



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

**ALIMENTACIÓN COMO FACTOR DETERMINANTE EN ÍNDICES DE  
CALIDAD DE CANALES BOVINAS**

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

MIGUEL ANGEL IBÁÑEZ SÁNCHEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARCOS PÉREZ SATO

CO-DIRECTOR DE TESIS

DR. PEDRO ZETINA CÓRDOBA

Tlatlauquitepec, Puebla. México. Julio 2022



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

**ALIMENTACIÓN COMO FACTOR DETERMINANTE EN ÍNDICES DE  
CALIDAD DE CANALES BOVINAS**

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

MIGUEL ANGEL IBÁÑEZ SÁNCHEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARCOS PÉREZ SATO

CO-DIRECTOR DE TESIS

DR. PEDRO ZETINA CÓRDOBA

ASESORES

DRA. MARIA ESTHER ORTEGA CERRILLA

DR EUTIQUIO SONI GULLERMO

Tlatlauquitepec, Puebla. México. Julio 2022

La presente tesis titulada “**ALIMENTACIÓN COMO FACTOR DETERMINANTE EN ÍNDICES DE CALIDAD DE CANALES BOVINAS**” y realizada por: **MIGUEL ANGEL IBAÑEZ SANCHEZ**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

**LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA**

**Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias**

**Consejo Particular integrado por:**

**Firma**

**Director:** Dr. Marcos Pérez Sato



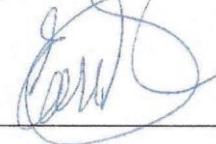
**Co-Director:** Dr. Pedro Zetina Córdoba



**Asesora:** Dra. María Esther Ortega Cerrilla



**Asesor:** Dr. Eutiquio Soni Guillermo



El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: **Producción Pecuaria Integral** y de la Línea de Investigación: **Producción de Rumiantes y No Rumiantes**. Dicho trabajo fue financiado por el **Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo**.

## DEDICATORIA

*A Dios, por darme la oportunidad de vivir, quien me ha otorgado tantas bendiciones, por cuidar de mí y de los míos, por darme fuerza para superar adversidades y ponerme en situaciones donde siempre me da una lección de superación, y estar en contacto con toda la belleza de esta vida, que, si bien sé, es pasajera y por eso debo aprovechar al máximo de ella, por todo esto y más.*

*A mis padres: **José Fidel Ibáñez Ibáñez y Agueda Sánchez Trujano**, mis viejitos, quienes son lo más valioso que tengo y por quienes me siento tan orgulloso de ser su hijo. Gracias por darme la vida, por todo el apoyo y cariño que me han brindado, no sé qué sería de mi sin ustedes, sin sus consejos, sus regaños, su amor y apoyo incondicional, donde su gran intención es hacerme un hombre de bien, aunque sé que no soy el hijo que esperaban que fuera, trato de ser mejor. Mi padre, un hombre que para algunos es duro y serio, es en realidad una persona noble, de cariño, fuerte e íntegro, de valores y principios, sé que has pasado por cosas muy difíciles y aunque no hables mucho de ello, quiero que sepas eres mi ejemplo te amo y admiro por tu gran fortaleza. Mi madre, una mujer de carácter, pero de gran corazón, eres mi escudo y mi mejor refugio; también has pasado por momentos difíciles y sé que te has guardado mucho por proteger a mis hermanos y a mí. Nunca está por demás el decirte que te amo, que eres la definición de amor, cariño, sensibilidad y sencillez. Todo lo que soy y lo que tengo es gracias a ustedes, sin importar cuánto éxito obtenga en la vida jamás seré como ustedes, simplemente porque en el lugar en el que se encuentran va más allá y no hay nada ni nadie que los supere.*

*A mis abuelitos: **Miguel Sánchez García (Q.E.P.D.)** quien tuviste que partir cuando solo era un niño, tengo atesorados pocos recuerdos, pero son los mejores que pude compartir contigo, para ser honesto tu nombre me queda bastante grande porque ni con toda la vida llegaré a ser como tú y estoy muy agradecido llamarme así en tu honor. Gracias por tratarme con tanto cariño y ser una persona muy importante durante mi niñez, a pesar de no tenerte conmigo en estos momentos sé que aún estás presente, vives en mi corazón, fuiste y serás un gran hombre, te quiero abuelito y estoy orgulloso de ser tu nieto. A mi linda abuelita **María Magdalena Isaura Trujano Muñoz (Q.E.P.D.)** (Chagüita). Aún duele el hecho de que ya no estés aquí, dejaste una gran huella en mi vida, te recuerdo con tanto cariño y amor, y como no, si siempre mostraste una sonrisa al recibirnos; jamás olvidaré tus dichos, tus historias, tu forma de ser, tu*

*manera tan peculiar de bromear y también tu rica comida, la imagen de ti bebiendo tu tacita de leche con café es uno de mis mayores recuerdos. Gracias por todo el amor y cariño que me has dado, te quiero mucho abuelita “Viva su vida, mi cariñito, que tengo aquí”. Te extraño, un abrazo y un beso hasta el cielo.*

*A mi tía: **Anastasia Ibáñez González (Q.E.P.D.)** Fuiste como una segunda madre para mi papá, siempre preguntando por él y preocupándote por su bienestar. También tuviste que partir, con dolor y tristeza, solo queda agradecerte por todos los momentos que compartimos entre pláticas, chanzas y bromas; también por todo el apoyo que me brindaste, siempre tenías algo que ofrecer a los demás. Me quedo con los mejores recuerdos, con tus frases, las cuales diré con tanto cariño y nostalgia. Te recordaré con mucho cariño tía “Felis”, nuevamente gracias por todo y hasta el cielo.*

*A mis hermanos: **Héctor** (Beto), **Reynaldo** (Rey), **Jorge** (Leches), **Fernando** (Mosco), **Adelina** (Seca) y **Mariela** (Pupy), a quienes les reconozco su total apoyo para cumplir esta meta tan importante, también han sacrificado por verme cumplir esta faceta de mi vida. Gracias por alentarme a no darme por vencido, por su cariño y apoyo.*

*A mis sobrinos, **Iris**, **Joshua** y **Meritzel**, quienes espero ver crecer y apoyar a alcanzar sus metas, confió en que también podrán formar parte de la vida universitaria.*

*A mis amigos: **Areli**, **Sabine**, **López**, **Lucy**, **Malú**, **Luz**, **Zuri**, **Orlando**, **Erika**, **Andrea**, **Toño**, **Luis Antonio**, **Juan Daniel**, **Eduardo**, **Froylán**, y **Uriel** con quienes compartí grandes experiencias, alimentos y toda clase de momentos, a ustedes no me queda mas que agradecerles por su amistad en estos años, les deseo mucho éxito en todo lo que se propongan.*

*A mis compañeros de la **Generación 2015**: Agradezco a todos y cada uno de ustedes por formar de lo que considero una de las mejores etapas de mi vida, recordando todos los momentos acumulados en todos estos años tanto buenos como malos, llenos de consejos, aventuras que valen la pena ser contadas, por el apoyo dentro y fuera del aula, generando de mí para ustedes una grata amistad. Mis mejores deseos para ustedes donde quiera que se encuentren.*

*A mi mejor amiga y compañera universitaria: **Gylia**, estoy más que agradecido contigo por todos estos años, por todos y cada uno de los momentos compartidos, me enseñaste que la negatividad te cierra ante nuevas oportunidades, a creer en mí y dejar de vivir en el pasado, a*

*valorar las cosas más simples y con ello a quienes ven virtudes en mí donde no sabía que existieran, que expresar mis emociones no demuestra ningún signo de debilidad, pero sobre todo a querer de verdad, aceptar y perdonarme por todos los errores que he cometido, después de todo, solo soy un ser humano. Ahora puedo decir con toda satisfacción que por fin lo entendí, después de tanto tiempo. Sé que estás hecha para grandes cosas, sigue siempre adelante, te admiro por quien eres y confío en ti plenamente. Con cariño.*

## AGRADECIMIENTOS

A la **Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**, mi alma mater, a la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, y en especial, al programa educativo de Ingeniería Agronómica y Zootecnia por los conocimientos de carácter académico y personal y las que me otorgaron en mi preparación durante mi etapa universitaria.

A **mis maestros**, quienes fungieron como guías en el camino de la sabiduría, además de compartir sus conocimientos que me serán de gran utilidad para toda la vida, para ustedes mi profundo aprecio y respeto.

Al **Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo**, por el apoyo en la financiación de esta investigación, por abrirme las puertas a nuevos conocimientos, y a la motivación emergente por algún día poder pertenecer a su casa de estudios.

A la **Dra. María Esther Ortega Cerrilla**, por la oportunidad de realizar este presente trabajo de investigación, por su confianza, comprensión y absoluta paciencia, si bien el proceso no fue plenamente satisfactorio ofrezco sinceras disculpas por demorarme demasiado en concluir este trabajo, al mismo tiempo, agradezco por el ímpetu que tuvo al alentarme a continuar con mi formación académica y profesional, ya que sin todo su apoyo este trabajo no habría sido posible.

Al **Dr. Marcos Pérez Sato** a quien agradezco por haberme apoyado en la dirección de esta investigación, por su instrucción, confianza y ánimo por concluir esta investigación en todo este tiempo, del mismo modo, ofrezco disculpas por todos los inconvenientes y también sin su ayuda no hubiera sido posible concluir.

Al **Dr. Eutiquio Soni Guillermo** y al **Dr. Pedro Zetina Córdoba** por asesorarme y apoyarme en la redacción de la presente investigación, agradeciéndoles por su atención y motivación todo este proceso.

A la **Sra. Yeritzia Liliana Fierro** por abrirme las puertas de su casa y considerarme como uno más de su familia, por su hospitalidad y aprecio, por compartir no solo la mesa, si no también consejos y palabras de reflexión, estoy eternamente agradecido.

A todos lo que hicieron posible la ejecución de esta investigación, por su ayuda y cooperación, no me queda más que agradecer infinitamente, estando siempre en deuda con ustedes.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
<b>RESUMEN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos .....	3
<b>III. HIPÓTESIS</b> .....	<b>4</b>
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
4.1 Producción mundial de carne bovina.....	5
4.2 Producción de carne bovina en México .....	5
4.3 Sistemas de ganado de engorda .....	6
4.4 Alimentación del ganado bovino de engorda .....	7
4.5 Evaluación de canales bovinas en México .....	13
4.6 Variables utilizadas en los sistemas de evaluación de canales .....	14
4.7 Parámetros que definen la calidad de la canal y factores que influyen .....	17
4.8 Bienestar animal del ganado bovino sobre la calidad de la canal.....	19
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
5.1 Localización.....	22
5.2 Tratamientos experimentales .....	22
5.3 Fase experimental .....	22
5.4 Variables a evaluar.....	23

5.5 Evaluaciones morfométricas de la canal.....	23
5.5.1. Largo y alto de giba.....	23
5.5.2. Longitud de la canal. ....	24
5.5.3. Espesor de grasa dorsal. ....	24
5.6 Evaluaciones visuales de la canal .....	25
5.6.1. Madurez de la canal por osificación de cartílago.....	25
5.6.2. Cobertura de grasa en canal. ....	26
5.6.3. Color de grasa en la canal. ....	27
5.6.4. Conformación muscular. ....	28
5.7 Análisis estadístico .....	29
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>31</b>
6.1 Variables cualitativas visuales en la canal .....	32
6.1.1. Madurez.....	32
6.1.2. Color de grasa en la canal. ....	34
6.1.3. Muscularidad.....	35
6.1.4. Conformación de la grasa.....	36
6.2 Variables morfométricas cuantitativas.....	38
6.2.1. Largo y alto de giba.....	38
6.2.2. Longitud de la canal. ....	39
6.2.3. Espesor de grasa dorsal. ....	41
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>44</b>

**INDICE DE CUADROS**

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Cuadro 1.</b> Determinación del porcentaje de osificación en la madurez fisiológica de la canal. .....	25
<b>Cuadro 2.</b> Clase y descripción en la cobertura de grasa en la canal conforme al Sistema Europeo.....	27
<b>Cuadro 3.</b> Distribución porcentual en la evaluación de variables visuales en canales de Querétaro y Coatlinchán.....	31
<b>Cuadro 4.</b> Evaluación de variables cualitativas.....	32
<b>Cuadro 5.</b> Mediciones morfométricas en canales.....	38

**INDICE DE FIGURAS**

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.</b> Estimación de la altura (izquierda) y la longitud (derecha) de la giba. ....	23
<b>Figura 2.</b> Determinación de la longitud de la canal con cinta métrica. ....	24
<b>Figura 3.</b> Medición del grosor de la grasa dorsal o de cobertura. ....	24
<b>Figura 4.</b> Osificación del cartílago para la determinación de la madurez ....	26
<b>Figura 5.</b> Coloraciones del tejido adiposo que se presentan en las canales de bovino.....	28
<b>Figura 6.</b> Conformación de la canal según la NMX-078-SCFI-2002. ....	28
<b>Figura 7.</b> Conformación del cuarto posterior en canal bovina. ....	29

## RESUMEN

La alimentación representa uno de los mayores costos de producción en el sistema de engorda en el ganado bovino, su importancia radica en el balance de nutrientes favoreciendo el desarrollo óptimo del ganado de carne permitiéndole alcanzar mejores rendimientos, esto se vincula de acuerdo a la raza, manejo, factores ambientales y al sistema de producción empleados. En la cadena de producción de carne, la canal es precursora de características organolépticas como el sabor, color y textura de la carne de acuerdo a características objetivas y subjetivas en la misma que son evaluadas con base a metodologías que describen, categorizan y determinan su calidad. En México, la evaluación de canales bovinas está regida por sistemas nacionales e internacionales con el fin de asignar el grado comercial de la canal, mezclando calidad y rendimiento. La variedad de los ingredientes utilizados en dietas formuladas en el ganado bovino de carne puede afectar el rendimiento y calidad de la carne y, en primera instancia, en las características objetivas y subjetivas de la canal. En este estudio se evaluó la influencia de la alimentación en características visuales y morfométricas de la canal de 293 bovinos procedentes del estado de Querétaro y San Miguel Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, con base a dos dietas ofrecidas en la etapa de finalización. La alimentación generó impacto en las variables visuales y morfométricas de la canal, conforme al color de grasa, conformación de la grasa y muscularidad, mostrando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) a excepción de la madurez fisiológica en la canal ( $P > 0.05$ ). Del mismo modo, el alto y largo de la giba, espesor de grasa dorsal y la longitud de la canal también fueron afectados ( $P < 0.05$ ).

**Palabras clave:** alimentación, canal bovina, evaluación, Querétaro, Coatlinchán.

## ABSTRACT

Feed represents one of the highest production costs in the fattening system in cattle. Its importance lies in the balance of nutrients favoring the optimal development of beef cattle allowing it to achieve better yields; this is linked to the breed, management, environmental factors, and the production system used in the meat production chain. The carcass is the precursor of organoleptic characteristics of the meat, such as the flavor, color, and texture according to objective and subjective characteristics based on methodologies that describe, categorize and determine its quality. In Mexico, the evaluation of bovine carcasses is made based on national and international systems to assign the commercial grade of the carcass according to quality and yield. The various ingredients used in beef cattle diets can affect the meat's yield and quality; firstly, the objective and subjective characteristics of the carcass. In this study, the influence of feeding on visual and morphometric characteristics of the carcasses of 293 bovines from the states of Queretaro and San Miguel Coatlinchan, Texcoco, State of Mexico, was evaluated based on the diet offered in the feedlot. It was observed that diet affected significantly ( $P < 0.05$ ) the carcass's visual and morphometric variables due to fat's color, conformation, and muscularity. Also, the height and length of the hump, backfat thickness, and carcass length were affected ( $P < 0.05$ ). However, physiological carcass maturity did not differ ( $P > 0.05$ ).

**Keywords:** feeding, bovine carcass, evaluation, Queretaro, Coatlinchan.

## I. INTRODUCCIÓN

En los sistemas productivos pecuarios la formulación de dietas es uno de los procesos para la optimización de los costos de alimentación, debiendo conocer por un lado el valor nutricional y calidad de las materias primas y por otro los requerimientos nutricionales para cada especie animal y etapa de desarrollo. Estos varían de acuerdo a la genética, sexo, instalaciones, densidad, ambiente entre otros factores. La alimentación de los animales en los sistemas de producción pecuaria representa alrededor del 60 al 70% del costo de producción, lo que evidencia la necesidad de trabajar en la optimización de la misma. (Núñez-Torres, 2017).

La calidad de la alimentación en el ganado bovino se ve ampliamente reflejado en las características de la canal, tales como la muscularidad, conformación, color y espesor de grasa, así mismo, con aquellas relacionadas a la raza como son la longitud de la canal, el largo y alto de la giba, madurez y, por último, las características organolépticas de la carne, color, textura, marmoleo, pH, sabor, etc. La determinación de la calidad de la canal y de la carne se realiza de manera constante por organismos nacionales e internacionales con el fin de producir alimentos de alto valor nutritivo en beneficio del consumidor y evaluar los sistemas de producción donde provienen. La calidad de la canal al nivel de la producción bovina depende fundamentalmente de las proporciones relativas de hueso, músculo, grasa y recortes, ya que son determinantes del porcentaje y calidad de la carne, que es lo que se consume Torrescano et al. (2010).

La evaluación de la canal proporciona características de la producción de ganado de carne, aporta información al detectar sistemas de producción más eficientes a través de estudios en la calidad de la canal y la cantidad de carne obtenida. Generalmente, los sistemas de evaluación de canales predicen su calidad y rendimiento con base a mediciones subjetivas y objetivas en las características de esta y, así mismo, se encuentran correlacionados a la carne en su rendimiento y calidad (Kempster, 1990).

En México, el sistema de evaluación de canales vigente se encuentra conformado con la NMX-FF-078-SCFI-2002, es una mezcla de los sistemas de clasificación y gradación tomados de diferentes países y, en conjunto, con algunas instituciones y organismos nacionales. En esta norma se utilizan variables de carácter objetivo y subjetivo mezclando rendimiento y calidad con el fin de asignar el grado comercial de la canal. El objetivo principal de este sistema es la definición de las características de las canales para su comercialización, otorgado al apoyo de

ganaderos y agentes que intervienen en la cadena de producción, proceso, comercialización y consumo de carne de bovino.

Las diferencias en las canales procedentes de bovinos para abasto son adjudicadas de acuerdo al manejo, sistemas de producción, variedad genética y fenotípica, y a los contrastes en el mercado y a los diversos intereses afines de estos (Méndez et al., 2011). Los factores que afectan a las características de la canal mencionados anteriormente son la principal razón de la inexistencia de estudios en México que permitan desarrollar un sistema nacional de evaluación (Rubio et al., 2013). Sin embargo, aparte del componente genético, existen otros factores no genéticos que causan variabilidad en el desempeño de los bovinos durante el crecimiento y en las etapas de finalización, como el sistema de alimentación, el manejo pre y post sacrificio, además del proceso de conversión de músculo a carne (Belk et al., 2002).

La evaluación de canales comprende una serie de características cualitativas, como son: color de carne, color de grasa en canal, conformación o muscularidad, textura y firmeza, madurez, etc.; y cuantitativas, tales como: peso de canal, espesor de grasa dorsal, área de profundidad de chuleta, alto y largo de giba, etc. Esto a su vez, son influenciados por el manejo antes y después del sacrificio, madurez fisiológica, sexo, raza, factores ambientales y, por último, la alimentación, que juega un papel importante en el crecimiento, desarrollo y producción de carne. permitiendo evaluar los sistemas de producción y manejo para consolidar, estandarizar e incrementar su producción. El desarrollo de experimentos dictamina, en relevancia, diferentes animales y sus estadios de crecimiento afectados por el ambiente y la nutrición en la evaluación de canales.

Por lo tanto, la finalidad en este trabajo de investigación fue evaluar la influencia de la alimentación en las variables de mayor importancia en la calidad de canales de bovinos procedentes de Querétaro y Coatlínchán, Estado de México.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

- Evaluar la influencia de la alimentación en la calidad de la canal bovina.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Estimar la calidad de canal a través de variables cualitativas, madurez fisiológica, color de grasa, conformación de grasa y muscularidad.
- Estimar la calidad de canal a través de variables cuantitativas, espesor de grasa dorsal, alto de giba, largo de giba y longitud de la canal.

### **III. HIPÓTESIS**

Animales finalizados con dietas convencionales presentan una mejor respuesta en los parámetros de calidad de la canal comparada con dietas formuladas con ingredientes de desecho de la industria alimentaria.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Producción mundial de carne bovina

La producción mundial de carne de bovino, se ubicó en 62.48 millones de toneladas de carne en canal, donde la producción de carne está concentrada en cinco países, que contribuyen con 65.4 % del total mundial, entre ellos se encuentran: Estados Unidos representado con 19.6 %, Brasil 15.8 %, la Unión Europea 12.8 %, China 10.3 % y la India con 6.8 %. México se ubica como el octavo productor de carne a nivel mundial y participa con 3.2 por ciento del total de producción de carne de bovino a nivel mundial (USDA, 2018). Por otra parte, el consumo a nivel mundial de carne de bovino se encuentra alrededor de 60.6 millones de toneladas, cuyo consumo per cápita a nivel mundial es de 6.4 kg (FIRA, 2018).

Según FIRA, (2018), el consumo mundial de carne de bovino en los últimos diez años creció a una tasa promedio anual de 0.5 %. El lento crecimiento del consumo de la carne de bovino se atribuye principalmente al precio, ya que el de esta proteína es el más elevado entre los principales cárnicos. En comparación con el precio de la carne de pollo, el de la carne de res puede ser hasta 2.5 veces mayor, por tal motivo, los consumidores finales optan por productos sustitutos con menor valor en el mercado.

### 4.2 Producción de carne bovina en México

La producción de carne de bovino en México destaca como la principal actividad ganadera; su aportación al valor de la producción pecuaria nacional fue de 29.8 %, cifra que significó 134.4 miles de millones de pesos y alcanzando 1.98 millones de toneladas de carne en canal (SIAP, 2018).

Los principales estados que representan la mayor parte de producción de carne son Jalisco, San Luis Potosí, Veracruz, Chiapas y Sinaloa, donde el peso promedio de la canal se ubica entre 243 kilogramos (SIAP, 2018). Aunado a esto, el saldo superavitario en la balanza comercial de carne de bovino, en 2018, se reportaron exportaciones netas por 79 mil toneladas, el volumen más alto en los últimos cinco años, con un incremento anual de 25.3 % (FIRA, 2018).

México es el séptimo consumidor mundial, la demanda anual se estima en 1.8 millones de toneladas, es decir, 3.1 % del total. El consumo nacional de carne de bovino disminuyó a tasa promedio anual de 0.8 % en la última década, al ubicarse en 1.87 millones de toneladas en 2018.

El consumo per cápita de carne de res en el país es de 14.8 kilogramos (COMECARNE, 2018). Aproximadamente el 60 % de la carne que se produce en el país se comercializa en forma de canal caliente, lo cual afecta la calidad e inocuidad para el consumidor (Carrera et al., 2014).

### **4.3 Sistemas de ganado de engorda**

La ganadería productora de carne se lleva a cabo bajo tres sistemas de alimentación, cada uno de ellos relacionados con las características de la superficie disponible (topografía, clima, vegetación y tamaño), el capital y el grado de tecnificación, ya sea intensivo, extensivo o mixto (Mendoza-Martínez et al., 2018).

De manera general, el sistema de engorda intensivo se caracteriza por mantener al ganado en confinamiento por un periodo de 90-120 días, con una alimentación a base de raciones balanceadas especialmente preparadas (Mendoza-Martínez et al., 2018). Cuando aumenta la proporción de grano en el alimento, aumenta el riesgo de trastornos digestivos y sus consecuencias negativas en el ganado vacuno, entre ellos acidosis, timpanismo, absceso hepático, laminitis y los efectos relacionados con el tamaño y la edad del ganado, factores climáticos, la composición del alimento y los cambios súbitos del mismo en los trastornos digestivos (OIE, 2019).

Por otra parte, Mendoza-Martínez et al. (2018) mencionan que el sistema extensivo tiene como finalidad del aprovechamiento de las condiciones naturales, se requieren de grandes extensiones de pastizales ya sean agostaderos o praderas, sin embargo, las ganancias de peso y la calidad de la carne resultan inferiores a los obtenidos en otros sistemas. La producción de carne en México se basa en la cría de becerros en diferentes áreas geográficas, con climas y condiciones de producción variable, en un sistema que se conoce como “vaca-becerro”. En el cual generalmente las vacas se mantienen en pastoreo en praderas de pastos naturales o inducidos, con poca o nula complementación alimenticia. Una parte de los becerros producidos en las regiones tropicales son finalizados en la misma unidad de producción. Esto se logra a través de la suplementación con granos de cereales administrados en el potrero o en corral. (SAGARPA, 2017).

En las regiones tropicales de México, la producción bovina es limitada principalmente por la baja eficiencia reproductiva de las hembras, generalmente de razas cebuinas o cruza con

ganado europeo, causada en parte por la abundancia de pastos en la época de lluvias y escasez durante la época seca, así como la presencia de enfermedades. (SAGARPA, 2017).

Los sistemas mixtos o semi intensivos tienen como base el pastoreo donde combina el engorde extensivo y el engorde intensivo, y tiene dos modalidades, en primera parte es la suplementación, donde a los animales se les proporciona diariamente una determinada cantidad de alimentos en comederos fijos en los mismos pastizales. Por consiguiente, la modalidad de encierro, en el cual los animales pastan medio día, y el otro medio día y toda la noche son encerrados en corrales, en donde se les alimenta con mezclas alimenticias (Mendoza-Martínez et al., 2018).

#### **4.4 Alimentación del ganado bovino de engorda**

La alimentación es responsable de cubrir los requerimientos nutricionales en cada etapa productiva, permite la expresión máxima de la genética animal. Los requerimientos nutricionales están ligados al animal y al sistema de producción, así mismo, las características nutricionales deben asegurar el balance nutricional. La alimentación de ganado en la etapa de finalización se centra en agrupar distintos tipos de alimentos que se clasifican de acuerdo a las funciones que estas realizan en el organismo del animal, o que ayudan a realizar reacciones bioquímicas y cumplan funciones biológicas (Ramírez, 2013).

La relación equilibrada de nutrientes permite llevar a cabo el mantenimiento, desarrollo y finalización de los animales (Allende et al., 2000; Soto & Reynoso, 2012). El adecuado manejo de la nutrición permite obtener raciones económicas, favoreciendo la rentabilidad, o inclusive la adición de insumos que potencialicen la respuesta animal. Por consiguiente, para garantizar la inocuidad de la carne y el rendimiento óptimo del ganado se deben encontrar opciones alimenticias que no alteren la palatabilidad en la dieta. (Herrera et al., 2016).

La dieta de finalización debe ser de bajo costo por unidad de energía neta, el consumo de energía debe maximizarse con niveles de fibra detergente neutra (FDN) del forraje como mínimo 4% y máximo 13% y un mínimo de 8% de proteína cruda. En esta fase, los animales deberán estar consumiendo diariamente entre 10 a 12 kg totales de ración siendo las proporciones de forraje y concentrado de 15% y 85% respectivamente, o sea de 1.5 a 1.8 kg de fibra y 8.5 a 10.2 kg de concentrado (INTAGRI, 2019).

En esta etapa se utilizan altamente energéticas o llamadas dietas calientes, con un contenido de proteína cruda bajo con 12 ó 13%, y generalmente la ración de concentrado debe estar constituida de 60 a 70% de grano como el maíz molido o rolado o sorgo molido y es importante que en este sistema de engorda la ración se suministre seca. En esta etapa se puede reducir el consumo de alimento entre 10 a 15% utilizando ionóforos como el lasalocida sódico o la monensina sódica (INTAGRI, 2019).

Las exigencias nutritivas del ganado vacuno de carne están bien definidas. El contenido energético, proteínico, mineral y vitamínico del alimento es un factor determinante esencial del crecimiento, el índice de conversión, el rendimiento reproductivo y la composición corporal (OIE, 2019)

**4.4.1. Fuentes energéticas.** De acuerdo a lo propuesto por Mendoza et al. (2016) la energía y su requerimiento en el organismo animal es condicionado por el sexo, edad, desgaste energético, peso metabólico, así como la tasa de crecimiento deseada, el metabolismo y los cambios influenciados por el medio ambiente. La energía que el animal necesita para la producción es proporcionada por las proteínas, grasas y carbohidratos. Los bovinos requieren este nutrimento para satisfacer sus necesidades fisiológicas como su crecimiento, mantenimiento, lactación, reproducción, aumento de peso y condición corporal, por lo que es un nutriente imprescindible para el ganado en grandes cantidades. Vinculado a esto, su aporte optimiza la digestión de forrajes, el crecimiento microbiano y la fermentación en el rumen (Minson, 1990; SAGARPA, 2017).

Las principales fuentes energéticas en los alimentos ofrecidos en la alimentación animal son los glicósidos y los lípidos. Los primeros se clasifican por su tasa de degradación como solubles o muy fermentables, y fibrosos o de menor tasa de fermentación. El almidón puede llegar a representar hasta 52% del total de la ración y es el más importante en las dietas de engorda, y su disponibilidad se ve afectada por el procesamiento a que sean sometidos los cereales. La fibra en dietas de crecimiento-finalización actúa más como un alimento funcional que como un ingrediente aportador de energía, por lo que se recomienda que las dietas contengan de 4 a 8 % de FDN; niveles mayores afectan el consumo y la ganancia de peso, y cantidades más bajas causan menor producción de saliva y disturbios en el funcionamiento ruminal (Mendoza et al., 2018).

Generalmente, las dietas para ganado bovino son pobres en grasa (2-4 %), por lo que es usual completar a las dietas con grasas y aceites (Mendoza et al, 2018). De acuerdo con Plata et al. (2016) mencionan que las principales fuentes de grasa utilizadas en dietas para bovinos son la grasa animal, originarias de plantas de rendimiento; los aceites vegetales, grasa amarilla residual de aceites vegetales y grasa animal de restaurantes y cafeterías y la mezcla de grasa animal y vegetal, que es el primer grupo combinado con grasa amarilla o aceites vegetales. Asimismo, menciona además que los efectos principales del mal uso de la grasa en dietas de engorda son una disminución del consumo y de la ganancia; y esto puede continuar semanas después de que se haya retirado la grasa de la dieta.

**4.4.2. Fuentes proteicas.** La proteína suministrada en la alimentación animal es necesaria para obtener un óptimo desarrollo muscular de los animales y con ello, asegurar carne y canales de buena calidad. Los niveles adecuados de proteína cruda deben ir dirigidos a cubrir los requerimientos de los microorganismos del rumen y, en segundo lugar, para crecimiento de tejidos. Con los insumos las dietas para crecimiento y finalización resultan suficientes, por lo general en contenido proteico (11-14 %). Niveles superiores a 14 % causan pérdidas de N en orina (urea) y un gasto energético adicional para su excreción, causando un efecto negativo en animales sometidos a estrés calórico (Mendoza et al., 2018).

Los concentrados proteicos de origen animal o vegetal superan el 20 % de proteína cruda con base a materia seca, al mismo tiempo son inferiores en contenido energético, oscilando alrededor de 2,6 Mcal EM kg<sup>-1</sup>. Ejemplos de este tipo se encuentra la cáscara de soya, grano de lupino, frijol y harina de pescado, entre otros (INIA, 2017). Por su parte (INTAGRI, 2018) menciona que la deficiencia de proteínas ocasiona problemas reproductivos y limitación en la producción de leche.

**4.4.3. Vitaminas y minerales.** El mantenimiento y crecimiento de los animales son influenciados por compuestos orgánicos denominados vitaminas, de tal forma que su inclusión en la dieta o en otras vías radica en que no son sintetizadas por el organismo. Las vitaminas son importantes para el metabolismo y demás funciones específicas en el organismo animal, estas no forman parte en las estructuras del cuerpo y no participan en el aporte de energía (Lehninger et al., 1995). Su deficiencia, ausencia o exceso pueden causar signos específicos de anormalidad o enfermedades en el animal, por lo que deben suministrarse en el alimento. El bovino es capaz

de sintetizar las vitaminas del Complejo B (llamadas hidrosolubles), por lo que generalmente en la ración se complementan con vitaminas A, D y E (liposolubles). (SAGARPA, 2017).

Las vitaminas son clasificadas con base a la solubilidad que poseen, encontrándose así dos grupos principales: hidrosolubles y liposolubles. Las vitaminas A, D, E y K, o bien denominadas liposolubles, se conforman de C, H y O particularmente, por otra parte, las hidrosolubles, a excepción de la vitamina C e inositol, contienen adicionalmente N, S o Co. La suplementación de estas vitaminas a mayor edad en los rumiantes no es requerida debido a la síntesis microbiana, sin embargo, el incremento en el requerimiento de vitaminas del complejo B así como la disminución de la síntesis microbiana son el resultado de la intensificación del sistema de producción, aumento de estrés crónico, uso de aditivos acelerantes en la tasa de crecimiento o a la formulación de dietas altas en concentrado, por lo que estos cambios consideran el uso de estos suplementos (Spears & Weiss, 2014).

La adición intramuscular de vitaminas A, D y E en los corrales de engorda, con el fin de prevenir deficiencias, mejorar la salud de los animales, las características de la canal y la calidad de la carne, se debe a que en condiciones de pastoreo suelen ser deficientes. Por si fuera poco, la protección de las vitaminas de la degradación ruminal puede afectar su disponibilidad, en segundo plano, el estrés, los niveles de producción y la selección genética conlleva al elevado incremento de dosis y requerimientos de estas, reevaluando su uso (NRC, 2000).

Al mismo tiempo, los minerales son elementos químicos importantes para las actividades de las células. Están presentes en el suelo y los animales en pastoreo los adquieren de manera natural. Los animales en confinamiento necesitan ser complementados con premezclas minerales. Los principales minerales suministrados en la alimentación de los rumiantes se clasifican de acuerdo a su nivel de requerimiento, en primera parte se encuentran los macrominerales: calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), azufre (S) y cloro (Cl), cuyo nombre es regido por una mayor concentración en el organismo animal superior a los 100 mg. En cuanto a los microminerales, caracterizados por su concentración menor a los 100 mg, se encuentran el hierro (Fe), selenio (Se), manganeso (Mn), cobalto (Co), cobre (Cu), molibdeno (Mo), yodo (I), zinc (Zn). (SAGARPA, 2017).

Entre las funciones más importantes de los minerales se tiene la conformación de la estructura ósea y dental (Ca, P y Mg), la función de los sistemas nervioso y muscular, la

conservación del equilibrio ácido-básico y la regulación de la presión osmótica (Na, Cl y K), la participación en sistemas enzimáticos y el transporte de sustancias (Zn, Cu, Fe y Se), el adecuado desempeño reproductivo (P, Zn, Cu, Mn, Co, Se y I) y del sistema inmune (Zn, Cu, Se) (Stewart, 2013).

Durand & Kawashima (1980), mencionan que los minerales en el ecosistema ruminal mantienen la fermentación ruminal dentro de los límites fisiológicos actuando sobre la tasa de dilución, capacidad tampón y a la presión osmótica. Por otro lado, su requerimiento depende de la raza, edad, tipo y nivel de producción. La reducción del consumo de alimento y su afección adversa en la actividad microbiana son consecuencia de la inadecuada proporción y deficiencia de minerales en los rumiantes (Durand & Komisarczuk, 1988). Asimismo, la baja concentración de Na, S, P, I y Co es atribuida al consumo de pastos en trópico (Barbosa & Graça, 2003). De acuerdo a Salamanca (2010), el Mg, Se, Ca, Cu y Zn, son considerados como minerales críticos para los rumiantes en pastoreo.

**4.4.4. Subproductos alimenticios de la industria alimentaria.** Los residuos de la industria agroalimentaria están conformados por la mezcla de productos, como harinas, secados, masas, molidos, tortas, pan, galletitas y galletas. Estos residuos alimenticios son de alto valor energético por su contenido en grasas y azúcares solubles, en contraparte, principalmente deficientes en proteína, minerales y vitamina A. Dado a sus propiedades se utilizan en sustitución al grano utilizado de manera convencional en dietas de vacas lecheras. Sin embargo, debido a que su fermentación en el rumen es muy elevada su inclusión no debe exceder del 20-25 % en la dieta de los animales (INTA, 2012).

En algunas zonas del país, el uso de estos ingredientes es justificado por su bajo costo, accesibilidad y en segundo plano, contribuye a la disminución de residuos en estas industrias. Sin embargo, pese a sus características y beneficios otorgados, el manejo y la calidad de estos deben ser inspeccionados, ya que son más propensos a encontrarse en constante contaminación principalmente por heces de roedores, presencia de insectos y factores propios de los ingredientes: presencia de hongos, oxidación de grasas, entre otros.

Sin embargo, además de la inclusión de subproductos en la alimentación animal, ya sea por el aporte proteico o energético como una forma de aprovechamiento de estos. De acuerdo a un estudio realizado por Losada-Custardoy (2016) evaluaron parámetros productivos en vacas

Holstein donde la alimentación animal consistió en desperdicios orgánicos en comparativa con una dieta balanceada donde no solo los parámetros resultaron ser similares, sino también, la inclusión de tales desperdicios redujo el costo de la alimentación.

**4.4.5. Uso de aditivos y promotores de crecimiento.** Los aditivos son sustancias que se agregan a) los alimentos, generalmente en pequeñas cantidades, para aumentar o mejorar sus cualidades. Algunos de ellos complementan nutrientes, incrementan la ganancia de peso, mejoran la conversión alimenticia, modifican su apariencia, aroma, sabor y consistencia, facilitan su almacenamiento y procesamiento, influyen en el organismo para el mejor aprovechamiento o prevención y tratamiento de enfermedades. En México, los aditivos que se utilicen deben estar autorizados por la Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2017).

La inocuidad alimentaria es un tema de interés común, debido a que en la actualidad los consumidores demandan alimentos seguros que no causen daño a la salud, propiciados por el uso de sustancias prohibidas, como es el caso del clenbuterol ( $\beta$ -agonista sintético) que, en forma accidental o inducida, pueden contaminar la carne de bovino. Lo anterior obliga a generar tecnologías de rápida detección de sustancias que puedan provocar problemas de salud pública por su consumo (Domínguez et al., 2010).

Distintos estudios han demostrado que el uso de estos fármacos repercute en las características asociadas a la producción y calidad de la canal. En ovinos Zamiri & Izadifard (1995) reportan que el uso de metaprotenerol a una concentración de  $5 \mu\text{g kg}^{-1} \text{PV}^{0.75}$  ayuda a mejorar el rendimiento de la canal, de igual forma Nourozi et al. (2005) mencionan que este fármaco además de reforzar el mejoramiento en el rendimiento también mejora la conversión alimenticia.

Por otra parte, el uso de zipaterol mejora la masa muscular en becerras Rathmann et al. (2012) utilizando una concentración de  $8.33 \text{ mg. kg}^{-1} \text{MS}$ . Adicionalmente, su inclusión en la alimentación mejora el peso de la canal, rendimiento y conformación en el ganado ovino mencionado por Avendaño-Reyes et al. (2011).

Asimismo, algunos de ellos tienen efectos secundarios como la reducción de acidosis, coccidiosis y timpanismo de grano, mientras que otros suprimen la actividad del ciclo estral,

reducen la incidencia de abscesos hepáticos y los problemas de gabarro expuesto por Martínez et al. (2015). De acuerdo a los beneficios otorgados al incremento de la producción ganadera, es imprescindible tener en cuenta que los residuos de las sustancias usadas pueden generar residuos en la carne destinada para el consumo humano; asimismo, pueden repercutir en el estado de salud de quienes la consumen (Fajardo-Zapata et al., 2011).

**4.4.6. Calidad de la alimentación animal y su importancia.** Los productos destinados a la alimentación animal deben ser sanos, auténticos y de calidad comercial por lo que su uso no debe representar peligro alguno para la salud humana, para la salud animal ni para el medio ambiente, ni ser perjudicial para la producción ganadera (OIRSA, 2016).

Los forrajes, concentrados y otros ingredientes de la alimentación suministrada deberán ser administrados en condiciones higiénicas adecuadas, por medio de comederos, permitiendo que los animales cuenten con alimento a libre acceso, favoreciendo de esta forma su comportamiento natural de alimentación. Asimismo, deberán tener una calidad que satisfaga las necesidades nutricionales del ganado. Cuando sea apropiado, el alimento y los ingredientes que lo componen deberán ser analizados, con el fin de comprobar si contienen ciertas sustancias que puedan tener un impacto adverso en la sanidad animal (OIRSA, 2016; OIE, 2019).

#### **4.5 Evaluación de canales bovinas en México**

**4.5.1. Generalidades.** En términos generales la canal bovina se define como el cuerpo del animal sacrificado, desangrado y sin piel, abierto a lo largo de la línea media del pecho y abdomen a la cola; separado de la cabeza, extremidades anteriores y posteriores, con o sin presencia de cola, sin vísceras cavitarias (excepto los riñones), sin genitales ni ubre de acuerdo a la NMX-FF-078-SCFI-2002.

Las canales que se producen en México tienen características propias, por lo que no es correcto compararlas con las de otros países. Esto se debe a que es diferente el tipo de ganado que se produce, el cual es mayoritariamente autóctono, y no ganado mejorado como en Estados Unidos o Japón, así como el tipo de producción y el patrón de consumo (Rubio et al., 2013).

**4.5.2. Evaluación y clasificación de canal bovina en México.** El sistema de evaluación y clasificación de canales bovinas en México está basado en la participación de organismos nacionales e internacionales. El objetivo principal se centra en la comercialización de la carne a

través de características relevantes a la valoración del rendimiento y en conjunto evalúa, en menor medida, a los sistemas de producción de carne bovina (Rubio et al., 2013).

El sistema de evaluación de canales regido en el país es una mezcla de sistemas de clasificación y gradación, de acuerdo criterios propios de la NMX-FF-078-SCFI-2002. Esta norma utiliza variables objetivas y subjetivas mezclando rendimiento y calidad para establecer un grado comercial a la canal. La ventaja de estos sistemas y las variables manejadas radica en la toma de decisiones en función de la prioridad que cada una posee, de acuerdo a intereses propios y los de su mercado. Al mismo tiempo genera esquemas propios de evaluación y diferenciación de productos utilizados por algunas marcas basados en estándares específicos de calidad, haciendo más accesible su estandarización y comercialización entre particulares (Rubio et al., 2013).

Los sistemas continuos o de gradación sustentan el grado de valor, nivel o calidad con respecto al valor obtenido de una canal a otra, ordenándose en función de su nivel adquirido de mayor a menor. La finalidad de estos sistemas consiste en predecir el rendimiento y la calidad organoléptica de la carne en canal a través de la observación y asociación, aunando mediciones objetivas como son el grosor de grasa subcutánea, marmoleo, peso de la canal, área o profundidad de chuleta, al mismo tiempo, la madurez fisiológica o la abundancia de grasa en riñón como medidas subjetivas (Rubio et al., 2013).

Por otra parte, el sistema de clasificación es referido a la descripción de la canal en la cadena de producción y comercialización, sin definir el valor económico de la canal ni catalogar su calidad puesto que su esencia es solo descriptiva. Algunas medidas utilizadas como la conformación, engrasamiento, textura, perfiles, color de carne, son de carácter subjetivo (Rubio et al., 2013). Además, los sistemas de clasificación se basan en variables discretas que definen o caracterizan la canal en función de atributos categóricos como la edad, tipo de ganado, sistema de producción o la raza.

#### **4.6 Variables utilizadas en los sistemas de evaluación de canales**

**4.6.1. Raza.** En México se explotan alrededor de treinta razas bovinas destinadas al uso cárnico, entre las más importantes destacan Angus, Hereford, Charolais, Nelore, Pardo Suizo Europeo, Angus Brahman, Indobrasil, Gir, Beefmaster, Simmental, Brangus y Limousin, entre otras (SADER,2015; SIAP,2016).

Rubio et al. (2013) mencionan que la raza ejerce una influencia determinante en la composición, rendimiento y calidad de las canales. De acuerdo a Wheeler et al. (1988) exponen que en razas de maduración tardía producen canales con 50 % menos de grasa siendo más tiernas que las de maduración temprana. Por su parte, Albertí et al. (2001) mencionan que la existencia de razas precoces engrasa más rápidamente y las razas tardías engrasan en función a un peso elevado

Algunas características genéticas como el marmoleo, la magnitud es similar debido a la variación genética entre razas o dentro de la misma, en esta forma, conlleva a la posibilidad del mejoramiento genético con programas de selección Rubio et al. (2013). En general, existen diferencias entre razas en cuanto a la capacidad para marmoleado de la carne, así como en diferentes características organolépticas como la textura, sabor, color y contenido de grasa según Elizalde, (2015).

De modo general, dentro de la gran variabilidad de razas bovinas, se pueden seleccionar genéticamente individuos para obtener una progenie que posea características que beneficien la sanidad animal y su bienestar. Esto incluye instinto maternal, facilidad para parir, peso al nacer, capacidad de amamantar, conformación corporal y temperamento. Criterios medibles basados en resultados: tasa de morbilidad, tasa de mortalidad, comportamiento, aspecto físico, eficiencia reproductiva (OIE, 2019).

**4.6.2. Sexo.** También existen diferencias entre sexos en cuanto a la eficiencia de conversión. Comparados a igual peso, las vaquillonas son menos eficientes que los novillos debido a que si bien consumen menos alimento que los novillos, la ganancia de peso es proporcionalmente menor en las vaquillonas. Las causas del menor consumo y de la menor eficiencia serían el diferente patrón hormonal entre novillos y vaquillonas y la tendencia a la mayor deposición de grasa en la vaquillona. Esto puede ser una ventaja o una desventaja. Obviamente la ventaja de la vaquillona en cuanto al novillo es máxima cuanto más joven es el animal porque no existen los problemas estrales y la tendencia a deponer más grasa permite obtener una res con buen nivel de grasa comparada con la del ternero macho de mismo peso de venta (Elizalde, 2015).

Albertí et al. (2001) mencionan que bueyes y hembras engrasan precozmente mientras que los machos engrasan a mayor peso y por ello son más eficientes. Su eficiencia se basa en

que necesitan menos cantidad de alimento por kilogramo de ganancia de peso vivo, obteniendo un menor índice de conversión.

**4.6.3. Edad.** La edad juega un papel importante en el sacrificio de los animales, ya que en esta se asocia a las características que pueden presentarse en la canal, aumento del tejido adiposo, desarrollo de poca muscularidad, en cuanto a calidad de carne, aumentar el riesgo de producir carne DFD (dura, oscura, seca) y a la capacidad que tenga el animal para aprovechar los nutrientes suministrados en la dieta, animales más viejos disminuyen la asimilación de nutrientes del alimento, lo que puede provocar una baja conversión alimenticia y ganancia de peso.

La edad influye en la dureza de la carne, por lo que en animales jóvenes presenta mayor ternura y sabor pronunciado, sin embargo, en algunas etapas la diferencia pierde claridad, esto a una edad alrededor de 12 a 18 meses (Purchas et al., 1989).

Con relación a la edad, es importante estimar la madurez fisiológica de los animales de acuerdo al grado de osificación en la canal, haciendo referencia al grado en que el cartílago gradualmente se transforma en hueso; es decir, a mayor grado de osificación mayor es edad y mayor es el grado de coloración roja en el cartílago de las puntas de las apófisis vertebrales, esta medida es tomada debido a la variabilidad de edad en lotes de ganado bovino destinadas al sacrificio de acuerdo a lo propuesto por Torrescano et al. (2012).

Elizalde (2015) menciona que, animales entrados a mayor peso consumen menor cantidad total de alimento y necesitan menor cantidad de días de engorde a corral que los animales entrados más jóvenes pero terminados a pesos similares. En general, cuando más joven es el animal que ingresa al engorde, menor es el peso final de terminación.

En México, un concepto específico a la madurez reflejada en la canal, de acuerdo a la NMX-FF-078-SCFI-2002 es referida al grado de osificación progresiva que muestran las vértebras en sus apófisis y cuerpos, empezando por las vértebras del hueso sacro y continuando a las vértebras lumbares y finalmente las torácicas. Se consideran también como indicadores de grado de osificación los cambios en color y forma de las costillas.

#### **4.7 Parámetros que definen la calidad de la canal y factores que influyen**

**4.7.1. Peso.** El peso es una característica de gran importancia para el productor, ya que en México se paga generalmente por el peso del animal en pie (Rubio et al., 2013). Por consiguiente, dentro de cualquier sistema de engorda de ganado bovino, el peso es fundamental, ya que es el principal objetivo que deben cumplir los animales, ya que animales, más pesados se traducen mayor beneficio económico al momento de comercializar la canal.

Las tasas de ganancia durante la engorda se relacionan en forma directa con el peso de la canal, por su parte, el rendimiento se vincula con la composición de la ganancia. Por lo tanto, deben existir diferencias significativas en el suministro de grasas complementarias para que exista un efecto sobre el peso de la canal (Zinn, 1989; Brandt,1997). En adición, Callejas-Juárez et al. (2017) menciona que el peso promedio inicial y final del ganado bovino no depende del sexo del animal, además que el peso no está ligado con el rendimiento y la producción. Sin embargo, la preferencia se centra en becerros exportados.

El peso del animal determina la cantidad total de la carne que se obtiene de este. No obstante, el peso en canal caliente proporciona más información acerca del animal, a diferencia del peso en pie, debido a que el rendimiento de la canal es afectado por factores como el sistema de alimentación, la raza, edad, y el grado de engrasamiento, así como factores extrínsecos relacionados con el transporte, agua a libre acceso, lapso de alimentación y el método de faenado en la canal (Rubio et al., 2013).

Albertí et al. (2001) resalta en que para cada animal (raza, sexo) y cada dieta hay un peso de sacrificio óptimo para tener una canal adecuada a las exigencias del mercado en cuanto a rendimiento carnicero y características de la carne. No obstante, ese óptimo a veces no coincidirá con lo más rentable.

**4.7.2. Conformación.** La conformación equivale a la morfología o forma de una canal, y a través de su evaluación, pretende medir la cantidad de carne vendible o consumible, especialmente de sus partes más selectas (Sañudo et al., 1997). En complemento, la conformación se ha definido como el espesor de la carne y de la grasa subcutánea con relación a las dimensiones del esqueleto. Es la forma general de la canal, su grado de redondez y de compacidad (De Boer et al., 1974).

**4.7.3. Color de grasa y estado de engrasamiento.** En México, la pigmentación amarilla del tejido adiposo en las canales es una de las principales limitantes en la producción de carne de bovino. La comercialización de canales de bovinos engordados es limitada por la pigmentación amarilla del tejido adiposo, a su vez, conlleva al rechazo del producto por los consumidores, quienes suponen que la carne proviene de animales viejos o de desecho según lo reportado por Cruz-Monterrosa & Ramírez-Bribiesca (2013).

Igualmente, Izaguirre & Miyasaca, (2001) aclaran que, en el país, la mayor parte de los bovinos de carne que son finalizados en condiciones de pastoreo presentan una coloración amarilla el tejido adiposo, la cual es rechazada por parte del consumidor y provoca pérdidas económicas para el productor. Kruggel et al. (1982) reportan que la pigmentación en el tejido adiposo esta influenciado por factores como la raza, sexo, edad, nivel de engrasamiento, contenido de carotenoides en el alimento y el tiempo de consumo.

Strachan et al. (1993) mencionan que la coloración amarilla es causada principalmente por el  $\beta$ -caroteno, ya que representa del 85 hasta el 90% del color de grasa en el ganado bovino, además de que la intensidad de este color está correlacionada con el contenido de carotenoides. El  $\beta$ -caroteno, uno de los carotenoides más abundantes en la naturaleza, también es el que se encuentra en mayor proporción en tejido adiposo de los rumiantes, dando la coloración amarilla a este tejido (Mora, 1999), adicionalmente otro carotenoide presente en los forrajes es la luteína (Yang et al., 1992; Mora et al., 2000), mismos que son depositados y absorbidos en el tejido adiposo. En otras palabras, el color de la grasa en la canal bovina está determinado por pigmentos ingeridos durante el pastoreo. Específicamente el problema radica en el consumo de forrajes verdes, los cuales contienen abundantes pigmentos, incluyendo a los carotenoides y a los pigmentos naturales liposolubles viéndose reflejados en la grasa en canal.

Independientemente de su intensidad, el color amarillo de la grasa subcutánea demerita el valor económico de la carne y causa severas pérdidas económicas a una región o país, como es el caso de México; una forma de contrarrestar esto es finalizar a los bovinos con granos; esta práctica permite que disminuya o desaparezca el color amarillo en el tejido adiposo (Cruz-Monterrosa & Ramírez-Bribiesca, 2013)

En consideración, además del tiempo óptimo de exclusión, los tipos de pasturas, las razas, edad al sacrificio y región específica, entre otros factores, influyen en la pigmentación de

la grasa. Al respecto Dunne et al. (2006) reportaron que suministrar concentrados por 26 y hasta 56 días fue suficiente para disminuir el color amarillo en novillas y novillos en corral, respectivamente; y la intensidad del color disminuyó hasta el día 112 de finalización.

Conforme a lo reportado por Hidiroglou et al. (1987) en bovinos alimentados con dietas balanceadas en la etapa de finalización, no existe presencia de pigmentos causantes de la coloración amarilla del tejido adiposo, esto referido al nulo consumo de  $\beta$ -caroteno, en comparación con el ganado proveniente de pastoreo. En este sentido, la reducción parcial de la pigmentación amarilla con la inclusión excesiva de estiércol de aves puede constituir en una alternativa económicamente inviable por parte de los ganaderos, a pesar de someter al ganado bovino a periodos de 30 a 120 días de engorda en corral.

En contraste, Wood & Enser (1997) asocian de forma positiva a la grasa amarilla con formas tradicionales de producción de carne, en cuanto a un criterio de calidad adquirido de forma ecológica (Dunne et al., 2009). Por su parte Yang et al. (1992) asocian la alimentación con forraje y pasto en la etapa de crianza con la acumulación de carotenoides y al color amarillo de la grasa reflejado en un ganado saludable. Este punto de vista fundamenta la alimentación del ganado en pasturas como fuente de beneficios, particularmente relacionados con el perfil de ácidos grasos (French et al., 2000) y el contenido de antioxidantes (Wood & Enser, 1997).

En este sentido, existe la posibilidad de utilizar el color o contenido de carotenoides como un indicador del historial de la dieta del animal y de la calidad nutricional de la carne (Prache et al., 2002).

#### **4.8 Bienestar animal del ganado bovino sobre la calidad de la canal**

Ante el incremento de la demanda en la industria de la carne, la eficiencia en la aplicación de protocolos y medidas al desarrollo adecuado del bienestar en el ganado, en tendencia obligatoria por parte de los ganaderos, reducen pérdidas económicas, de acuerdo lo reportado por Parra et al. (2017). La aplicación del bienestar animal conduce a la obtención de alimentos más seguros y con mayor calidad, aumentando la competitividad en los productos en el sector de la carne (Odeón & Romera, 2017).

La conceptualización del bienestar animal se fundamenta en las cinco libertades de los animales, tales como libres de hambre y sed, libres de molestias e incomodidad, libres de dolor,

libres de lesiones y enfermedades, y libres para expresar comportamientos normales (miedo y angustia) (Huertas, 2009). Al respecto, los principales factores que alteran el bienestar animal conforman la nutrición, instalaciones, manejo, transporte y sacrificio, esto durante las distintas etapas de producción. El concepto más reciente de bienestar animal, de acuerdo con la OIE (2018), indica que un animal se encuentra en un estado pleno de bienestar cuando está bien alimentado, confortable, sano, expresa comportamiento innato, sin experimentar dolor, miedo o estrés.

En un estudio realizado en el norte de México por Sánchez et al. (2019) reportaron que el bienestar animal del ganado bovino está amenazado por el mal manejo de protocolos en las plantas frigoríficas, destacando contusiones superiores al 75 %, donde el sexo y el lugar de procedencia de los animales son los principales factores de riesgo.

Tuninetti & Otero (2017) mencionan que el pH elevado en la canal compromete las características organolépticas de la carne siendo precursoras de carne DFD provocando rechazo por parte de los consumidores; al mismo tiempo, el estudio reveló que el 99 % de las canales bovinas presentaron contusiones de cualquier tipo comprometiendo el bienestar animal, mismas que son consecuencia de mal manejo en el transporte, carga, descarga y sacrificio del ganado.

Por otra parte, de acuerdo a malas prácticas de manejo en el ganado bovino y la poca aplicación del bienestar animal, Romero et al. (2014) menciona en un estudio realizado en dos plantas frigoríficas en Colombia, que la presencia de contusiones las canales de ganado *Bos indicus* son atribuidas a factores como las bajas densidades de carga en el camión, el sexo y el tipo de planta, representando una prevalencia de canales con contusiones alrededor del 61 %.

Aunado a esto, el transporte afecta la calidad de la carne y la salud animal, generando pérdidas económicas comprometiendo la producción (Odeón & Romera, 2017). El mal manejo durante el transporte ocasiona también, pérdidas económicas relacionadas con decomisos por contusiones de diferente grado, mortalidad y alteración de las variables organolépticas de la carne (Romero et al., 2012).

Un tema importante relacionado al bienestar animal radica en el estrés, el cual afecta negativamente los procesos de obtención de carne tanto en los rendimientos físicos como en la calidad del producto. Los bovinos son susceptibles al estrés por elementos distractores de los

mataderos, como reflejos metálicos, suelos húmedos, zonas oscuras, movimiento de gente, callejones sin salida, objetos que cuelgan, ruidos fuertes, etc, (OIE, 2013).

El estrés antes del sacrificio en el ganado consume glucógeno muscular de forma excesiva, disminuyendo en el musculo *post mortem* la formación de ácido láctico e impidiendo el descenso del pH, permaneciendo en 5.8, en lugar de su intervalo adecuado 5.4-5.7 (Gallo & Tadich, 2008). Así mismo, un elevado estrés en el *pre mortem* provocará altos niveles de adrenalina promoviendo la degradación de glucógeno muscular y dependiendo de la velocidad de descenso del pH se distinguirán carnes DFD (seca, dura y oscura) y PSE (pálidas, suaves y exudativas) (Braña et al.,2011), a su vez, aumenta considerablemente el riesgo de contaminación de carne por bacterias.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el Rastro Frigorífico La Paz S.A. de C.V. ubicado en Los Reyes, La Paz, Estado de México, entre las coordenadas geográficas: 19° 21' 32.0681'' latitud norte y 98° 58' 42.244'' latitud oeste a una altura de 2250 msnm. (INEGI, 2016).

### 5.2 Tratamientos experimentales

Se evaluaron 293 canales bovinas provenientes de machos enteros, de los cuales se distribuyeron en dos tratamientos, donde el tratamiento 1 (T<sub>1</sub>) fueron 190 animales procedentes del estado de Querétaro cuya alimentación en la etapa de finalización estuvo compuesta por una alimentación estándar balanceada. En el segundo tratamiento (T<sub>2</sub>) se tuvieron 103 animales provenientes de la localidad de San Miguel Coatlinchán, municipio de Texcoco, Estado de México, donde la alimentación ofrecida en la etapa de finalización se consolidó a base de sorgo, concentrado de maíz, zacate de maíz, pasta de soya, pollinaza, pan y galleta, siendo estos dos últimos desechos de la industria alimentaria.

### 5.3 Fase experimental

Los animales ingresados al rastro fueron descargados, distribuidos en corrales de descanso y conducidos a la zona de sacrificio donde se utilizó "puntilla" como método de aturdimiento. Posteriormente, fueron degollados por medio del corte a la altura de la yugular, desangrados, desollados y eviscerados; finalmente, las canales fueron suspendidas por el tendón de aquiles y cortadas en forma longitudinal.

Se evaluaron cada una de las dos partes de canal en cada animal por tratamiento, resultantes del corte longitudinal a lo largo de la línea media dorsal, tomando en cuenta que se consideró a cada canal completa como una unidad experimental. A pesar de que las metodologías se aplican a las 24 horas *post mortem*, se evaluaron después del sacrificio, esto debido a la inmediata distribución parcial o total de canales a diferentes puntos de comercialización, que dificulta su seguimiento, accesibilidad en la toma de datos, así como al riesgo de evaluación en canales no correspondientes a los tratamientos establecidos.

## 5.4 Variables a evaluar

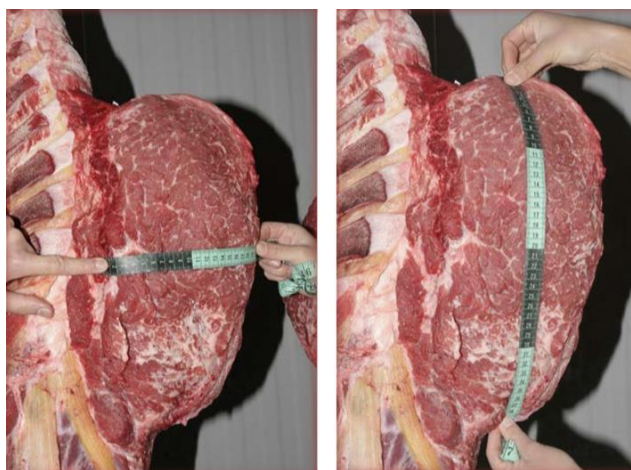
La evaluación de canales se apoyó en características visuales y morfométricas, mismas que fueron tomadas conforme a la NMX-FF-078-SCFI-2002 y la Guía Práctica para la Estandarización y Evaluación de Canales Bovinas Mexicanas (Rubio et al., 2013).

Esta investigación tuvo una duración de dos meses en la época de otoño, donde se evaluaron cuatro características morfométricas: largo de giba, alto de giba, espesor de grasa dorsal y longitud de la canal. Además, se evaluaron cuatro características visuales, las cuales son: madurez por osificación de cartílago, color de grasa, conformación de la grasa en la canal y conformación muscular.

A continuación, se describen las metodologías de cada una de las variables pertenecientes a cada tratamiento.

## 5.5 Evaluaciones morfométricas de la canal

**5.5.1. Largo y alto de giba.** La altura de la giba se tomó en la parte media de la base teniendo como referencia el ligamento nucal, en seguida de que el largo de la giba, se tomó en línea recta de la base del inicio de la giba hasta donde termina la misma, según el procedimiento propuesto por Rébak et al. (2005) encontrada en la guía de referencia descrita por Rubio et al. (2013). Ambas mediciones se realizaron con cinta métrica y su medición se registró en centímetros (Figura 1). Los datos referentes a longitud y altura de giba indicaron el grado aproximado de ascendencia a la raza *Bos indicus* de los animales destinados a sacrificio.



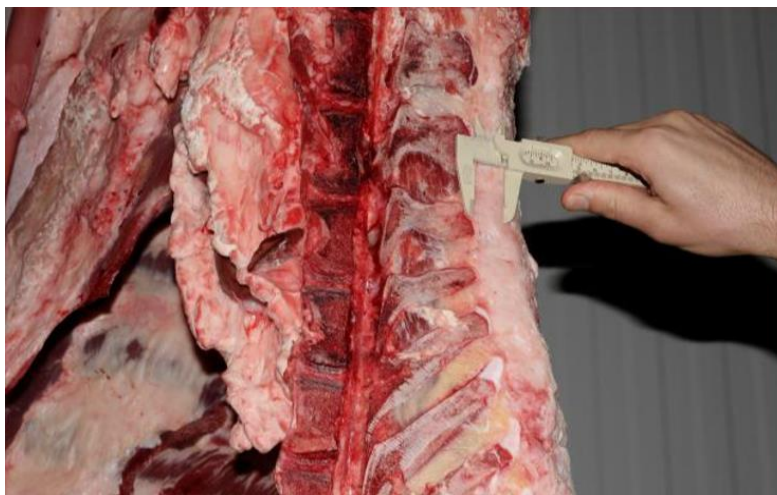
**Figura 1.** Estimación de la altura (izquierda) y la longitud (derecha) de la giba.

**5.5.2. Longitud de la canal.** En la determinación de la longitud de canal se realizó desde la parte anterior de la sínfisis-isquiopubiana hasta el borde externo de la parte media de la primera costilla, esta medida se realizó en ambas partes de la canal caliente línea recta, cuyo instrumento de medición fue con cinta métrica y registrada en centímetros de acuerdo al procedimiento de Rubio et al. (2013). A continuación, se muestra la forma de evaluación de la longitud de canal (Figura 2).



**Figura 2. Determinación de la longitud de la canal con cinta métrica.**

**5.5.3. Espesor de grasa dorsal.** La grasa de cobertura en la canal se midió en la 12<sup>va</sup> costilla, a tres cuartos de la distancia del eje largo del músculo *Longissimus thoracis*, desde la línea media donde las medidas fueron registradas en centímetros, de acuerdo a la metodología propuesta por Rubio et al. (2013) (Figura 3).



**Figura 3. Medición del grosor de la grasa dorsal o de cobertura.**

## 5.6 Evaluaciones visuales de la canal

**5.6.1. Madurez de la canal por osificación de cartílago.** La madurez se estimó visualmente en la canal por el grado de osificación de los cartílagos de las tres primeras apófisis espinosas de las vértebras dorsales, lumbares y sacras (botones torácicos), debajo de la 12<sup>va</sup>-13<sup>va</sup> costilla (Figura 4).

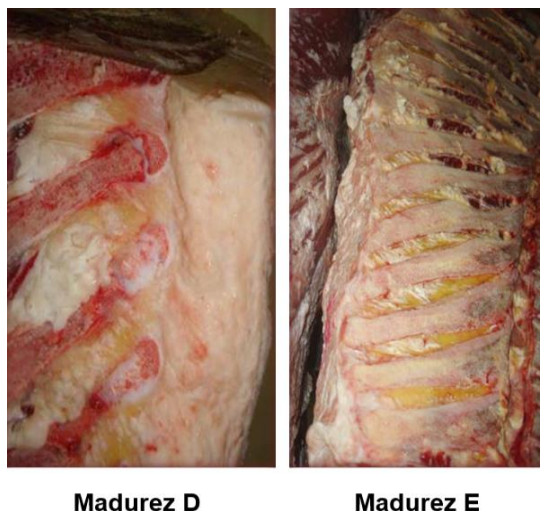
Para interpretar dicha estimación, se utilizó una escala gráfica de cinco rangos expresados en meses de edad: A = 9 a 30 meses de edad, B = 30 a 42 meses de edad, C = 42 a 72 meses de edad, D = 72 a 96 meses de edad, E = mayor a 96 meses de edad (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Determinación del porcentaje de osificación en la madurez fisiológica de la canal.**

Madurez	Edad aproximada (meses)	Osificación (%) aproximada en el cartílago de los tres primeros botones torácicos
A	9-30	0
B	30-42	10
C	42-72	35
D	72-96	70
E	>96	90-100

Fuente: Guía práctica para la estandarización y evaluación de canales bovinas mexicanas (Rubio et al. 2013; USDA, 1997).





**Figura 4. Osificación del cartílago para la determinación de la madurez**

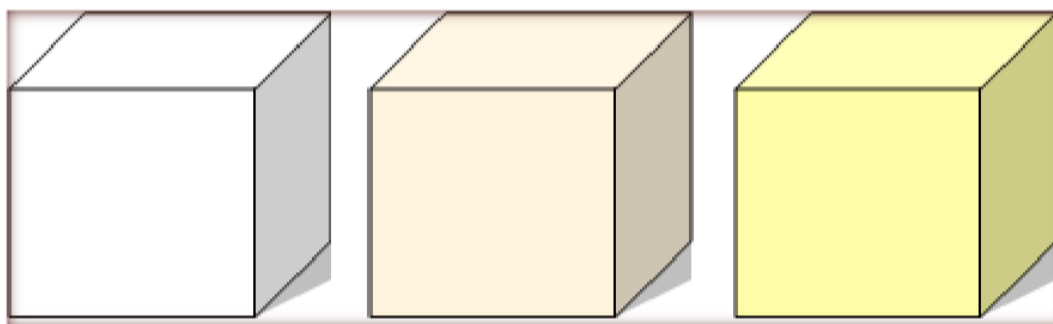
**5.6.2. Cobertura de grasa en canal.** La cobertura de grasa en la canal se evaluó en función de la cantidad visible de grasa desde el exterior de la canal, así como el interior de la cavidad torácica. El sistema descriptivo se definió en cinco clases de estado de engrasamiento (Cuadro 2), donde la primera representó nulo nivel de cobertura de grasa y la última representó el grado máximo de cobertura de grasa (Figura 4).

**Cuadro 2. Clase y descripción en la cobertura de grasa en la canal conforme al Sistema Europeo.**

Clase de estado de engrasamiento	Disposiciones complementarias
1 No grasa	La cobertura de grasa es inexistente o muy sutil. Sin grasa en el interior de la cavidad torácica.
2 Poco cubierto	Ligera cobertura de grasa, los músculos son casi siempre aparentes. En la cavidad torácica, los músculos intercostales se aprecian perfectamente.
3 Cubierto	Los músculos, excepto de la cadera y la paleta, están casi siempre cubiertos. En la cavidad torácica, hay escasos acúmulos de grasa, los músculos intercostales están aún visibles.
4 Graso	Grasa de la cadera saliente, músculos cubiertos de grasa, pero son parcialmente visibles a nivel de la cadera. Venas de grasa salientes en la cadera, En la cavidad torácica, los músculos intercostales pueden estar infiltrados de grasa y hay acúmulos de grasa pronunciados
5 Muy graso	Toda la canal cubierta de grasa, La cadera está casi totalmente cubierta de una capa espesa de grasa, por lo que las venas de grasa se aprecian muy débilmente. En la cavidad torácica, los músculos intercostales están infiltrados de grasa y hay importantes acúmulos de grasa

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (2008).

**5.6.3. Color de grasa en la canal.** Se realizó de manera visual en la canal comparando el color de la grasa con tres tonalidades específicas (Figura 5) de acuerdo a una clave de color, por lo que la forma de descripción del color de la grasa se consideró únicamente en tres coloraciones, propias del tejido adiposo, estipuladas en tres niveles: 1 = blanca, 2 = crema, 3 = amarilla de acuerdo al procedimiento descrito por Rubio et al. (2013).



**1 = blanca**

**2 = crema**

**3 = amarilla**

**Figura 5. Coloraciones del tejido adiposo que se presentan en las canales de bovino.**

**5.6.4. Conformación muscular.** Para determinar el estado de la muscularidad en canales se usó un patrón de tres conformaciones de acuerdo a la Norma NMX-078-SCFI-2002. En el caso de interpretación de la conformación, se tomaron en cuenta la forma y el contorno de una canal, puesto que es referida al desarrollo de las masas musculares de los cuartos posteriores (convexos, rectilíneos, subcóncavo, cóncavos). A continuación, se presenta de manera esquemática una escala de calificación en función del perfil del cuarto posterior: 1 = pobre (cóncavo), 2 = normal (recto), 3 = buena (convexo), (Figuras 6 y 7).

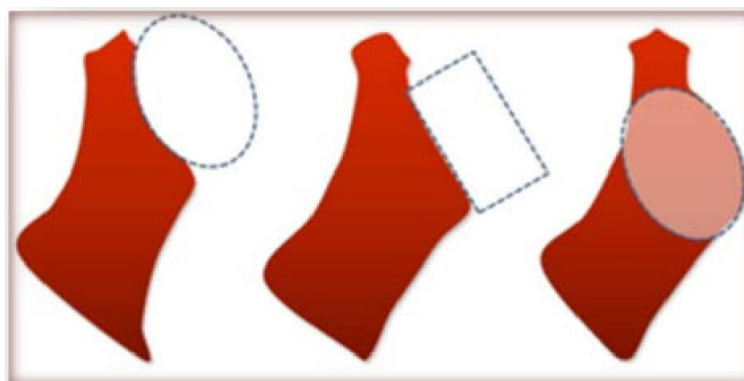


**1 (pobre)**

**2 (normal)**

**3 (buena)**

**Figura 6. Conformación de la canal según la NMX-078-SCFI-2002.**



**1 (cóncavo)      2 (recto)      3 (convexo)**

**Figura 7. Conformación del cuarto posterior en canal bovina.**

### 5.7 Análisis estadístico

El modelo estadístico utilizado para las variables morfométricas cuantitativas (longitud de canal, espesor de grasa dorsal, largo y alto de giba) fue la prueba de t de Student ( $P < 0.05$ ) para muestras independientes, cuyo modelo estadístico se describe a continuación:

$$t = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{S\bar{y}_1 - \bar{y}_2} = t \text{ de Student } (n_1 + n_2) \mu \alpha / 2)$$

Donde:

$\bar{y}_1 - \bar{y}_2$  = Diferencia entre medias muestrales

$\mu_1 - \mu_2 = 0$  bajo  $H_0$

$S^2 \bar{y}_1 - \bar{y}_2 = S^2 p (1/n_1 + 1/n_2)$

$S^2 p = (n_1 - 1) S_1^2 + (1/n_1 + 1/n_2)$

$n_1$  y  $n_2$  = Tamaño de muestras

$S_1^2, S_2^2$  = Varianza de las observaciones en cada muestra

Para el caso de las variables visuales cualitativas se realizó la prueba de U de Mann Whitney para dos poblaciones usando muestras independientes. Además, se realizaron tablas de frecuencias para representar los datos categóricos de las variables visuales. Posteriormente, se realizó la Prueba Xi cuadrada. El modelo estadístico es el siguiente:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

$X^2$ : Valor de Xi cuadrado

$O_i$ : Frecuencias observadas

$E_i$ : Frecuencias esperadas

El analisis de datos se realizó mediante el paquete estadístico SAS ® version 9.0 en todas las pruebas.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los siguientes cuadros muestran los resultados obtenidos en las variables estudiadas de acuerdo a las escalas descritas previamente para cada metodología (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Distribución porcentual en la evaluación de variables visuales en canales de Querétaro y Coatlínchán.**

Variable		T <sub>1</sub> : Querétaro T <sub>2</sub> : Coatlínchán	
		Porcentaje (%)	
<b>Madurez (meses)</b>	A < 30	-	-
	B 30-52	77.36	76.69
	C 52-72	21.05	23.3
	D 72-96	0.52	-
	E >96	1.05	-
<b>Conformación de la grasa</b>	1 No graso	-	-
	2 Poco cubierto	0.52	15.53
	3 Cubierto	8.42	82.52
	4 Graso	70	1.94
	5 Muy graso	21.05	-
<b>Muscularidad</b>	1 Pobre	-	5.82
	2 Normal	17.36	85.43
	3 Buena	82.63	8.73
<b>Color de la grasa</b>	1 Blanco	-	-
	2 Crema	100	70.87
	3 Amarillo	-	29.12

## 6.1 Variables cualitativas visuales en la canal

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de las variables morfométricas en las canales en ambos tratamientos.

**Cuadro 4. Evaluación de variables cualitativas**

Variable	T <sub>1</sub> : Querétaro	T <sub>2</sub> : Coatlínchán	
			Pr > Chi cuadrado
		Media (categórica)	
<b>Madurez (%) *</b>	16.421	15.825	0.9534
<b>Color de grasa</b>	2	2.291	<.0001
<b>Muscularidad</b>	2.826	2.029	<.0001
<b>Conformación de la grasa</b>	4.115	2.864	<.0001

Pr > Chi cuadrado = Valores menores a  $P < 0.05$  indican diferencias significativas.

\*Reportado con base al porcentaje de grado de osificación de acuerdo a la madurez fisiológica de la canal.

**6.1.1. Madurez.** Con referencia a la madurez de los animales sacrificados y su visualización en la canal, dentro de los diferentes rangos de clasificación, edad aproximada y porcentaje de osificación, expresados en el Cuadro 1, se observó que las medias registradas en las canales de Querétaro (16.421) y Coatlínchán (15.825) obtenidas de acuerdo al porcentaje de osificación, se encuentran en el rango B con intervalo de 30-52 meses de edad. En términos porcentuales, el rango B tuvo un mayor número en relación a otros rangos con el 77.36 % para el grupo de Querétaro y el 76.69 % en el grupo Coatlínchán. Pese a que los valores fueron similares no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos.

En segundo lugar, se encuentra el rango C con 21.05 y 23.30 % con intervalo de 52-72 meses respectivamente. En el grupo Querétaro se presentó el 0.52 % de las canales en el rango D de 72-96 meses y el 1.05 % con el rango E mayor a 96 meses de edad, cabe mencionar que en el rango A no se encontraron animales en ninguno de los tratamientos evaluados.

Torrescano et al. (2012) estimaron la madurez de la canal con fotoluminiscencia, utilizando la escala de la Norma Oficial Mexicana y el sistema de evaluación estadounidense en

machos enteros de la raza Brangus menores a 30 meses obteniendo el 11 % de osificación. En este trabajo se utilizó el sistema visual estadounidense de evaluación de canales, donde Querétaro y Coatlinchán obtuvieron el 16 % y 15% de osificación respectivamente. Si bien, la exactitud en la osificación es atribuida a la aplicación tecnológica, el sistema de evaluación utilizado en este estudio funciona como un método práctico para la estimación de la madurez que, a su vez, puede facilitar y agilizar la comercialización y clasificación de la canal. Por consiguiente, la utilización del sistema americano se fundamenta en que la NMX-FF-078-SCFI-2002 no ofrece un patrón o escala gráfica de referencia para la determinación de la madurez fisiológica en la canal.

Sin embargo, realizando un ejercicio similar al aplicado por Torrescano et al. (2012), de acuerdo al sistema de madurez ósea y edad cronológica en la canal según la NMX-FF-078-SCFI-2002 y a los porcentajes de osificación obtenidos en las canales de Querétaro y Coatlinchán, se puede deducir que las canales evaluadas corresponden a la edad de 25 a 30 meses de edad, sin mencionar que en el sistema americano empleado, la madurez corresponda al intervalo de 30-52 meses. De tal forma que, se obtienen resultados similares en adición que, para este caso, la evaluación fue ejecutada a través de la visualización subjetiva de la madurez en la canal.

Por otra parte, de acuerdo al sistema de estimación de la edad por madurez fisiológica en Colombia, Echeverri-Gómez et al. (2015) mencionan que las diferencias en la madurez fisiológica entre las razas Aberdeen Angus y Brahman afectan las características de la canal, siendo la raza Aberdeen Angus la que obtuvo mayor espesor de grasa dorsal y de la canal atribuidas a su mayor madurez. Por lo tanto, este estudio es similar al encontrar mayor cubrimiento de grasa en la canal en los dos tratamientos, debido a que el mayor porcentaje de la edad aproximada en los animales oscila entre 30-52 meses de edad, así como también presenta similitud con base al grado de ascendencia a la raza *Bos indicus*.

Rubio-Lozano et al. (2013), mencionan que en México el ganado bovino menor a 30 meses de edad destinado al sacrificio es mayormente utilizado por los productores debido a que la carne presenta mayor suavidad y bajo porcentaje de grasa, por lo que, de manera proporcional, a mayor edad del ganado al sacrificio, la carne es más dura y acumula más grasa.

**6.1.2. Color de grasa en la canal.** De acuerdo a la descripción de las tonalidades y a los valores expresados en el Cuadro 4 se encontraron diferencias ( $P < 0.0001$ ) con respecto al color de grasa en la canal. Se observó que la media obtenida en el ganado de Querétaro se encuentra en la escala 2, indicando que el 100 % de las canales evaluadas en este grupo presentan tonalidad crema. Por otra parte, las canales provenientes de Coatlinchán obtuvieron una media de 2.291, en comparación al grupo anterior, se observó que la mayor proporción de canales se agruparon en la escala 2 con un 70.87 % y en segundo lugar el 29.12 % correspondieron a la escala 3 con tonalidad amarilla.

La coloración amarilla de la grasa en la canal bovina es el resultado de la presencia de compuestos carotenoides derivados de las plantas. Los rumiantes almacenan estos compuestos debido a que son precursores de vitamina A y además tienen actividad antioxidante, de acuerdo a lo mencionado por Rubio et al. (2013). Además, Kruggel et al. (1982) asocian a la pigmentación del tejido adiposo al contenido de carotenoides en la alimentación, tiempo de consumo, así como la interacción de factores como la raza, sexo, edad y nivel de engrasamiento.

Con base al comportamiento del ganado proveniente de Querétaro, donde en su totalidad las canales presentaron la coloración crema, se puede atribuir a la inclusión de granos en la dieta convencional, puesto que los granos presentan niveles bajos de  $\beta$ -carotenos y otros pigmentos (Mellado-Ortega & Hornero-Méndez, 2017), además de que en México en los sistemas de alimentación en confinamiento, la utilización de grano representa hasta el 90% de la composición general de estas dietas (Mendoza & Ricalde, 2016). En adición, la coloración del tejido adiposo resultante en este trabajo indica que hubo escaso o nulo consumo de  $\beta$ -carotenos disponibles en granos durante la dieta de finalización, por lo que no hubo depósitos de los pigmentos que causan la coloración amarilla, coincidiendo con lo reportado por Gutiérrez et al. (2004).

Por otra parte, en el ganado engordado en Coatlinchán, se observó alrededor del 29.12 % de las canales con coloración amarilla, debido a la inclusión de forrajes en la dieta. Plascencia et al. (2016) mencionan que la inclusión de forraje en dietas de finalización comprende del 8 hasta el 50 %, su incorporación depende de la cantidad de FDN, la cual varía de acuerdo al tipo y madurez del forraje. De acuerdo a la composición de la dieta ofrecida los animales en Coatlinchán se proporciona únicamente zacate de maíz, por lo que este forraje no influye en la

coloración de grasa amarilla debido a que en los forrajes y pastos a mayor maduración menor será el contenido de pigmentos presentes en el tejido vegetal (Dunne et al., 2009). Sin embargo, la pigmentación en la canal puede atribuirse a que no fue mencionado por el productor que se proporcionaron forrajes frescos y/o a la compra de animales provenientes de sistemas de pastoreo con el fin de cumplir con el número requerido de animales a sacrificar.

Pese las causas de la coloración de la grasa amarilla en la canal bovina, esta no afecta el valor nutrimental de las proporciones comestibles ni el sabor de las mismas. Sin embargo, en México y en el extranjero la presencia de estos pigmentos en el tejido adiposo repercute en el rechazo por parte de los consumidores, además de generar pérdidas económicas importantes (Mora & Shimada, 2001).

Albertí et al. (2011) a través de un estudio del tono, croma y la estimación de pigmentos carotenoides en la grasa subcutánea de la raza bovina Serrana de Teruel, destaca que terneros de 12 meses de edad presentaron una coloración blanca del tejido adiposo debido al consumo de concentrado y aquellos con una edad de 22 meses presentaron una mayor pigmentación debido a una dieta mixta con silo de pradera.

Caro-Hernández et al. (2017) señalan que en animales alimentados con pastos se incrementa el color amarillo de la grasa en la canal; así mismo, la suplementación de ensilaje de caña de azúcar disminuye el color amarillo de la grasa de los animales en pastoreo.

**6.1.3. Muscularidad.** Los resultados de esta evaluación mostraron que en la media del grupo Coatlinchán (2.029) es menor a la obtenida en el ganado de Querétaro (2.826), por lo que este dato indica que el 85.43 % de las canales se encontraron en la escala 2 cuya conformación reside en “normal”. Además, el 82.63 % de las canales presentaron “buena” conformación con escala 3; aunque se observaron diferencias ( $Pr < 0.0001$ ) encontrando que las canales del ganado proveniente de Querétaro presentaron mejor calidad en cuanto al tipo de conformación que los animales provenientes de Coatlinchán.

En menor proporción el grupo de Querétaro obtuvo el 17.36% en la escala 2, en cambio en el grupo de Coatlinchán, 8.73% de las canales se ubicaron en escala 3, y el 5.82% restante pertenecen a la escala 1, presentando pobre conformación muscular traducido en menor calidad.

En cuanto a la importancia de la muscularidad, el ganado de Querétaro mostró mayor grado de muscularidad en contraste con los animales provenientes de Coatlínchán. De acuerdo a Leidenz et al. (2013) la muscularidad impacta sobre el rendimiento de la canal en machos; es decir, machos con muscularidad gruesa, tienden a presentar canales más pesadas con un aumento de 1.4 % más en canal que aquellos de muscularidad mediana, lo que explica el comportamiento entre los tratamientos evaluados en este estudio.

De acuerdo a lo anterior, se observó que animales de la raza *Bos indicus* fueron las que se encontraron en mayor proporción presentando diferentes grados de muscularidad, relacionado con el rendimiento en canal, esto relacionado con el tipo de alimentación que recibieron. En un estudio realizado por Trujillo et al. (2002), estos autores indican que en machos de la raza Charolais tuvieron una mejor respuesta en el rendimiento de las canales y en ganancia de peso, lo que se asoció con una mayor concentración de proteína sobrepasante de harinolina en comparación con la adición de grasa inerte.

Albertí et al. (2001) mencionan que a medida que un animal aumenta de peso incrementa el desarrollo de tejidos, primero se desarrolla la estructura ósea, posteriormente la musculatura que llega al punto máximo y finalmente aumenta la grasa. Por ello, si se sacrifica al animal joven y con poco peso la canal tendrá poca grasa, mientras que proporción de grasa aumentará rápidamente con el mayor de peso del animal.

Puesto que la muscularidad en el ganado bovino depende de la edad, tipo racial y la alimentación ofrecida antes del sacrificio, no se descarta la idea de que en ambos tratamientos se haya utilizado algún promotor de crecimiento o algún otro fármaco que ayude a mejorar la condición corporal en los animales antes del sacrificio. Esto en relación a lo reportado por Hernández-Sánchez et al. (2013), donde encontraron que el 50% de la carne bovina muestreada en tiendas de conveniencia del municipio de Texcoco, estado de México tenían residuos de clenbuterol, excediendo de 5 a 10 veces los niveles de concentración permitidos por la FAO (1996), además de violar la NOM-EM-015-ZOO (2002) y constituir un riesgo a la salud humana.

**6.1.4. Conformación de la grasa.** Con respecto al grado de cubrimiento de grasa, así como su descripción en la canal (Cuadro 3), existe amplia heterogeneidad en la distribución de clases para ambos grupos. Los valores referentes al Cuadro 4 respectivo al grupo de canales de

Querétaro (4.115), indica que el 70 % de las canales se encuentran agrupados en la clase 4 “Graso”, mientras que el resultado en el grupo Coatlinchán (2.864) mostró que el 82.52 % de las canales se encontraban en la clase 3 “Cubierto”, mostrando diferencias ( $P < 0.0001$ ).

En cuanto al resto de las clases, las canales de Querétaro obtuvieron una distribución porcentual del 21.05 % en clase 5, además del 8.42% en clase 3 y el mínimo de 0.52% en clase 2. Sin embargo, las de Coatlinchán, obtuvieron el 15.53 % en la clase 2 y tan solo el 1.94 % en la clase 4.

De acuerdo a lo reportado en el cuadro anterior y pese a las diferencias entre tratamientos, se encontró que el grado 4 y 3 fue más frecuente en relación al grado de cubrimiento de grasa en la canal, por lo que, en términos porcentuales, el ganado de Querétaro obtuvo el 70 %, mientras que el ganado de Coatlinchán el 82.52 %.

Dado que en ambos tratamientos la edad al sacrificio osciló entre 30-52 meses. De acuerdo con Rubio-Lozano et al (2013), mencionan que a mayor edad en el ganado bovino mayor será la dureza y la cantidad de grasa presente en carne donde a su vez, esta depende de la conformación de grasa en la canal.

Las canales correspondientes al ganado de Querétaro presentaron mayor porcentaje en la clase 4, debido a la dieta convencional, Paniagua & Campos (2013) mencionan que la alimentación con granos aumenta el contenido energético en la ración causando mayor engrasamiento de la canal y de la carne, además incrementa el porcentaje de grasa intramuscular y la síntesis de colágeno, teniendo efecto en la terneza, disminuyendo la resistencia al corte.

Por otra parte, la inclusión de pan y galleta en la dieta del ganado procedente de Coatlinchán, que son utilizados por su bajo costo, tienen un alto valor energético por su contenido en grasa y azúcares solubles además de su fácil fermentación en el rumen por lo que pueden ser mezclados y/o sustituidos por granos (INTA, 2012). No obstante, en los animales provenientes de Coatlinchán, se observó un nivel reducido engrasamiento en la canal, debido posiblemente a un mayor suministro de forraje, coincidiendo con Albertí et al. (2001) quienes mencionan que el aumento del forraje en la alimentación de bovinos disminuye el estado de engrasamiento.

Sin embargo, de acuerdo a Miguel et al. (2003), el crecimiento muscular, la acumulación de grasa en la canal, así como el crecimiento óseo están influidos por el sexo, por lo que los machos presentan mayor desarrollo muscular y óseo a diferencia de las hembras, siendo en estas últimas donde existe una mayor deposición de grasa en la canal en comparación con los machos.

## 6.2 Variables morfométricas cuantitativas

Con base a los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 5 las variables morfométricas evaluadas en este estudio.

**Cuadro 5. Mediciones morfométricas en canales.**

Variable (cm)	Tratamiento 1 (Querétaro)		Tratamiento 2 (Coatlinchán)		Pr >  t
	Media	EEM	Media	EEM	
<b>Largo de giba</b>	31.761	0.4173	27.544	0.5379	<.0001
<b>Alto de giba</b>	17.197	0.2633	13.534	0.2761	<.0001
<b>Longitud de la canal</b>	160.04	0.4319	156.17	1.044	0.0008
<b>Espesor de grasa dorsal</b>	3.3553	0.0596	2.4563	0.0651	<.0001

Pr > |t|= Valores menores a  $P < 0.05$  indican diferencias significativas. EEM = Error estándar de la media.

**6.2.1. Largo y alto de giba.** Como se observa en el cuadro 5, se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre el largo y el alto de la giba en los dos tratamientos. En el caso de las canales de Querétaro los valores promedio para el largo de giba y alto de giba oscilaron en 31.76 y 17.19 cm. En el ganado de Coatlinchán la longitud promedio fue de 27.54 cm para el largo de giba y 13.53 cm para alto de giba.

Resultados diferentes señalan Diaz & Velasquez (2012) donde la altura de giba promedio fue de  $15.3 \pm 5.77$  cm en machos cebú, correlacionando la altura de la giba con el rendimiento en la canal, peso en canal caliente y al nivel de engrasamiento en giba. En ese mismo contexto, Casas et al. (2005) reportan alturas de giba alrededor de 15,7 cm para canales de novillos de la

raza Brahman, resultados similares señalan Abdelhadi et al. (2011) en animales *Bos indicus*, con altura de 16.7 cm. Por su parte Hammack, (2007) encontró alturas de 20.3 cm, similares a lo observado en canales del ganado engordado en Coatlinchán; por último, Rébak et al. (2005) mencionan canales con tamaños de gibas superiores a 20 cm.

Las medidas registradas conforme a la longitud y altura de giba en canales procedentes de Coatlinchán son similares a las reportadas por Mendoza et al. (2014) en machos de razas británicas con  $27.7 \pm 6.7$  y  $11.2 \pm 4.9$  cm, asimismo con razas continentales con  $28.9 \pm 7.1$  y  $12.7 \pm 5.3$  cm, de igual forma en razas sintéticas con  $29.0 \pm 8.8$  y  $13.5 \pm 6.5$  cm respectivamente. Por otro lado, razas cebuinas presentaron similitud con respecto al grupo de canales provenientes de Querétaro con  $33.7 \pm 10.9$  cm de longitud y  $18.2 \pm 8.1$  cm en altura de giba.

Con respecto a las características de la canal, así como el tipo racial predominante en este estudio podemos atribuir que la alimentación influyó en la conformación muscular en ambos tratamientos, explicando la diferencia en el tamaño de la giba.

**6.2.2. Longitud de la canal.** De acuerdo a la longitud de la canal, hubo diferencias ( $P < 0.0008$ ) entre el ganado proveniente de Querétaro, con respecto al ganado de Coatlinchán, teniendo el primero una longitud promedio de 160 cm. Sin embargo, es importante mencionar que los datos referentes a la longitud de la canal se realizaron de manera inmediata, es decir, en la canal caliente, por lo que pueden existir diferencias en la medida de esta variable al realizarlo en canal fría.

Se encontraron diferencias en los resultados obtenidos en esta investigación y lo reportado por Torrescano et al. (2010), donde la longitud promedio de canales bovinas realizadas a las 24 h *post mortem* provenientes de razas criollas osciló entre 131 a 135 cm.

En un estudio realizado por Aguayo-Ulloa et al. (2018) sobre la calidad de la canal y la carne en bovinos en dos grupos del ganado tipo cebú, observaron una longitud de canal promedio  $142 \pm 03$  y  $143 \pm 02$  cm, al proporcionar una dieta a base de pastoreo más suplemento de torta de palmiste y salvado de arroz.

En cuanto al tipo racial, Echeverri-Gómez et al. (2015) tampoco encontraron diferencias entre la longitud de canal entre las razas Aberdeen Angus x Brahman respecto a canales de toretes

Brangus, donde sus mediciones fueron 132.0 y 133.5 cm, respectivamente, teniendo el mismo comportamiento en el perímetro de la pierna y el peso en la canal caliente.

Por su parte, Velásquez et al. (2013) en un estudio realizado en machos Holstein enteros de 14 a 21 meses de edad utilizando un sistema de pastoreo rotacional y suplementados con ensilaje de grano, observaron que la longitud de canal promedio fue de 139.4 cm. No obstante, también señalan que la longitud de la canal está fuertemente correlacionada con el peso de la canal caliente, peso de la canal fría y el peso total de carne aprovechable de acuerdo a los coeficientes de determinación ( $r^2 = 0.84, 0.84$  y  $0.87$ ).

En tanto, Panea et al. (2010) mencionan que la raza Menorquina presentó una longitud de canal promedio de 127 a 132 cm a una edad aproximada de 12 meses, teniendo mayor ternera y jugosidad en carne, así como la presencia de carne oscura debido a la alimentación en pastoreo.

Sousa et al. (2016), observaron que la longitud de la canal en bovinos de raza Mirandesa osciló en 110 cm a una edad aproximada de 10 meses.

La medición de la longitud de la canal es muy importante debido a su aplicación en el cálculo del índice de compacidad de la canal; realizada a partir del peso de la canal/longitud de la canal; donde el valor obtenido indica buena conformación y alto rendimiento en la carne (Albertí et al., 2001).

Torrescano et al. (2010) señalan que la calidad de la canal depende fundamentalmente de las proporciones relativas de hueso, músculo y grasa, ya que son determinantes del porcentaje y calidad de la carne destinada al consumo.

La diferencia en la longitud de la canal en el ganado de Querétaro, si bien, no se pudo conocer la composición de la dieta, las dietas convencionales para ganado en finalización tienen un mejor balance de nutrientes, influyen en una mayor velocidad de crecimiento y, a su vez, se ve reflejado en la composición del animal y la proporción de las piezas comerciales, esto aunado a la elección de la raza, edad y el sexo de los animales sacrificados. Además, la variedad de los ingredientes utilizados también puede influir en las características de la canal, y a su vez, esta puede indicar la calidad de la canal bovina y características relacionadas al rendimiento y calidad de la carne.

En el ganado procedente de Coatlinchán, a pesar de que ambos tratamientos presentaron una madurez fisiológica similar, la alimentación proporcionada en la etapa de finalización impactó en el crecimiento de los animales, reflejado en una menor longitud de la canal, posiblemente acuñada a un déficit en el balance de nutrientes, así mismo, recalca la importancia de la calidad y el equilibrio nutricional en dietas ofrecidas al ganado bovino.

**6.2.3. Espesor de grasa dorsal.** En cuanto al espesor de grasa dorsal en la canal, existen diferencias significativas en las canales procedentes de Querétaro respecto a las de Coatlinchán ( $P < 0.001$ ) donde las canales de Querétaro obtuvieron una media de 3.35 cm; así mismo, las canales de este tratamiento se encontraron dentro de la clase 4 de cubrimiento de grasa en la canal (Cuadro 3). De tal forma que, se puede relacionar el grado de cubrimiento de la grasa en la canal con respecto al espesor de grasa dorsal, mencionando que las medidas registradas se hicieron en canal caliente.

Por otra parte, la media obtenida en las canales de Coatlinchán fue de 2.45 cm, de igual forma, relacionado al grado de cubrimiento de grasa en canal, a diferencia de Querétaro, esta se ubicó en la clase 3, correspondiente al 82.52% de las canales evaluadas.

La diferencia existente en el espesor de la grasa dorsal, con relación a la alimentación proporcionada en cada tratamiento, se justifica a razón con lo mencionado por Albertí et al. (2001) donde explican que, al utilizar concentrados en cualquier raza, aumenta el engrasamiento del animal junto con la ganancia de peso hasta llegar al punto máximo. En tanto que, al utilizar forrajes el engrasamiento disminuye y, con ello, la ganancia de peso. Esto significa que los animales de Querétaro, que tuvieron una dieta convencional donde el grano se utiliza en mayor cantidad, presentaron mayor estado de engrasamiento y mayor espesor de grasa dorsal, caso contrario debido a la inclusión de forraje en el ganado de Coatlinchán.

Debido a la aplicación de las metodologías a las 24 h *post mortem* y a los pocos estudios realizados en canal caliente, se pudieron haber encontrado diferencias otros estudios; además, la comercialización del 60 % la canal caliente representa la distribución de piezas comerciales en el país (Carrera et al., 2014). Sin embargo, Carrillo-Herrera et al. (2016) encontraron que el espesor de grasa dorsal en bovinos evaluados en la canal fría de las razas *Bos taurus* y *Bos indicus* con dietas isonitrogenadas e isoenergéticas osciló alrededor de 0.33-0.80 cm.

Hernández-Bautista, (2009) encontró diferentes espesores de grasa dorsal en canales de bovino con tres sistemas de producción; alrededor de  $4.2 \pm 0.6$  mm de engorda intensiva,  $1.9 \pm 0.3$  mm en pastoreo más suplemento y  $2.7 \pm 0.5$  mm en pastoreo con razas Pardo Suizo x Cebú con 21 meses de edad.

Si bien, el espesor de la grasa dorsal en ambos tratamientos difiere con lo reportado por otros autores, esto se debe a que en el rastro frigorífico se suele realizar un desgrase previo de la canal con fines estéticos, puesto a que en este estudio se realizó en canal caliente después del sacrificio debido a su distribución inmediata, por lo que las medidas registradas fueron obtenidas de canales donde no hubo alguna actividad previa que pudiera alterar su espesor original. El estudio de las canales bajo estas condiciones puede servir para conocer la condición inicial del espesor de la grasa dorsal, en comparación con lo registrado a las 24 horas *post mortem* en canal fría. Además, el desgrasamiento previo puede presentar mermas en el peso de la canal caliente, así como intervenir en la conservación de la jugosidad y terneza de la carne en partes con más valor comercial.

## VII. CONCLUSIONES

La alimentación proporcionada previo al sacrificio en ambos tratamientos causa diferencias en las características y calidad de la canal en cuanto a la conformación de grasa, muscularidad y color de grasa en la canal. Así mismo, en las mediciones morfométricas, en cuanto a la longitud de la canal, espesor de grasa dorsal y el largo y alto de la giba.

La comercialización en la cadena de carne bovina comienza desde la presentación en canal caliente, por lo que en ese momento, empieza su evaluación y categorización y con base en ello se determina el precio adecuado. Las metodologías relacionadas a la evaluación de la calidad, estandarización y caracterización en la canal pueden efectuarse como precursoras de la calidad y rendimiento en las piezas comerciales, incluso cuando estas evaluaciones se hagan en la canal caliente.

La adaptación parcial de metodologías referentes a la clasificación de la canal por parte de sistemas internacionales no representa con exactitud el panorama de los productos cárnicos comercializados en el país, por lo que es necesario la creación de sistemas nacionales que se ajusten a los intereses del consumidor, así como las preferencias en el mercado nacional, incluyendo los sistemas de producción empleados, genotipos con mayor aptitud cárnica y tipo de alimentación.

En el caso particular de la pigmentación de la grasa en la canal, se deben realizar estudios que cuantifiquen pérdidas económicas en el país, al mismo tiempo, difundir el hecho de que esta condición está relacionada a la alimentación con forrajes y no al del deterioro de la salud del animal, así como disminuir el castigo económico y favorecer la ampliación de variedad en el consumo de carne y canales de este tipo.

### VIII. LITERATURA CITADA

- Abdelhadi, O., Babiker S., & Kijora C. (2011). Estimation of Zebu cattle carcass weight using body measurements. *Livestock Research for Rural Development* 23(1), 3-20.
- Aguayo-Ulloa, L. A., Santana, M. O., Mestra, L. I., Burgos, W. O. & Florez, H. (2018). Calidad de la canal y de la carne de bovinos sometidos a dos planes de manejo alimenticios: suplementado con torta de palmiste vs. no suplementado. En *XXVI Reunión ALPA, V Simposio Internacional de Producción Animal*. Guayaquil, Ecuador.
- Albertí, P., Lahoz, F., Tena, R., Jaime, S., Sañudo, C., Olleta, J.L., Campo, M.M., Panea, B. & Pardos, J.J. (2001). Producción y rendimiento carnicero de siete razas bovinas españolas faenadas a distintos pesos. *Informaciones Técnicas de la Dirección General de Tecnología Agraria*, 101, Ed. DGA, 15 pp.
- Albertí, P., Ripoll, G., Blasco, I., Álvarez-Rodríguez, J., Campo, M. M., Kara, S., & Sanz, A. (2011). Calidad de la carne de terneros, añojos y cebones de raza Serrana de Teruel. *XIV Jornadas sobre producción animal AIDA* 58:748-750. Consultado 30 de mayo de 2022.
- Arroyo, J. V., Ávila, D. M. V., Sánchez, W. M., Loredó, A. M., & Ojeda, G. Á. (2009). Calidad microbiológica de dos plantas procesadoras de cárnicos de la Comarca Lagunera, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 8(2), 63-68.
- Avendaño-Reyes L., Macías-Cruz U., Álvarez-Valenzuela F.D., ÁguilaTepato E., Torrentera N.G., & Soto S.A. (2011). Effects of zilpaterol hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and wholesale cut yield of hair-breed ewe lambs consuming feedlot diets under moderate environmental conditions. *Journal Animal Science* 89, 4188-4194.
- Bauer, D., Rush, I., & Rasby, R. (2009). Minerales y vitaminas en bovinos de carne. *Sitio Argentino de Producción Animal* 15 (1), 1-18.
- Braña, D, Ramírez E, Rubio M, Sánchez A, Torrescano G, Arenas M, & Partida J. (2011). Manual de análisis de calidad en muestras de carne. Folleto Técnico N.º 11. DF México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 89 p.

- Callejas-Juárez, N., Rebollar-Rebollar, S., Ortega-Gutiérrez, J. Á., & Domínguez-Viveros, J. (2017). Parámetros bio-económicos de la producción intensiva de la carne de bovino en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8(2), 129-138.
- Caro-Hernández, J M., Ramos-Juarez, J.A., Hernández-Mendo, O., & Aranda-Ibáñez, E.M. (2017). Color del tejido adiposo de toretes finalizados con ensilado de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). *Agroproductividad* 10(11), 76-81.
- Casas E, White S, Riley D, Smith T, Breneman R, Olson T, Johnson D, Coleman S, Bennett G.. & Chase C. (2005). Assessment of single nucleotide polymorphis in genes residing on chromosomes 14 and 29 for association with carcass composition traits in *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science* 83 (1), 13-19.
- Castellanos-Ruelas, A. F., Rosado-Rubio, J. G., Chel-Guerrero, L. A., & Betancur-Ancona, D. A. (2006). Using zilpaterol in an intensive feeding system for steers in Yucatán, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14(2), 56-59.
- Ciria Ciria, J., & Asenjo Martín, M. B. (1998). Calidad de carne de vacuno. *Mundo Ganadero* 102(102), 40-43. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/33922>
- Cobo, C., & Romero, M. (2012). Importancia de la interacción hombre-animal durante el pre-sacrificio bovino: revisión. *Biosalud* 11(2), 79-92.
- Comisión Europea. Dirección General de Agricultura y Desarrollo Rural. (2005). Modelo comunitario de clasificación de canales de bovinos pesados. Disponible en: <http://bookshop.europa.eu/es/modelo-comunitario-de-clasificaci-n-decanales-de-bovinos-pesados>. En Línea. Consultado: 2 de enero de 2019
- Cruz-Monterrosa, R. G., & Ramírez-Bribiesca, E. (2013). Factores alimenticios que influyen en la calidad de la carne de rumiantes. *Agroproductividad* 6(1), 23-33.
- Cury, K., Aguas, Y., Martinez, A., Olivero, R., & Ch, L. C. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA* 9(1), 122-132.

- De Boer, H.D.B.L., Dumont, B.L, Pomeroy, R.W. & Weniger, J.H. (1974). Manual de métodos de referencia de la EAAP para la evaluación de las características de la canal en bovinos. *Ciencias de la Producción Ganadera* 1 (2), 151-164.
- Díaz Pulgar, C. A. & Velásquez Mosquera J. C. (2012). Relación del tamaño y nivel de engrasamiento de la giba con características de la canal en bovinos sacrificados en un frigorífico en Villavicencio. *Livestock Research for Rural Development*. Vol. 24, Article #125.
- Domenech, K., Rivera, A., Casas, A., Pagán, M., Cianzio, D., & Pérez, F. (2017). Efecto del sexo y tipo de animal sobre la terneza y jugosidad de la carne de res de bovinos con ocho incisivos permanentes en Puerto Rico. *Revista de Agricultura de la Universidad de Puerto Rico* 101 (1), 51–62.
- Domínguez-Vara, I. A., Mondragón-Ancelmo, J., Ronquillo, M. G., Salazar-García, F., Bórquez-Gastelum, J. L., & Aragón-Martínez, A. (2009). Los B-agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos: una revisión. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva* 16(3), 278-284.
- Dunne, P.G., Monahan, F.J., O'mara, F.P., & Moloney, A.P. (2009). Color del tejido adiposo subcutáneo bovino: una revisión de los factores contribuyentes, las asociaciones con la calidad de la canal y la carne y su utilidad potencial en la autenticación del historial dietético. *Ciencia de la carne* 81(1), 28-45.
- Durand, M., & Kawashima R. (1980). Influence of minerals in rumen microbial digestión. In: Ruckebusch Y, Thivend P (eds). *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. Lancaster: MTP. p. 375-408.
- Durand, M., & Komisarczuk S. (1988). Influence of mayor minerals on rumen microbiota. *Journal of Nutrition* 118(2), 249-260.
- Echeverri-Gómez, J., Restrepo Betancur, L. F., & Mahecha Ledesma, L. M. (2015). Calidad de la canal de bovinos enteros F1 Aberdeen Angus x Brahman y Brangus en Colombia. *Livestock Research for Rural Development* 27(1) <http://hdl.handle.net/10495/11599>

- Elizalde, J. C. (2015). Impacto del uso de los sistemas de alimentación a corral como estrategia para el engorde de bovinos para carne. *Maskana* 6(Supl.), 83–93.
- Fajardo-Zapata, A.L., Méndez-Casallas, F. J., & Molina, L.H. (2011). Residuos de fármacos anabolizantes en carnes destinados al consumo humano. *Universitas Scientiarum* 16 (1),77-91. Recuperado el 02 de junio de 2022, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-74832011000100007&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-74832011000100007&lng=en&tlng=es).
- Fajersson, P. (2015). Bienestar animal y la inocuidad pecuaria. *Colegio de Postgraduados Campus Veracruz y Eco. Agro. Pec. México*.
- FAO. (1996). Compendio de especificaciones para aditivos alimentarios. JECFA. Límites máximos para residuos (LMR) para clenbuterol. Roma, Italia. 65 p.
- FIRA. (2019). Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Panorama Agroalimentario. Carne de Bovino 2019. Consultado 1 de diciembre de 2019.
- Godoy, M., Fernández, H., Morales, M. A., Ibarra, L., & Sepúlveda, C. (1986). Contusiones en canales bovinas. Incidencia y riesgo potencial. *Avances en Ciencias Veterinarias* 1(1). <https://revistas.uchile.cl/index.php/ACV/article/view/10378/10727>
- González, F.A.N., Macías, J.A.G., & Martínez, E.D. (2008). Evaluación de canales de toros sacrificados a diferente peso comercial en el estado de Oaxaca México. *Revista Brasileira de Agrociencia* 14(2), 359-368.
- González, F. A. N., Macías, J. A. G., Bautista, J. H., & Castro, J. A. J. (2005). Caracterización de canales de ganado bovino en los valles centrales de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 43(2), 219-228.
- González-Salazar, E., Díaz-Ávila, V., Duarte-Vargas, J. H., & Castañeda-Serrano, R. D. (2021). Desempeño y calidad de carne de bovinos en confinamiento alimentados con diferentes niveles de subproductos agrícolas. *Revista MVZ Córdoba* 26(2), 1950-1950.
- Gutiérrez, S.B., García, B.C., Mora, I.O, & Shimada, M.A., (2004). Impacto económico de la pigmentación del tejido adiposo en bovinos en pastoreo en el trópico. *Agrociencia* 38(2), 173-179.

- Gutiérrez, S.B., Izaguirre, O.M., Meneses, V.C. & Shimada, M.A., (2006). La pigmentación amarilla del tejido adiposo de bovinos finalizados en pastoreo y su relación con su concentración de carotenoides y el perfil de ácidos grasos. *Técnica Pecuaria en México* 44 (2), 01-10.
- Hammack, S. (2007). Hump height vs. quality. Texas A&M University Beef Cattle Browsing Newsletter.
- Haro, J. M., & Haro, I. M. (2007). Nutrición proteica de bovinos productores de carne en pastoreo. *Acta Universitaria* 17(2), 45-54.
- Hernández-Bautista, J, Gómez-Vázquez, A, Núñez-González, FA, Ríos-Rincón, FG, Mendoza-Martínez, GD, García-Macías, JA, Villegas-Aparicio, Y, Hernández-Sánchez, D, & Joaquín-Torres, B M. (2009). Rendimiento de la canal y de los componentes no cárnicos de toretes pardo suizo x cebú en tres sistemas de alimentación en clima cálido húmedo. *Universidad y Ciencia* 25(2), 173-180. Recuperado en 01 de febrero de 2020
- Hernández-Sánchez, D., Francisco-Martínez, A., Osorio-Reyes, J.P., Cobos-Peralta, M.A., Crosby-Calván, M.M., & Hernández-Mendo, O. (2013). Niveles de clenbuterol detectados en carne de bovino distribuida en Texcoco, Estado de México. *Agroproductividad* 6(1), 17-23.
- Huertas. C.S.M. (2009). El bienestar animal: un tema científico, ético, económico y político. *Agrociencia* 18, 45-50.
- INTA. (2012). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Los subproductos agroindustriales en la alimentación de los rumiantes. Proyecto Pampa Húmeda. Rivadavia 1439 (1033) Buenos Aires, Argentina. p. 34.
- INTAGRI. (2018). Nutrición Proteica y Energética en la Alimentación del Ganado. Serie Ganadería, Núm. 09. *Artículos Técnicos de INTAGRI*. México. 3p. Consultado: 28 de mayo de 2022.
- INTAGRI. (2019). Fases de Alimentación para Bovinos de Engorda. Serie Ganadería, Núm. 18. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p. Extraído

de <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/fases-de-alimentacion-para-bovinos-de-engorda>. Consultado 27 de marzo de 2022.

- Izquierdo, A. C., Lang, C. G. R., Oaxaca, J. A. S., Campos, V.X., Suárez, S. C., Mendoza, M. M., Crispin, R. H., Jiménez, M. S. C., Jiménez, C. A. C., & Liera, E. G. (2009). Importancia del bienestar animal en las unidades de producción animal en México. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria* 10(12).
- Kempster, A.J. (1990). Marketing procedures to change carcass composition. En: Reducing fat in meat animals. Wood, J.D. and Fisher, A.V. ed. Bristol. Londres.
- Kruggel, W. G., R. A. Field, G. J. Miller, K. M. Horton, and J. R. Busboom. 1982. Influence of sex and diet on lutein in lamb fat. *Journal of Animal Science* 5, 971-975.
- Leidenz, N. H., Flores, A. R., Hernández, J. V., Timaure, N. J., & Gonzalez, A. R. (2020). Tendencias en desempeño de la canal de toretes Brahman y cruza F1 engordados en pastizales tropicales. *Nacameh* 14(1), 16-30.
- Leidenz, N. H., Hernández, O., Gonzalez, A. R., Ordóñez, J., Alvarado, H. L. P., Rincón, E., ... & Bracho, B. (2013). Peso corporal y rendimiento en canal según clase sexual, tipo racial, condición muscular, edad y procedencia de bovinos venezolanos. *Nacameh* 7(2), 75-96.
- Linares, C.P. (2011). Cambios en las prácticas de manejo antes y durante el sacrificio para disminuir la presencia de carne DFD en bovinos. *Nacameh* 5(1), 59-68.
- Losada-Custardoy, H., López-González, M.A., Cortés-Zorrilla, J., Luna-Rodríguez, L., Vieyra-Durán, J.E., & Vargas-Romero, J. M. (2016). Efecto de la alimentación con desperdicios orgánicos sobre la producción y reproducción de vacas lecheras. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 13(3), 401-409.
- Martínez, G J.A., Hernández, G.P.A., Mendoza, M.G.D., & Plata, P.F.X. (2016). Aditivos Alimenticios. Capítulo XIV. Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. Mendoza M.G.D. & Ricalde V.R. Segunda edición: 2016. Universidad Autónoma Metropolitana. p. 85-91.

- Martínez, J.H., Rebollar, S.R., Razo, F.D.J.G., Soria, E.G., Portillo, B.A., & Martínez, A.G. (2011). La cadena productiva de ganado bovino en el sur del Estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 29, 672-680.
- Mellado-Ortega, E., & Hornero-Méndez, D. Capítulo 21. Carotenoides en cereales. Aguilar-Espinosa, M., Alcalde, M. J., Alonso, G. L., Álvarez, R., Angaman, D. M., Arhazem, O. & Zorrilla-Lopez, U. (2017). Carotenoides en agroalimentación y salud. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.
- Méndez, R.D., Meza, C.O., Berruecos, J.M., Garces, P., Delgado, E.J., & Rubio, M.S. (2009). A survey of beef carcass quality and quantity attributes in Mexico. *Journal of Animal Science* 87,3782-3790.
- Mendizabal, J.A., Albertí, P., Martínez del Pino, L., Urrutia, O., Gómez, I., Arana, A., Beriain, M.J. & Purroy, A. (2017). Caracterización de canales de terneros Frisones y Pirenaicos mediante la técnica de análisis de imagen. XVII Jornadas sobre Producción Animal: Zaragoza, p. 684-686 <http://hdl.handle.net/10532/4228>
- Mendoza, G.D. & Ricalde, R. (2016). Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. 2nd Ed. Ed. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México D.F., México, p. 252, ISBN: 978-607-28-1031-0
- Mendoza, M.G.D., Hernández, G.P.A, Crosby, G.M.M. & Ortega, N.C. (2016). Requerimientos nutricionales. Capitulo XII. Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. Mendoza M. G. D. & Ricalde V. R. Segunda Edición. Universidad Autónoma Metropolitana. p. 108-122.
- Mendoza, P., Ibarra, M.E., Landeros, H., Castro B.I., Estrada, A. & Rios, F.G. (2014). Carácter ización de canales bovinas procesadas en una planta tipo inspección federal certificada para exportación. Memoria de la XXIV Reunión Internacional sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. Primera edición: noviembre de 2014. p. 241-247.
- Miguel, E., Ruíz de Huidobro, F., Díaz, M.T., Velasco, S., Lauzurica, S., Pérez, C., Onega, E., Blázquez, B. & Cañeque, V. (2003). Methods of carcass classification based on subjective assessments of carcass fatness and of carcass conformation: effect of sex on

- the prediction of tissue composition in carcass of sucking lambs. *Animal Science* 77, 383-393.
- Miller R.K. (2002). Factors affecting the quality of raw meat. En: Meat Processing. Improving Quality. J. Kerry y D. Ledward (compiladores). Wood Head Publishing. Cambridge, Inglaterra.
- Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. (2008). La Clasificación de Canales de Vacuno Pesado, Base Legislativa y Manual Gráfico. Gobierno de España. Madrid. España. 38-51.
- Minson, D.J. (1990) Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, New York. 483p.
- Miranda-de la Lama, G.C. (2013). Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. *Veterinaria México*, 44(1), 31-56. Recuperado en 01 de febrero de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0301-50922013000100004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922013000100004&lng=es&tlng=es).
- Monsón, F., Campo, M. M., Panea, B., Sañudo, C., Olleta, J. L., & Alberti, P. (2005). Relación entre medidas objetivas y subjetivas de la conformación en 15 razas europeas de vacuno. *XI Jornadas de Producción Animal de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario*. Zaragoza, España.
- Mora, I.O. & Shimada, M.A. (2001). Causas del color amarillo de la grasa de canales de bovinos finalizados en pastoreo. *Veterinaria México* 32(1), 63-71.
- Mora, O., Romano, J.L., González, E., Ruiz, F.J. & Shimada, A. (1999). In vitro and in situ disappearance of betacarotene and lutein from lucerne (*Medicago sativa*) hay in bovine and caprine ruminal fluids. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79, 273–276.
- Norma Oficial Mexicana. (2002). NMX-FF-078-2002. Productos pecuarios. Carne de bovino en canal.
- Nourozi, M., Abazari M., Mohammadi M., Raisianzadeh M., & Zare, Shahne A. (2005). Effect of two beta-adrenergic agonist on performance and carcass composition of an Iranian native breed of sheep. *Pakistan Journal of Nutrition* 4, 384-388.

- Núñez-Torres, O. P. (2017). Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. *Journal of the Selva Andina Animal Science* 4(2), 93-94. Recuperado en 17 de marzo de 2022.
- Ochoa, S.L.P., Restrepo, C.S.E., & Noguera, R.R. (2016). Mezclas minerales múltiples para la alimentación de bovinos-Aplicación y formulación. *Fondo Editorial Biogénesis* 47-47.
- Odeón, M.M., & Romera, S.A. (2017). Estrés en ganado: causas y consecuencias. *Revista Veterinaria* 28(1), 69-77. <http://dx.doi.org/10.30972/vet.2811556>
- OIE. (2013). Organización Mundial de Salud Animal. Normas de bienestar animal de la OIE en el marco de una política de comercio multilateral. Disponible en: [http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Animal\\_Welfare/docs/pdf/Otros/Rev\\_Inv\\_Vet\\_Peru\\_2019;30\(1\):34-4848\\_Animal\\_welfare\\_and\\_Trade/E\\_WTO\\_Paper.pdf](http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Animal_Welfare/docs/pdf/Otros/Rev_Inv_Vet_Peru_2019;30(1):34-4848_Animal_welfare_and_Trade/E_WTO_Paper.pdf)
- Palacios, M.G.L., & Lozano, M.S.R. (1998). Tecnologías para la evaluación objetiva de las canales de animales de abasto. *Veterinaria México*, 29(3), 279-289.
- Palma García, J.M. (2014). Escenarios de sistemas de producción de carne de bovino en México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 18(1),53-62. Consultado 22 de Abril de 2022.
- Panea Doblado, B., Sañudo Astiz, C., Olleta Castañer, J. L., & Sierra Alfranca, I. (2010). Caracterización de la canal y la carne de la raza bovina Menorquina. *Archivos de Zootecnia* 59(227), 467-470.
- Paniagua P. L., & Ocampos, D. A. (2013). Caracterización de la canal y calidad de la carne producida por cuatro categorías bovinos provenientes de dos sistemas de producción ganadera en Paraguay. *Investigación Agraria* 10, 23-33.
- Parra-Cortés, R.I. & Magaña-Magaña, M.A. (2019). Características técnico-económicas de los sistemas de producción bovina basados en razas criollas introducidas en México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 6(18), 535-547. Epub 20 de febrero de 2020.
- Pérez, J.N.S., Estrada, J.C.R., Loera, J.J.P., Rincón, F.G.R., Medina, K.H.L., Acuña M.O.S., Bernal, J.A.F., & Ramos, H.D. (2019). Prevalencia, caracterización y factores de riesgo asociados a contusiones en canales bovinas en una planta de sacrificio en Sinaloa, México. *Biotecnia* 21(3), 114-120.

- Pérez-Linares, C, Figueroa-Saavedra, F, Estrada-Angulo, A, Sánchez-López, E, Barreras-Serrano, A, Bolado-Sarabia, JL, & Ríos-Rincón, FG. (2015). Animal welfare indicators during the stunning of bovines slaughtered in federal inspection type slaughterhouses located in northwestern Mexico. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 47(3), 375-380.
- Pérez-Linares, C., Figueroa-Saavedra, F., & Barreras-Serrano, A. (2008). Factores de manejo asociados a carne DFD en bovinos en clima desértico. *Archivos de Zootecnia* 57(220), 545-547.
- Pérez-Linares, C., Sánchez-López, E., Ríos-Rincón, F.G., Olivas-Valdéz, J.A., Figueroa-Saavedra, F., & Barreras-Serrano, A. (2013). Factores de manejo pre y post sacrificio asociados a la presencia de carne DFD en ganado bovino durante la época cálida. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4(2), 149-160. Recuperado en 01 de febrero de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242013000200002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000200002&lng=es&tlng=es).
- Plascencia J.A., Mendoza M.G.D. & Hernández G.P.A. (2016). Forrajes en corrales de engorda. Capítulo VIII. Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. Mendoza M. G.D. & Ricalde V. R. Segunda edición: 2016 Universidad Autónoma Metropolitana. 122p (85-91).
- Plata F.X., Plascencia J. A., Mendoza M.G.D., Martínez G.J.A., & Hernández G.P.A. (2016). Uso de grasas en la alimentación de ganado de engorda. Capítulo X. Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. Mendoza M.G.D. & Ricalde V.R. Segunda Edición. Universidad Autónoma Metropolitana. p. 85-91.
- Quispe H., Cayo-Colca, I., & Saucedo, J. (2019). Correlación entre indicadores conductuales de bienestar animal y propiedades fisicoquímicas de la carne bovina. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 30(1), 34-48.
- Rathmann R.J., Bernhard B.C., Swingle R.S., Lawrence T.E., Nichols W.T., Yates D.A., Hutcheson J.P., Streeter M.N., Brooks J.C., Miller M.F. & Johnson B.J. (2012). Effects of zilpaterol hydrochloride and days on the finishing diet on feedlot performance, carcass characteristics, and tenderness in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 90, 3301-3311.

- Rébak G., Fernandez W., Nuñez N., Molina K. & Sanchez S. (2005). Determinación de la dentición (boqueo) y presencia de la giba en novillos de exportación faenados en corrientes. Recuperado el 28 de mayo de 2020, de Universidad Nacional del Nordeste. <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/4-Veterinaria/V-046.pd>
- Rincón F.G.R., & Sánchez, D.C.A. (2008). Sacrificio humanitario de ganado bovino e inocuidad de la carne. *Nacameh* 2(2), 106-123.
- Ríos, R.F.G., Estrada A.A., Hernández B, J., Pérez L, C., Portillo L, J.J., & Robles E, J.C. (2012). Factores que influyen en la emesis post-aturdimiento en bovinos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 3(3), 343-356. Recuperado en 01 de febrero de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S200711242012000300006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200711242012000300006&lng=es&tlng=es).
- Romero, P.M.H., Uribe V, L.F., & Sánchez V, J.A. (2014). Efecto del manejo presacrificio sobre las características de las contusiones en las canales bovinas en dos plantas de sacrificio colombianas. *Revista Veterinaria y Zootecnia (En Línea)*, 8(1), 1-16.
- Rubio, L.M.S., Braña V. D. Méndez, M.D., Torrescano Urrutia, G.R.; Sánchez Escalante, A. Pérez Linares, C., Figueroa Saavedra, F., & Delgado Suárez, E. (2013). Guía práctica para la estandarización y Evaluación de las Canales Bovinas Mexicanas. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. INIFAP. Ajuchitlán, Colón, Querétaro. Primera Edición. Folleto Técnico No. 23
- Rubio-Lozano, M.S., Braña-Varela, D., Méndez-Medina R.D., Delgado-Suárez, E. (2013). Composición de la Carne Mexicana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Primera Edición. Folleto Técnico No. 27.
- Salamanca Carreño, A. (2010). Suplementación de minerales en la producción bovina. *REDVET-Revista Electrónica de Veterinaria* 11(9), 1-10.

- Sánchez, L. M. A., & Hernández-Pulido, D. A. (2016). Importancia Carrillo-Herrera, Jay, Murillo-Ortiz, Manuel, Herrera-Torres, Esperanza, Carrete-Carreón, Francisco, Reyes-Estrada, Osvaldo, & Livas-Calderón, Fernando. (2016). Rendimiento productivo y calidad de la canal de becerros alimentados con un precursor glucogénico. *Abanico Veterinario* 6(1), 13-21.
- Sañudo, C., & Campo, M.M. (1997). Calidad de la canal por tipos. En "Vacuno de carne: aspectos claves". Buxadé C. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. p. 465-492.
- Shimada-Miyasaca, A. (2018). Alimentación Animal. Capítulo 11. Alimentación de ganado productor de carne. Mendoza M.G.D., Hernández G.P.A., Plascencia J.A. & Shimada-Miyasaca, A. Editorial Trillas. México. p. 196-217.
- Sousa, F., Lorenzo, J. M., Iglesias, A., Cantalapiedra, J., & Franco, D. (2016). Características de la canal de terneros de la Denominación de Origen Protegida Mirandesa. *Archivos de Zootecnia* 65, 253-258.
- Stewart, L. (2013). Mineral supplements for beef cattle. Cooperative Extension Bulletin 895. University of Georgia [en línea] [fecha de acceso 25 de mayo de 2022]. URL disponible en: [http://extension.uga.edu/publications/files/pdf/B%20895\\_3.PDF](http://extension.uga.edu/publications/files/pdf/B%20895_3.PDF)
- Strachan, DB, Yang, A. y Dillon, RD (1993). Efecto de la alimentación con granos sobre el color de la grasa y otras características de la canal en novillos *Bos indicus* alimentados previamente con pasto. *Diario Australiano de Agricultura Experimental* 33(3), 269-273.
- Stritzler, Nestor Pedro. (2019). Nutrición y alimentación de rumiantes en la Región Semiárida Central argentina/Nestor Pedro Stritzler ; Celia Rabotnikof. - 1ª ed compendiada. – Santa Rosa : Universidad Nacional de La Pampa. 156 p.
- Teira, G., Perlo, F., Bonato, P., & Tisocco, O. (2006). Calidad de carnes bovinas. Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. *Ciencia, docencia y tecnología* 17(33), 173-193.

- Torrescano Urrutia, G. R., Sánchez Escalante, A., Vásquez Palma, M.G., Valenzuela Escárcega, M.A., Paz Pellat, R., & Pardo Guzmán, D.A. (2012). Estimación de la madurez ósea en canales de bovino por fluorescencia diferencial. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 3(3), 299-312. Recuperado en 01 de febrero de 2020.
- Trujillo, R.L., Elizondo, R.G., Bosque, M.M., & Ortiz, J.A. (2002). Crecimiento y características de la canal de bovinos Charolais y Beefmaster alimentados con dos fuentes de proteína y dos niveles de grasa sobrepasante. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 40(3), 291-298.
- Tuninetti, N., Blainq, L., & Otero, J. L. (2017). Evaluación de las contusiones y del pH en canales bovinas en un matadero de la provincia de Santa Fe. *InVet* 19(1), 29-38. Consultado 25 de abril de 2022.
- Urrutia, G.R.T., Escalante, A.S., Méndez, N.F.G., & Arriola, J.P.C. (2008). Tecnología e ingeniería del sacrificio y su repercusión en la calidad de la canal de animales de abasto. *Nacameh* 2(1), 78-94.
- USDA. United States Department of Agriculture. Official United States standards for grades of carcass beef. Washington: Secretary of Agriculture under the Agricultural Marketing Act of 1946, 1997. 60 Stat. 1087; 7 U.S.C. 1621-1627.
- USDA-FAS. EU-28, Livestock and Products Annual, GAIN Report N. NL8038, September 2018.
- Velásquez, R. A., Noguera, R. R., & Posada, S. L. (2013). Estimación del rendimiento en canal de novillos Holstein usando ultrasonografía. *Livestock Research for Rural Develoment* 25(11), 196-200.
- Zamiri, M.J., & Izadifard J. (1995). Effect of metaproterenol, a beta-adrenergic agonist, on feedlot performance and body composition of two fat-tailed breed of sheep. *Small Ruminant Research* 18, 263-271.



**BUAP**

*“HUP, 50 años de enseñanza y salud”*

Oficio No. FCAyP/329/2022

**Asunto:** Impresión de Tesis.

**C. Miguel Ángel Ibáñez Sánchez**  
**Egresado de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**PRESENTE**

Con base en el dictamen emitido por el Dr. Marcos Pérez Sato (**Director de Tesis**), Dr. Pedro Zetina Córdoba (**Co-Director**), Dra. María Esther Ortega Cerrilla (**Asesor**) y Dr. Eutiquio Soní Guillermo (**Asesor**) en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la impresión de la tesis titulada:

**“Alimentación como factor determinante en índices de calidad de canales bovinas”**

Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agronómica y Zootecnia.

Sin otro particular por el momento me despido de Usted.

Atentamente

“Pensar bien, para vivir mejor”

San Juan Acateno, Teziutlán, Pue., a 28 de Junio de 2022.

Dr. Armando Ibáñez Martínez  
Director de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias



c.c.p. - Archivo y Minutario  
Dr. AIM/mlsm