	<.0001
TRAT*TIME	1	3	95.2219	0.1677	120	567.90	<.0001
TRAT*TIME	1	4	94.7824	0.1677	120	565.28	<.0001
TRAT*TIME	2	1	94.4849	0.1845	120	512.16	<.0001
TRAT*TIME	2	2	94.8856	0.1845	120	514.34	<.0001
TRAT*TIME	2	3	95.9511	0.1845	120	520.11	<.0001
TRAT*TIME	2	4	95.4926	0.1845	120	517.63	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TRAT	TIME	_TRAT	_TIME	Error		DF	Valor t	Pr >  t	Adjustment
					Estimador	estándar				
TRAT	1		2		-0.1721	0.1222	40	-1.41	0.1668	Tukey-Kramer
TIME		1		2	0.3797	0.1774	120	2.14	0.0344	Tukey-Kramer
TIME		1		3	-0.5236	0.1774	120	-2.95	0.0038	Tukey-Kramer
TIME		1		4	-0.07460	0.1774	120	-0.42	0.6749	Tukey-Kramer
TIME		2		3	-0.9033	0.1774	120	-5.09	<.0001	Tukey-Kramer
TIME		2		4	-0.4543	0.1774	120	-2.56	0.0117	Tukey-Kramer
TIME		3		4	0.4490	0.1774	120	2.53	0.0127	Tukey-Kramer
TRAT*TIME	1	1	1	2	1.1601	0.2387	120	4.86	<.0001	Tukey-Kramer
TRAT*TIME	1	1	1	3	0.4190	0.2387	120	1.76	0.0817	Tukey-Kramer
TRAT*TIME	1	1	1	4	0.8585	0.2387	120	3.60	0.0005	Tukey-Kramer

Differences of Least Squares Means

Effect	TRAT	TIME	_TRAT	_TIME	Adj P
TRAT	1		2		0.1668
TIME		1		2	0.1465
TIME		1		3	0.0197
TIME		1		4	0.9749
TIME		2		3	<.0001
TIME		2		4	0.0560
TIME		3		4	0.0603
TRAT*TIME	1	1	1	2	<.0001
TRAT*TIME	1	1	1	3	0.6511
TRAT*TIME	1	1	1	4	0.0107

SE MUESTRAN TODAS LAS OBSERVACIONES

6

11:14 Sunday, July 11, 2014

Procedimiento Mixed

Differences of Least Squares Means

Effect	TRAT	TIME	_TRAT	_TIME	Error		DF	Valor t	Pr >  t	Adjustment
					Estimador	estándar				
TRAT*TIME 1	1	2	1	1.1560	0.2493	120	4.64	<.0001	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	1	2	2	0.7553	0.2493	120	3.03	0.0030	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	1	2	3	-0.3102	0.2493	120	-1.24	0.2158	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	1	2	4	0.1483	0.2493	120	0.59	0.5531	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	2	1	3	-0.7411	0.2387	120	-3.11	0.0024	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	2	1	4	-0.3016	0.2387	120	-1.26	0.2089	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	2	2	1	-0.00408	0.2493	120	-0.02	0.9870	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	2	2	2	-0.4048	0.2493	120	-1.62	0.1070	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	2	2	3	-1.4703	0.2493	120	-5.90	<.0001	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	2	2	4	-1.0118	0.2493	120	-4.06	<.0001	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	3	1	4	0.4395	0.2387	120	1.84	0.0680	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	3	2	1	0.7370	0.2493	120	2.96	0.0037	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	3	2	2	0.3363	0.2493	120	1.35	0.1799	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	3	2	3	-0.7292	0.2493	120	-2.93	0.0041	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	3	2	4	-0.2707	0.2493	120	-1.09	0.2797	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	4	2	1	0.2975	0.2493	120	1.19	0.2351	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	4	2	2	-0.1032	0.2493	120	-0.41	0.6796	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	4	2	3	-1.1687	0.2493	120	-4.69	<.0001	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 1	4	2	4	-0.7102	0.2493	120	-2.85	0.0052	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 2	1	2	2	-0.4007	0.2626	120	-1.53	0.1297	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 2	1	2	3	-1.4662	0.2626	120	-5.58	<.0001	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 2	1	2	4	-1.0077	0.2626	120	-3.84	0.0002	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 2	2	2	3	-1.0655	0.2626	120	-4.06	<.0001	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 2	2	2	4	-0.6070	0.2626	120	-2.31	0.0225	Tukey-Kramer	
TRAT*TIME 2	3	2	4	0.4585	0.2626	120	1.75	0.0834	Tukey-Kramer	