

Artículo de Revisión

Implicaciones que influyen en el desempeño productivo, características de la canal y de la carne de ganado bovino engordado en corral

Implications influencing the productive performance, characteristics of the carcass and meat of cattle in feedlot

Esmeralda Desdémona Martínez^{1*}

RESUMEN

La engorda de ganado bovino en corral es una opción de agregación de valor al ganado proveniente del destete y del repasto, en donde se logra un engorde acelerado de los animales por un periodo corto de tiempo mejorando las características de la canal y de la carne, a la vez que permite la recuperación de las pasturas durante la época de seca al disminuir la carga animal, preservando el ecosistema de los pastizales. No obstante, se requiere tener conocimientos claros de las implicaciones que influyen en estas características como la edad, raza o grupo racial, sexo, temperamento, alimentación, uso de aditivos, prevención y control de enfermedades, bienestar animal, vicio de monta e instalaciones. Asimismo, se busca la sostenibilidad del sistema disminuyendo las emisiones de metano de los animales sin afectar la calidad de la carne producida. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión bibliográfica es dar a conocer las implicaciones que influyen en el desempeño productivo, características de la canal y de la carne de ganado bovino engordado en corral.

Palabras clave: valor agregado, canal, carne, mercado

¹ Prestador de Servicios Profesionales en Producción Animal, Oaxaca, México

* E-mail: desdemona_esme@yahoo.com.mx

Recibido: 16 de enero de 2023

Aceptado para publicación: 12 de mayo de 2023

Publicado: 29 de junio de 2023

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

ABSTRACT

The fattening of cattle in feedlots is an option to add value to cattle reared on pastures, where an accelerated fattening of the animals is achieved in a short period of time, improving the characteristics of the carcass and the meat, while allowing the recovery of pastures during the dry season by reducing the stocking rate preserving the grassland ecosystem. However, it is necessary to have clear knowledge of the implications that influence these characteristics such as age, breed, sex, temperament, feeding, use of additives, disease prevention and control, animal welfare, buller steer syndrome and facilities in corrals. Likewise, maintain the system sustainability by reducing methane emissions from animals without affecting the quality of the meat produced. Therefore, the objective of this literature review is to present the implications that influence the productive performance, characteristics of the carcass and the meat of cattle fattened in feedlots.

Key words: added value, carcass, meat, market

INTRODUCCIÓN

La industria de la carne se ha convertido en un segmento agrícola importante en muchos países. Los animales de carne en EE. UU. contribuyen en el 50% de los ingresos agrícolas totales, lo que indica el impacto que tiene sobre la economía de un país (Gerrard y Grant, 2006). La carne es, asimismo, un alimento codiciado y altamente nutritivo (Varnam y Sutherland, 1995; Rubio *et al.*, 2013a).

La expansión de la actividad ganadera en México es el resultado de la demanda de la carne y productos cárnicos en el país y la apertura comercial con los principales países consumidores de carne de res. En 2050 se espera que el consumo mundial de carne aumente en un 30% (FAO, 2009). En la actualidad, México demanda alrededor de 1.89 millones de toneladas de carne (Cuevas, 2019), con un consumo per cápita de 15.5 kg (Consejo Mexicano de la Carne, 2019). Para dar respuesta a esta demanda, se dispone de 120 Rastros Tipo Inspección Federal (TIF) aprobados por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) con una capaci-

dad instalada mensual de sacrificio de 617 370 cabezas de ganado bovino (SIAP, 2021), en donde se procesa anualmente 4.2 millones de cabezas (AMEG, 2021). Esto permite a los productores darle valor agregado al ganado proveniente de destete y del repasto a través de la engorda en corral.

Se estima que alrededor de 35% de la producción de carne de bovino en México procede de corrales de engorda; sin embargo, la aportación en volumen de la producción de carne es bajo, y está determinado por el precio de la canal, capacidad utilizada de las instalaciones y mortalidad (Callejas-Juárez *et al.*, 2017). Las principales entidades federativas productoras de ganado engordado en corral son; Veracruz (14.3%), Jalisco (11%), Chiapas (6.2%), Chihuahua (5.2%) y Sinaloa (4.5%), que en conjunto aportan 41.2% del total nacional (Rebollar-Rebollar *et al.*, 2011). El déficit de carne no cubierto por los productores del país es importado de los EE.UU. y de Centro y Sudamérica.

Está demostrado que el color de la carne es el principal atributo que se fija el consumidor al momento de adquirirla, en tanto que la terneza y el sabor son los principales

atributos en el momento de consumirla (Whipple *et al.*, 1990; Shackelford *et al.*, 1991, 2001; O'Connor *et al.*, 1996; Martínez, 2006; Guerrero *et al.*, 2013).

Impulsando la producción de carne a través de la engorda en corral, produciendo canales y carne de excelente calidad en el menor tiempo posible, y sin detrimento de los recursos naturales, puede ser una alternativa prometedora para abastecer tanto el mercado interno como el de exportación. Sin embargo, producir canales y carne de excelente calidad depende de la edad, raza, sexo y temperamento de los animales, así como de la alimentación, manejo, prevención y control de enfermedades, bienestar animal, e instalaciones, entre otros temas que son abordados en la presente revisión bibliográfica.

Engorda en Corral

La engorda de ganado bovino en confinamiento es un sistema intensivo de producción de carne «feedlot», que permite un engorde acelerado durante un periodo corto de tiempo (70 d), medio (100 a 120 d) o largo (120 d o más), en donde se les proporciona una alimentación energética alta y digestible, bajo un control sanitario adecuado y con los cuidados requeridos de bienestar animal (Estrada, 2010). Los animales se finalizan en lotes de aproximadamente 50 cabezas con características corporales específicas de raza, edad, sexo, talla y peso, en un espacio no menor de 18.5 m²/cabeza y con al menos 3 m²/cabeza de sombra (Mendoza y Ricalde, 2016). De esta forma se pueden obtener acabados uniformes ya que las canales adquieren una apropiada grasa intramuscular (marmoleo – GIM), mejor distribución, firmeza y color blanco de la grasa de cobertura de la canal, mayor área del ojo de la costilla (AOC) y, además, la carne se percibe más suave, jugosa, succulenta y de color rojo cereza brillante (Rubio *et al.*, 2013b).

En la engorda en corral, la adopción e innovación de tecnología debe entenderse como un conjunto de técnicas, prácticas y

aplicación de conocimientos con el propósito de mejorar la productividad mediante buenas prácticas pecuarias y el cuidado de los recursos naturales. No debe entenderse, ni verse como un conjunto de técnicas y equipos altamente sofisticados y de difícil acceso para el productor. Hoy en día, con los avances de la investigación y la adopción de tecnología se puede maximizar los beneficios, siempre que se apliquen de forma correcta, ya que estos pueden marcar la diferencia entre el éxito o fracaso operacional del sistema productivo.

¿Por Qué y Cuándo Confinar?

La disponibilidad de recursos puede determinar la opción de realizar la engorda en corral. Por ejemplo, los bovinos engordados en pasturas en las regiones tropicales del país muestran un desarrollo razonable en la época de lluvias, obteniendo ganancias de 0.5 a 0.75 kg/d, en tanto que en la época seca pueden llegar a perder de 20 a 30 kg de peso vivo (PV), debido a la baja producción y calidad de los pastos (Lopes y Sampaio, 1999). Esta secuencia de bajas y buenas producciones de forraje tiene como resultado el sacrificio del ganado de mayor edad (36-40 meses), con pesos de 480 a 520 kg. Algunas prácticas agrícolas, como la adopción de especies tolerantes a la sequía, fertilización y riego podrían aumentar el rendimiento de los pastos durante la sequía, pero nunca a niveles que permitan ganancias de peso similares a las que se obtienen en la temporada de lluvias (Rodríguez *et al.*, 2012).

La posibilidad de obtener en la época seca ganancias de peso iguales o superiores a las obtenidas durante la época de lluvias se puede dar a través de una dieta adicional que compense los nutrientes que no pueden ser proporcionados por los pastos. El hecho de sacar el ganado de los pastos en época de sequía, y que ya están en condiciones para ser engordados en corral, con la consecuente reducción de la carga animal en los potreros permite la recuperación de los pastos durante el periodo de escasez de forrajes, preser-

vando el ecosistema de los pastizales, y de esta forma se justifica la engorda en corral del ganado (Lopes y Sampaio, 1999). Otro propósito de la engorda en corral, y de gran importancia, es su práctica fuera de la temporada de lluvias con el fin de conseguir mejores precios de venta (Martínez y Matadamas, 1994). Además, la producción de carne en confinamiento permite la obtención de estiércol para uso en biodigestores y obtención de gas y biofertilizante utilizado en la agricultura (Estrada, 2010). La producción diaria de estiércol por cada 100 kg de PV ronda los 6 kg (Herrero, 2008), lo que representa un rubro más de los ingresos del confinamiento.

Los ganaderos que adoptan la tecnología de engordar en corral con el propósito de disminuir la carga animal de los potreros están comercializando sus animales con edades de sacrificio de 15 a 24 meses con pesos que rondan entre 490 a 540 kg como ocurre en los sistemas de producción de toretes y novillos súper precoz y precoz, respectivamente. Se ha demostrado que bovinos alimentados únicamente con pastos y forrajes muestran un rendimiento de la canal caliente (RCC) y AOC inferiores respecto a los engordados en corral (Realini *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2012). Se observa una tendencia cuadrática entre el área del ojo lumbar con el peso de la canal caliente (PCC) con un coeficiente de regresión de 0.79, de allí que esta variable, así como el PCC y el espesor de la grasa dorsal (EGD) pueden utilizarse para mejorar la exactitud de predicción de los cortes cárnicos comerciales (Martínez, 1998).

Los toros terminados en engorda en corral de las cruzas *Bos indicus* x *Bos taurus* producen carne con mayor contenido de GIM (7.7%) y menos dura (55 Newton [N]), que los toros terminados en pastos (3%) y (59 N), respectivamente. Asimismo, la terneza y las características fisicoquímicas de la carne mejoran a través de los días de maduración *post mortem* (Bressan *et al.*, 2011). En este sentido, Bautista-Martínez *et al.* (2020) mos-

traron que la carne de novillos criados en corrales de engorda en el noreste mexicano tuvieron mayor contenido de GIM que los criados en pastos con suplementación (8.9 vs 5.6%), aunque el tipo de engorda no modificó el RCC (51.7 vs 52.1%) ni las características fisicoquímicas de la carne como pH, color, pérdida por goteo y rendimiento de cocción. Probablemente, el rendimiento no se modificó por la diferencia en la proporción de los componentes no cárnicos (órganos viscerales, cabeza, piel y sangre) (Preston y Willis, 1974; Boggs *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008).

Lugar y Duración del Confinamiento

Teniendo en consideración que la alimentación representa gran parte de los costos operativos de la engorda en corral, es fundamental que el confinamiento se ubique en áreas donde los alimentos estén disponibles, especialmente cuando el productor depende de la compra de los alimentos. La ubicación de los corrales debe estar alejado de la zona urbana para evitar causar molestias por los olores de las heces y orines del ganado, alejado de las carreteras o del tráfico pesado para evitar la contaminación, robo y estrés de los animales (Briggs, 2020). Asimismo, debe estar próximo a fuentes de agua abundante y de buena calidad (Lopes y Sampaio, 1999). Se debe considerar que el consumo de agua/animal/d se encuentra entre 8 a 9% del PV, variando de acuerdo con la época del año (Quevedo *et al.*, 2019).

El piso debe tener una pendiente mínima de 3% y máxima del 8%, este último cuando se realiza engorde durante la época de lluvia. Elegir áreas con buen drenaje que aseguren un piso seco, los terrenos arenosos son preferibles por su fácil filtración de agua y los arcillosos requerirán de obras de drenaje. Se recomienda que el corral esté próximo a la red eléctrica y evitar las descargas de desechos en arroyos. Además, los productores deben contar con áreas para la siembra de granos y pastas oleaginosas para abaratar los costos de alimentación (Lopes y Sampaio, 1999).

La duración del confinamiento está determinada, entre otros factores por el tipo de acabado deseado de los animales. El peso de sacrificio depende de la demanda del mercado; sin embargo, se recomienda vender y sacrificar animales con el menor peso aceptado por los mataderos (Martínez y Matadamas, 1994). En México, los animales de repasto que provienen de periodos más largos en pastos del trópico húmedo y seco, y que son engordados en el centro y sur de México, tienen menos días de engorda en corral (70 a 90 d) (Livas, 2015), que el ganado engordado en corral en el norte del país (más de 120 d). Estos últimos son becerros destetados de temprana madurez fisiológica, con pesos de inicio en la engorda en corral de 180 a 220 kg (Lagos *et al.*, 2014), lo cual permite una deposición temprana de GIM, y un crecimiento rápido y eficiente del animal. Algunos engordadores de ganado en los EE.UU. compran becerros livianos (160-230 kg), los pastorean durante la primavera y el verano, y los terminan en el corral de engorda a finales del verano o el otoño (Comerford *et al.*, 2014).

La calidad del ganado engordado en corral depende de la selección en la compra de los animales que se van a engordar. Se deben seleccionar de preferencia animales jóvenes (toretos, novillos, novillonas, vaquillas) con buena longitud corporal y de talla alta (altura de la cadera), que presenten huesos firmes y fuertes, piel sana, vigorosa y fina, con formas corporales compactas, buen desarrollo y definición muscular con extremidades alargadas y buena profundidad torácica (Boggs *et al.*, 2006; Lawrence *et al.*, 2012). De hecho, el costo de un kilogramo de ganado comprado debería costar menos que un kilogramo de ganado cebado con el fin de compensar el alto costo de la engorda de los animales. Los precios del ganado fluctúan considerablemente a lo largo del año (Comerford *et al.*, 2014).

Factores que Influyen en la Ganancia de Peso y la Composición Corporal

Edad

Los animales más jóvenes son más eficientes en términos de conversión alimenticia, pudiendo llegar a 5:1 (5 kg de consumo de MS por 1 kg de incremento en el PV), mientras que los animales adultos difícilmente llegan a una eficiencia menor a 10:1 (Lopes y Sampaio, 1999). Este bajo valor de conversión alimenticia se atribuye principalmente a los mayores requerimientos nutritivos para el mantenimiento de animales más grandes y de mayor edad (Juergenson, 2010). Los animales adultos, tampoco tienen la respuesta a las hormonas del organismo en comparación con los animales más jóvenes, hormonas que son responsables, en parte, de la formación de los tejidos, incluido la masa muscular (Gerrard y Grant, 2006).

La mejor conversión alimenticia de los animales jóvenes se debe a que muestran una mayor velocidad de crecimiento (Figura 1), y se fundamenta en el desarrollo del esqueleto y al crecimiento de la masa muscular, que es un tejido relativamente con un alto contenido de agua (Lawrence *et al.*, 2012). Por el contrario, los animales de mayor edad y pesados tienen una tasa de crecimiento más lenta, ya que el esqueleto y la musculatura están prácticamente formados y la GDP se debe mayormente a la deposición de grasa (Owens *et al.*, 1993) (Figura 2) por el crecimiento hipertrófico que exhiben los adipocitos celulares en presencia de la mayor cantidad de energía en la alimentación (Scanes, 2003). Se conoce que la incorporación de 1 g de proteína en el tejido del ganado en realidad incorpora 5 g, ya que 4 g se deben a la incorporación de agua, en tanto que en la incorporación de 1 g de grasa se incorpora 1.2 g, dado que 0.2 g es por la presencia de agua (Serrano *et al.*, 2018).

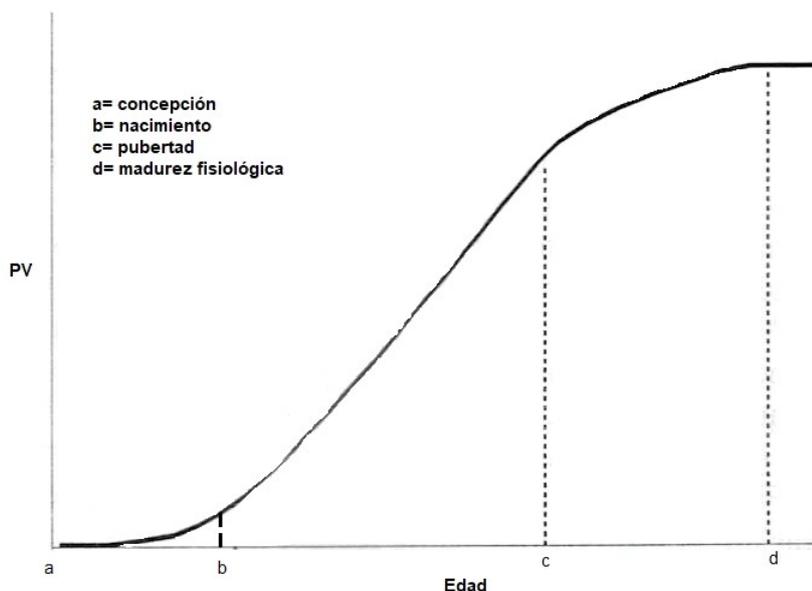


Figura 1. Curva de crecimiento de ganado bovino (Owens *et al.*, 1993)

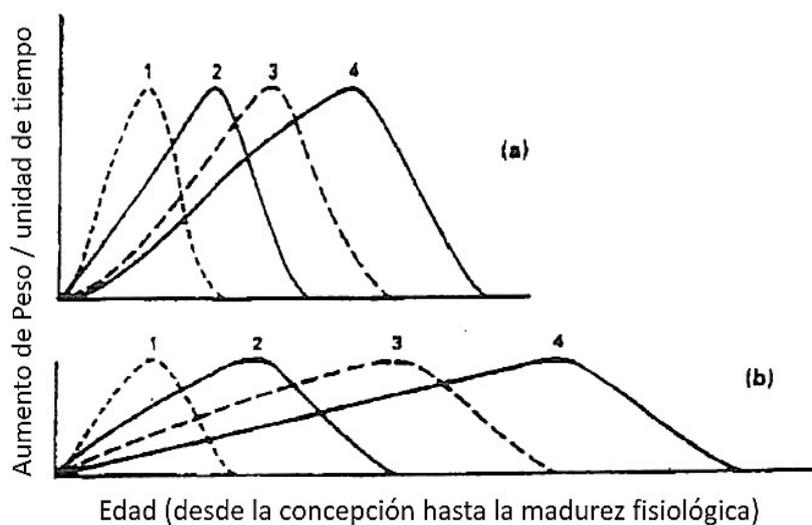


Figura 2. Tasas de crecimiento de varios tejidos y zonas corporales de ganado bovino alimentados para tasas de crecimiento (a) rápidas o (b) lentas. 1. Cabeza, metatarso, riñón. 2. Cuello, hueso, tibia-peroné, grasa intermuscular. 3. Pecho, músculo, fémur, grasa subcutánea. 4. Lomo, grasa, pelvis, grasa intramuscular (Owens *et al.*, 1993).

Debido a este hecho, la producción de grasa se vuelve incosteable. Se estima que el costo de producir 1 kg de grasa es cinco veces mayor que el costo de producir la misma cantidad de masa muscular, porque el requerimiento de energía para ganar 1 kg de grasa es 2.5 veces mayor que para ganar 1 kg de carne (Lopes y Sampaio, 1999).

La edad favorable para iniciar la engorda en confinamiento va de 12 a 26 meses, debiéndose elegir animales que sean compatibles en raza, sexo, talla y peso para lograr una adecuada lotificación y programar el tiempo de confinamiento (Martínez y Matadamas, 1994). La lotificación en el inicio de la engorda en corral es importante por la diferencia en el comportamiento ingestivo y predominancia de jerarquías de las diferentes categorías del ganado (Santos *et al.*, 2018). Esto, además, ofrece ventajas de uniformidad para la comercialización del ganado engordado (Comerford *et al.*, 2014).

Pordomingo AJ y Pordomingo AB (2021) compararon cuatro edades (15, 18, 24, 30 meses) de novillos Angus finalizados en corral durante un periodo de 123 d, encontrando una mayor eficiencia productiva (características de la canal y de la carne) en los novillos de 15 y 18 meses. Por otro lado, los animales de 30 meses de edad tuvieron mayor EGD y la carne fue menos tierna debido a que las moléculas de tropocolágeno forman enlaces cruzados intermoleculares que confieren mayor firmeza del colágeno (tejido conectivo).

La edad de sacrificio influye en el contenido de GIM. Santrich-Vacca *et al.* (2013) reportaron mayor GIM en la carne de bovinos típicos de Puerto Rico mayores de 3 años (2.7%) que los animales de hasta 2.5 años al sacrificio (1.9%), pero sin diferencias significativas en la terneza de la carne (32 vs 30 N) y los niveles de colesterol (55.42 vs 57.41 mg/100 g). Por otro lado, Ilavarasan *et al.* (2016) reportaron que los toros mayores de 3 años de razas índicas tuvieron mayor GIM (2.89%) que los animales de 12 a 18 meses

(2.09%), en tanto que Pflanzner y Felício (2011) en Mato Grosso do Sul, Brasil, observaron un aumento progresivo de la GIM con la edad de novillos Nellore (20-24: 4.2%; 30-36: 5.0%; 42-48 meses: 5.7% de GIM); así mismo, a mayor porcentaje de GIM disminuyó el porcentaje de humedad de la carne, sin que se afectase la percepción del color. Se debe resaltar que para que la carne genere una palatabilidad aceptable debe contener como mínimo 3% de GIM (Savell *et al.*, 1986). En este contexto, Duckett *et al.* (2009) reportaron que la jugosidad fue mayor en filetes del músculo *Longissimus* con 4% de GIM que aquellos con 2.3%.

Sexo

El sexo influye no solo en la GDP, sino también en la composición de la canal y calidad de la carne. Las hembras llegan al punto de matanza con menor PV que los machos castrados y estos a su vez tienen menor PV que los machos enteros. La castración retrasa el crecimiento de las láminas epifisiarias de los huesos de las extremidades (Swatland, 1991; Scanes, 2003) y reduce el crecimiento óseo en la columna vertebral a nivel de la primera vértebra torácica (Gerrard y Grant, 2006; Martínez, 2017a). El ganado castrado se encuentra desproporcionado de los huesos largos, lo cual se refleja en mayor altura de la cadera en comparación a los animales no castrados (Shahin *et al.*, 1992; Schoonmaker *et al.*, 2002).

Las hembras depositan grasa más rápido que los machos castrados y estos, a su vez, más rápido que los machos enteros (Pogorzelska-Przybyleka *et al.*, 2021). Los estrógenos de mayor presencia en las hembras favorecen la deposición de grasa, mientras que la testosterona en machos tiende a inhibir la deposición (Gerrard y Grant, 2006). En cuanto al peso del músculo, a iguales niveles de grasa, los machos enteros son superiores a los machos castrados, obteniendo una mayor relación músculo: hueso. No obstante, hay poca diferencia entre machos castrados y hembras. Referente a la GDP, los animales

enteros y castrados no muestran mayores diferencias en GDP engordados después de los dos años (Lopes y Sampaio, 1999). No obstante, se ha reportado que la castración de los becerros a los 7 meses de edad e implantados con 24 mg de estradiol combinado con 120 mg de acetato de trembolona (Revalor[®]), mejora el acabado de la canal, la GIM, el rendimiento de los cortes vendibles de alto valor comercial y la carne tiene mejor sabor y es más suave, sin detrimento en el desempeño productivo, que los animales enteros e implantados (Huerta-Leidenz *et al.*, 2021), posiblemente debido a una madurez fisiológica temprana en los animales castrados en comparación con los animales enteros.

Aricetti *et al.* (2008) reportaron que novillos Nellore x Aberdeen Angus sacrificados a los 27 meses de edad con PV de 508.9 kg, tuvieron un contenido más alto de GIM y EGD (1.96% y 3.47 mm), que los toros enteros (0.95% y 1.90 mm, respectivamente); sin embargo, estos últimos tuvieron mayor RCC (50.1%), que los novillos (48.5%), el área del *Longissimus dorsi* fue igual (64.4 vs 64.7 cm²) y la carne de los novillos presentó mayores niveles de colesterol (52.7 mg/100 g LM), que los toros (45.8 mg/100 g LM). Asimismo, Ruiz *et al.* (2005), indicaron que los toros enteros sacrificados a los 3 años de edad tuvieron el contenido más bajo de GIM (1.23%), los novillos castrados quirúrgicamente tuvieron el contenido más alto (2.17%) y los animales inmunocastrados fueron intermedios (1.61%), en tanto que hubo diferencias en el nivel de colesterol (51.8, 49 y 50 mg/100 g) en animales inmunocastrados, castrados quirúrgicamente y toros enteros, respectivamente.

Raza y grupo racial

El potencial genético de cada animal influye en la capacidad de consumo y conversión alimenticia. Los cruzamientos F1 de ganado cebú (*Bos indicus*) con ganado europeo (*Bos taurus*) como las razas Suizo Pardo, Charoláis, Simmental, Beefmaster y

Limousine han mostrado excelente tasa de crecimiento, conversión alimenticia y RCC en comparación con aquellos animales que tienen mayor genética cebuina, como resultado del vigor híbrido de los cruzamientos. Así Gama *et al.* (2013) mencionaron que la calidad de la carne y perfil de ácidos grasos mejoraron en estos cruces. Para mayor ilustración, el Cuadro 1 presenta las características productivas de la canal y de la carne de algunas razas y cruces de ganado engordado en corral.

Además de la GDP, los animales cruzados presentan ventajas sobre las razas puras, tales como menor edad de sacrificio, mejor conversión alimenticia, menor mortalidad, mayor RCC y AOC, apropiado marmoleo de la carne y mejor terneza de la carne (Martínez, 2017b).

Con relación a las razas europeas, razas como Aberdeen Angus, Hereford, Shorthorn y sus cruces presentan una mayor precocidad para alcanzar su peso de sacrificio (420-450 kg), el cual normalmente se obtiene con 18 a 20 meses de edad. Por otro lado, se encuentran animales de madurez tardía como las razas Charolais, Limousin, Belgian Blue y cruces, que alcanzan pesos de sacrificio de 550 a 580 kg a una edad de 24-26 meses (Catrileo, 2015) y, consecuentemente, estos animales deben ser engordados intensivamente a pesos corporales pesados, consiguiendo mayor rendimiento cárnico en periodos cortos de engorda, que a las razas de talla chica y mediana (Nogalski *et al.*, 2018).

El ganado de madurez fisiológica intermedia y de estructura corporal media son aquellos con un peso de sacrificio entre 450 a 520 kg. A estos animales, en caso de engordarlos hasta alcanzar pesos de sacrificio elevados, equivalente al ganado de estructura corporal grande, se conseguirán canales con exceso de grasa, que se desprecian en el mercado actual de la misma forma que las canales bajas en grasa.

Cuadro 1. Características productivas, de la canal y de la carne de ganado engordado en corral, provenientes de diferentes grupos genéticos

Grupo racial	GDP (g)	Edad (m)	Peso (kg)	PCC (kg)	RCC (%)	RCF (%)	EGD (mm)	Longissimus dorsi (cm ²)	GIM (%)	FC (N)	Ref. ¹
Nellore	1104	-	-	-	58.6	57.3	-	-	-	-	(a)
Canchim x Nellore	1204	-	-	-	59.5	58.1	-	-	-	-	(a)
Santa Gertrudis x Nellore	1239	-	-	-	58.1	56.8	-	-	-	-	(a)
Holandés x Nellore	1260	-	-	-	58.1	56.9	-	-	-	-	(a)
Suizo x Nellore	1270	-	-	-	57.8	56.9	-	-	-	-	(a)
Caracu x Nellore	1143	-	-	-	57.5	56.2	-	-	-	-	(a)
Angus	1570	17	468.4	275.8	58.9	-	10.0	76.6	-	-	(b)
Brahman	1600	17	499.7	300.1	60.0	-	10.0	75.5	-	-	(b)
Indu-Brasil	1600	17	491.7	287.4	58.4	-	7.0	77.5	-	-	(b)
Gir	1450	17	471.9	287.6	60.9	-	12.0	77.1	-	-	(b)
Angus x Simmental	1650	11	496.0	300.3	60.5	-	10.4	76.8	4.0	51.0	(c)
Brahman x Angus	1410	-	455.9	269	59.0	-	-	76.8	-	52.8	(d)
Cebú	1620	-	495.0	299.2	59.2	-	5.2	81.1	1.7	80.0	(e)
Cebú x Holstein	1700	-	490.9	283.1	58.0	-	4.8	83.6	1.7	62.0	(e)
Cebú x Pardo Suizo americano	1780	-	506.4	295.6	58.1	-	4.6	81.5	1.7	63.0	(e)
Cebú x Pardo Suizo europeo	1700	-	499.9	292.4	58.0	-	5.2	82.4	2.0	63.0	(e)
Holstein	1430	-	435.6	227.8	59.0	-	6.1	77.2	1.6	61.0	(e)
Pardo Suizo europeo	1520	-	486.0	300.3	60.4	-	4.1	89.1	1.3	68.0	(e)
Guzerat x Holstein	1700	23	498.0	260.0	52.2	51.0	1.9	62.7	-	43.1	(f)
Guzerat x Nellore	1400	23	521.0	287.0	55.1	53.4	2.6	74.4	-	50.9	(f)
½ Simmental x ¼ Guzerat x ¼ Nellore	1600	23	559.0	307.0	56.0	54.6	1.9	87.0	-	50.1	(f)
Nellore	1370	20	534.9	296.5	55.4	54.8	5.4	65.24	-	-	(g)
5/8 Nellore x 3/8 Charolais	1600	22	510.0	289.3	56.6	55.4	7.3	68.6	-	-	(h)

GDP= Ganancia diaria de peso; EGD= Espesor de grasa dorsal; PCC= Peso de la canal caliente; GIM= Grasa intramuscular; RCC= Rendimiento de la canal caliente; FC= Fuerza de corte por Warner Bratzler (N; newton); RCF= Rendimiento de la canal fría

¹ (a) Pacola y Tonhati (1993), (b) Paschal *et al.* (1995), (c) Schoonmaker *et al.* (2004). (d) García (2013), (e) Vazquez-Mendoza *et al.* (2016), (f) Diniz *et al.* (2016), (g) Neto *et al.* (2018), (h) Arboitte *et al.* (2004)

Toretos cruzados de Suizo Pardo x cebú de talla mediana, que frecuentemente son engordados en corral en el sur de México, presentan mejores RCC y EGD, que los animales criados bajo pastoreo extensivo y que aquellos mantenidos en pastoreo con ofrecimiento adicional de un suplemento alimenticio,

aunque sin diferencia significativa en la GIM, posiblemente por mayor influencia del genotipo *Bos indicus* (Hernández-Baustista *et al.*, 2009). Las bajas puntuaciones de marmoleo observadas en el ganado encastado *Bos indicus* se atribuyen principalmente a su menor volumen de adipocitos localiza-

Cuadro 2. Contenido nutrimental de alimentos fibrosos, proteínicos y energéticos utilizados en dietas para rumiantes

Ingredientes	% MS	% TND	EMMC	% PC	% Ca	% P	% FC	%PDEG
Alimentos proteínicos y energéticos								
Pasta de soya	89	94	3.39	44.0	0.29	0.65	7	0.6
Pasta de ajonjolí	92	88	3.18	46.8	3.18	1.05	6	0.8
Harina de sangre	89	99	3.59	80.1	0.62	0.38	1	0.6
Harina de pluma hidrolizada	92	104	3.78	84.0	0.22	0.22	0.0	0.0
Harina de pescado	92	96	3.47	60.1	6.21	3.93	2	0.4
Harina de vísceras	91	92	3.32	60.1	8.68	3.69	5	0.4
Harina de carne	93	85	3.08	54.4	14.18	6.55	2	0.4
Pasta de cacahuete	94	78	2.92	56.7	0.26	0.64	5	0.8
Harina de carne y hueso	93	85	3.08	54.4	14.18	6.55	2	0.4
Pasta de algodón	92	71	2.56	41.4	1.90	12.30	14	0.6
Alimentos fibrosos								
Bagazo de caña	94	22	0.79	1.5	0.15	0.12	42	0.0
Ensilaje de sorgo	27	56	2.03	6.7	0.36	0.18	31	0.8
Rastrojo de maíz	75	38	1.36	6.0	0.39	0.04	37	0.0
Rastrojo de sorgo	70	62	2.22	5.5	0.86	0.17	40	0.0
Ensilaje de maíz	27	61	2.20	8.5	0.19	0.22	28	0.8
Caña de azúcar	23	62	2.22	3.0	0.35	0.30	26	0.8
Heno de alfalfa	88.50	60	2.15	14.78	1.30	0.18	26	0.6
Alimentos energéticos								
Grano de maíz	89	97	3.51	8.8	0.07	0.37	2	0.6
Grano de sorgo	89	93	3.35	10.9	0.03	0.28	3	0.4
Pulpa de cítricos	89	82	2.96	8.3	1.87	0.02	12	0.8
Grano seco de destilería	92	86	2.84	23.0	0.06	0.75	7	0.6
Melaza	73	75	2.70	3.1	0.88	0.12	1	0.8
Salvado de trigo	89	75	2.62	19.1	0.62	0.17	9	0.8
Otros								
Harina de hueso	95	7	0.26	22.8	27.2	12.40	2	0.4
Urea	99	100	0.00	287	0.00	0.00	0	1.0

% MS= % de materia seca, % TND=% Total de nutrientes digeribles, EEMC=Energía metabolizable en megacalorías/kg, % PC=% Proteína cruda, %Ca=% Calcio, %P=% Fósforo, %FC=% Fibra cruda, %PDEG= % Proteína degradable en el rumen.

Fuente: Combellas (1998)

dos entre las fibras musculares, el área interfascicular y en pequeñas cantidades en formas de gotas dentro del citoplasma de la fibra muscular, en comparación con las razas *Bos taurus* (Cooke *et al.*, 2020).

También se ha documentado en un estudio mexicano que la carne de bovinos *Bos indicus* criados en corrales de engorde es más dura de sarcómeros cortos que la de cruces de *Bos indicus* × *Bos taurus* (FC; 73

Cuadro 3. Consumo de materia seca (MS) del bovino en función de la calidad del alimento

Alimento	kg de MS /100 kg PV
Heno o ensilaje de buena calidad	3.0
Heno o ensilaje de mediana calidad	2.5
Caña de azúcar	1.8
Heno de plantas casi maduras	1.5
Pajas de cereales	<1.0

Fuente: Lopes y Sampaio (1999)

vs. 55 N), después de 14 días de maduración. Diniz *et al.* (2016) reportaron que la carne fue más dura y con mayor EGD en toros finalizados en engorda en corral cruzados de Guzerat x Nelore (50.9 N y 2.6 mm), que en toros cruzados Guzerat x Holstein (43.1 N y 1.9 mm, respectivamente), siendo en estos últimos el AOC mayor (74.4 cm²), que los primeros (62.7 cm²).

Por su parte, Martínez *et al.* (2006) reportaron diferencias significativas entre toros livianos y pesados cruzados de *Bos indicus* x *Bos taurus*, provenientes de sistemas extensivos en el área del ojo lumbar (83.51 vs 96.85 cm²) con un PV de sacrificio de 368 ± 8.38 y 446.5 ± 7.49 kg, respectivamente, pero sin diferencia significativa en el porcentaje de grasa pélvica renal (2.10 vs 2.34%), mostrando que los toros se caracterizaron por baja proporción de grasa en la canal y que no influyó en el RCC (64.64 vs 65.49%). El PCC fue de 201.91 ± 4.98 vs 253.17 ± 4.45, respectivamente. En otro trabajo realizado en el centro de México (Vazquez-Mendoza *et al.*, 2016) con toros jóvenes reportaron mayor GDP en los cruzados cebú x Pardo Suizo Europeo (1.70 kg), cebú x Holstein (1.70 kg) y cebú x Pardo Suizo Americano (1.78 kg) que en toros de razas puras (1.43-1.62 kg); asimismo, el ma-

yor grado de calidad y rendimiento de acuerdo al sistema de clasificación USDA fue para los toros Holstein, en tanto que la carne menos tierna se observó en los toros cebú (80 N) en comparación con los demás genotipos (61-68 N). Por otro lado, Elzo *et al.* (2012) reportaron que las canales de novillos Brahman tuvieron mayor RCC (63.26%), menor puntaje de marmoleo (340.55), AOC (77.72 cm²), EGD (0.90 cm), que las canales de Angus (61.66%), (446.51), (81.54 cm²) y (1.27 cm), respectivamente, mientras que la carne del ganado Brahman fue menos tierna (40.68 N), tuvo mayor cantidad de tejido conectivo y fue menos jugosa que la carne de Angus (38.83 N).

La raza Charolais es una raza de mayor porte que se caracteriza por presentar canales con alto peso y de gran expresión muscular; sin embargo, las canales tienen baja deposición de grasa. En este sentido, Menezes *et al.* (2005) reportaron que las canales de novillos de 22 meses de edad, engordados en corral por 138 d, con alimentación *ad libitum* tuvieron mayor peso de canal (201.1 kg), área del *Longissimus dorsi* (66.4 cm²) y menor EGD (3.3 mm) que las canales de toros Nelore (175.5 kg, 53.8 cm² y 4.0 mm), respectivamente, pero sin diferencias significativas en el RCC (54 vs 55.3%).

Temperamento del ganado

El temperamento se define como el conjunto de comportamientos relacionados con el hombre y al entorno, atribuidos al miedo o la expresión o modo en que los animales perciben y reaccionan frente a estímulos que originan miedo, siendo el resultado de la organización hormonal, nerviosa y física del individuo (Vaca, 2010). El miedo y la ansiedad son estados emocionales e indeseables en los bovinos (Haskell *et al.*, 2014; Friedrich *et al.*, 2015). Los animales más excitables y con una mayor respuesta al estrés (cortisol) están asociados con un consumo de materia seca más bajo, y en la proporción de emisiones de metano CH₄/unidad de alimento (Llonch *et al.*, 2016).

Los glucocorticoides, con el cortisol como principal medidor del estrés en el ganado, juega un papel clave en el metabolismo energético (Dantzer y Morméde, 2002; Mondal *et al.*, 2006), al regular el metabolismo de las proteínas, grasas y carbohidratos, el mantenimiento muscular y la función del sistema inmunológico (Richardson y Herd, 2004).

Los cebuínos son más excitables y obtienen un puntaje de temperamento más alto (3.45 ± 0.09) que los animales de origen europeo (1.80 ± 0.10); asimismo, las vaquillonas tienen un puntaje más alto que los novillos (2.23 vs 1.97). El aumento en el puntaje de temperamento da como resultado una disminución en la GDP, lo que demuestra que el ganado que está más calmado y tranquilo durante el manejo para las prácticas zootécnicas tienen mayores GDP que el ganado más nervioso (Voisinet *et al.*, 1997a). Los animales más dóciles exhiben GDP hasta 14% mayores y con mayor EGD (7.63 mm), que los animales más temperamentales (nerviosos o agresivos) (6.63 mm) (Burrow y Dillon, 1997; Llonch *et al.*, 2016). Esto indica que la identificación de animales menos temperamentales es un tema relevante no solo desde el punto de vista económico y productivo, sino además de impacto ambiental, ya que el ganado que es más eficiente en la alimentación emite menor cantidad de CH_4 (Llonch *et al.*, 2016). Esta característica permite la implementación de estrategias de selección asistida con marcadores moleculares para encontrar los polimorfismos (variaciones), e identificación de individuos superiores en eficiencia alimenticia (Garza-Brenner *et al.*, 2019).

El ganado de temperamento subversivo es más susceptible de presentar enfermedades y las canales tienden a presentar carne oscura por pH alto y pérdidas de piezas de carne que son eliminadas para su comercialización (Fell *et al.*, 1999). Un pH alto medido 24 h *post mortem* se debe al incremento de la concentración de glucocorticoides y catecolaminas que coinciden con

aumentos séricos de glucosa y lactato (Ferguson y Warner, 2008). Los cortes de carne con valores normales de pH (5.6 a 5.8) obtienen valores aceptables de FC; sin embargo, cuando el pH se incrementa a 6 o más se requiere mayor FC (Kemp *et al.* 2010; Vaca, 2010), y la carne se percibe más dura al consumirla. Así mismo, Voisinet *et al.* (1997b) reportaron que los animales más tranquilos que permanecen inmóviles en el brete de contención tienen medidas de FC (28.6 N), en tanto que la carne del ganado que se agita mucho y lucha violentamente durante la inmovilización en el brete es más dura (36.5 N) y tiene una mayor incidencia de cortes oscuros.

El temperamento no solo está influenciado por la genética, sino también por el manejo del ganado (Paranhos de Costa y Comberg, 1997), ya que los toros se llegan a habituar a un manejo no aversivo (Grandin, 1980, 1993). La reactividad a estímulos intermitentes puede servir para predecir cuales animales serán más propensos a agitarse cuando se les exponga a entornos nuevos, tales como; un corral de engorda, arriba a los mataderos o corrales de espera previo al sacrificio (Aguilar *et al.*, 2004). El temperamento de los bovinos es heredable, por lo tanto, la selección de ganado de temperamento calmado puede utilizarse como criterio de selección para maximizar la eficiencia productiva de GDP en los corrales de engorda. La genética molecular ha identificado genes a través de marcadores moleculares (QTLs, Locus de rasgos cuantitativos) relacionados con el miedo que condicionan el comportamiento del ganado (Garza-Brenner *et al.*, 2020)

Alimentación y manejo

Estos factores juegan un papel primordial en la industria ganadera y de la carne que buscan constantemente alternativas para promover un crecimiento rápido y eficiente del ganado en los corrales de engorda, así como mejorar el RCC, AOC y marmoleo de la carne (Martínez, 2019). Por tanto, la alimentación del ganado bovino engordado en

corral debe planificarse de acuerdo con el PV de entrada a los corrales, raza, sexo, edad y número de animales por corral, ya que la alimentación representa el 70-80% de los costos de operación; asimismo, el ganadero debe prestar especial atención al costo de las raciones, optando por los más económicos y de mayor palatabilidad, procurando que se cubran los requerimientos nutricionales de los animales (Lopes y Sampaio, 1999).

Las raciones ofrecidas al ganado se pueden realizar con una gran variedad de ingredientes alimenticios, de preferencia con el alimento hecho en el mismo sistema productivo y utilizando los ingredientes producidos por el productor. Esto se refleja en el costo final por kilogramo de alimento elaborado y, consecuentemente en el costo de kilogramo de carne producido. Las raciones se basan en el uso de alimentos fibrosos, proteínicos, energéticos, siendo estos últimos los más costosos (Combellas, 1998). En el Cuadro 2 se muestra el contenido nutrimental de algunos ingredientes y porcentaje de proteína degradable en el rumen.

La efectividad de la fibra como generadores de la masticación, rumia y salivación son un factor fundamental para efectos de promover el mantenimiento de un rumen saludable, condiciones de ambiente ruminal adecuado y evitar los trastornos digestivos y metabólicos asociados a la acidosis (Simeone y Baretta, 2009). Los granos de destilería (maíz, sorgo, trigo y cebada) presentan altos valores de proteína cruda, pero, por otro lado, una alta variabilidad. De otra parte, minerales como calcio (Ca), fósforo (P), sodio (Na), cobalto (Co), cobre (Cu), yodo (I), selenio (Se) y zinc (Zn) son esenciales en las raciones porque participan en la síntesis de nutrientes principales de procesos enzimáticos y metabólicos del animal (Zapata y Torres, 2015).

La capacidad de ingestión de un bovino va de 1.7 a 3.0% de su PV en materia seca (MS), y varía en función de la clase del animal (torete, novillo, toro, vaquilla, novillona,

vaca), edad, talla y especialmente de la calidad del alimento; es decir, la etapa vegetativa y contenido de fibra (Cuadro 3). Por ejemplo, un animal con un PV de 400 kg consumirá 7.2 kg de MS, si se alimenta exclusivamente de caña de azúcar. Este mismo animal, al consumir un alimento de mejor calidad, como el silo de maíz puede consumir 12 kg de MS. Considerando que ambos alimentos tienen un contenido de 28% de MS, el consumo de MS natural será de 25.7 y 42.8 kg, para caña de azúcar y silo de maíz, respectivamente.

Lopes y Sampaio (1999) indican que la relación concentrado: forraje ofrecida al ganado debería considerar al menos 45% de la MS de forraje y el 55% restante del concentrado. Así, el consumo de MS de un animal de 400 kg será de 12 kg y la cantidad ofrecida será de 5.44 kg de MS de forraje y 6.6 kg de MS de alimento concentrado. Por otro lado, Schoonmaker *et al.* (2004) reportaron una proporción de concentrado: forraje de 70:30 en base MS, en tanto que Livas (2015) menciona hasta una relación 85:15, dependiendo de la calidad digestible de la dieta. Asimismo, Menezes *et al.* (2005) reportaron una interacción significativa entre niveles de concentrado (35,50, 60%) en la dieta durante la fase de terminación de la engorda en corral de novillos Charolais y Nelore de 22 meses de edad, para el EGD y longitud del brazuelo.

González-Salazar *et al.* (2021) evaluaron el efecto de cuatro niveles de concentrado (15, 25, 35 y 45%) en la dieta ofrecida a toretes *Bos taurus* x *Bos indicus* de 18 meses de edad, con promedio de peso de inicio en la engorda de 347 kg. La dieta estuvo elaborada con subproductos agrícolas de la región de Huila, Colombia y el forraje fue *Pennisetum purpureum* picado. Estos autores reportaron un consumo entre 6.56 a 7.62 kg/d y una mayor GDP con el mayor nivel de concentrado en comparación con el menor nivel de concentrado, pero sin diferencias en el RCC, medidas morfológicas de la canal, textura y pH.

Los niveles de energía en la dieta influyen en la composición de la canal. Miller *et al.* (1987) al alimentar novillos Simmental de 14 meses encontraron que los novillos finalizados con dietas altas en energía produjeron canales con mejor acabado, más pesadas y mejor marmoleadas, lomos más grandes, menor tejido conectivo y carne de mejor ternera comparados con los novillos alimentados con dietas bajas en energía. Así mismo, Van Cleef *et al.* (2021) concluyeron que altas proporciones de concentrado que contenía maíz como fuente de energía proporcionaron el mejor desempeño productivo y características de la canal en vaquillonas Nelore, sin comprometer el consumo de MS. Por otro lado, Martínez y Matadamas (1994) utilizaron concentrado con 2.68 y 2.71 de McalEM/kg, y 19.5 y 20.5% de PC en toretes Holstein x cebú engordado en corral durante 133 d, y reportaron 19% menos de consumo de MS/animal/d en el concentrado que contenía 3.9% de harina de alfalfa en comparación con el concentrado sin harina de alfalfa.

Schoonmaker *et al.* (2002) reportaron que becerros Angus x Simmental presentaron mayor GDP (1.62 kg) cuando ingresaron al corral de engorda a los 111 de edad, que aquellos que ingresaron a los 202 d (1.47 kg) y a los 371 d (1.21 kg); además, tuvieron una mejor conversión alimenticia y mejor marmoleo de la carne, pero tuvieron menor peso en canal y no hubo diferencias en el RCC (60.8, 61.3 y 60.3%, respectivamente) Por otro lado, el área del *Longissimus dorsi* fue mayor en los animales de mayor edad. Asimismo, Schoonmaker *et al.* (2004) reportaron que estos becerros engordados desde los 119 d y por 140 d, con alimentación *ad libitum* tuvieron mayor depósito de GIM (4.7%) que aquellos que tuvieron una alimentación de concentrado restringida.

Otro aspecto importante que debe tomarse en cuenta es la adaptación a la dieta, principalmente en aquellos animales que vienen de pastoreo exclusivamente. La adaptación previene trastornos digestivos como la acidosis subclínica, timpanismo y enferme-

dades respiratorias. Neto *et al.* (2018), trabajando con novillos Nelore de 20 meses de edad y 407 kg de PV reportaron mejor desempeño productivo y características de la canal en los animales engordados en corral por 93 d y 14 d de adaptación, que aquellos que estuvieron bajo un sistema semies-tabulado de alimentación. Así mismo, Pordomingo (2017) reportó mayor PCC (297 kg), RCC (60.80%) y GIM (4.04%) en novillos Angus de 2-3 años, engordados en corral, que aquellos alimentados a base de pastoreo (283 kg, 58.70% y 3.35%), respectivamente, así como mejor ternera de la carne (28.60 N vs 31.3 N).

Aditivos alimenticios

Los aditivos alimenticios son considerados de importancia en la inclusión de las raciones para reducir los costos de alimentación, y obtener mayor eficiencia de utilización del alimento, promoviendo mayores GDP, y reducción de la incidencia de alteraciones metabólicas (Zapata y Torres, 2015; Missio *et al.*, 2022). Por ejemplo, los ionóforos son aditivos alimenticios que modifican las características de la fermentación ruminal favoreciendo la fermentación de tipo propiónico en el rumen a expensas del ácido acético y disminución de CH₄ (disminución de la metanogénesis), mejorando la CA, GDP, y reducción de acidosis subclínica, timpanismo, y coccidiosis (Estrada, 2010; Mendoza y Ricalde, 2016). El ionóforo más utilizado es la monensina sódica la cual se utiliza para ganado que consume dietas altas en granos en fases de crecimiento, y finalización durante la engorda en corral. Se recomienda adaptar al ganado a su consumo, incluyendo en el inicio de 5 a 10 g por tonelada de alimento durante los primeros 10 d, y posteriormente incluir en la ración de 25 a 30 g por tonelada (Lagos *et al.*, 2014).

Manejo de la alimentación

El manejo de la alimentación para las diferentes etapas de la engorda en corral modificado de acuerdo con lo mencionado por Estrada (2010) y Lagos *et al.* (2014) es el siguiente:

- (a) *Etapa de adaptación.* El ganado se debe adaptar al corral en los primeros días de la llegada, recibiendo forraje seco a libre acceso. Los animales llegan pesando entre 220 a 280 kg y pasan de una dieta de 100% forraje a otra donde se incluyen dietas con niveles proteicos de 15-16%. Se ofrece inicialmente una ración de 0.5-0.75% del PV del becerro sobre el forraje para lograr un ambiente bacteriano ruminal óptimo. El forraje se reduce paulatinamente y se aumenta proporcionalmente el concentrado durante 14 a 21 d para evitar acidosis ruminal temprana. Algunos ganaderos venden los becerros acondicionados a consumir dietas a base de granos de 21 a 45 d antes del envío a los corrales de engorda (Comerford *et al.*, 2014).
- (b) *Etapa de crecimiento.* Esta etapa los animales desarrollan de los 280 kg hasta los 380 kg con una ración de 12-14% de PC y en una relación forraje: concentrado de 30/70%. Se recomienda utilizar aditivos como los ionóforos para regular el pH ruminal y prevenir acidosis subclínica. Esta etapa dura alrededor de 60-80 d.
- (c) *Etapa de finalización.* El forraje es reducido hasta un 4%. Los consumos aumentan a un 2.6-2.8% del PV. Esta etapa dura de 50 a 70 d hasta llegar a los 450 a 480 kg de peso al sacrificio. La ración debe ofrecerse 2-3 veces al día. Se deben ofrecer alimentos húmedos, especialmente caña de azúcar y ensilaje para evitar fermentaciones secundarias que puedan afectar el consumo e ingestión del animal.

Es conveniente implementar la lectura de los comederos. Se consideran seis categorías: 0= comedero vacío y lamido, 0.5= el estado ideal: queda el 5% o fina capa discontinua de alimento, 1= queda el 10% o fina capa con distribución uniforme en el fondo, 2= queda más del 25% de alimento, 3= queda más del 50% del alimento, 4= comedero lleno sin consumo (Estrada, 2010; Maekawa, 2020). Esta lectura se realiza to-

dos los días en la mañana antes de ofrecer el alimento a los animales a fin de poder realizar la acción correctiva de ajuste en la cantidad de suministro después de la evaluación por dos días consecutivos y evitar posibles desórdenes digestivos (figura 3) (Jaborek, 2021; Paula *et al.*, 2023).

Enfermedades Frecuentes

Laguzzi *et al.* (2015) reportaron 367 muertes de un total de 25 475 animales ingresados a engorda en corral en Argentina, correspondiendo 57.7% a causas respiratorias, 29.3% a enfermedades infecciosas digestivas y metabólicas y 4.8% a accidentes y otras causas. En Rio Grande do Sul, Brasil, Estima-Silva *et al.* (2020) reportaron que la acidosis fue la mayor causa de mortalidad (3.3%) en 22 corrales de engorda de exportación, debido a que los animales no se adaptaron a la ingesta de alimentos basados en granos. En EEUU, las enfermedades respiratorias son las principales causas de morbilidad y mortalidad en corrales de engorda, a pesar de los avances en el manejo operativo preventivo y protocolos sanitarios en este sector (Avra *et al.*, 2017). Se deben implementar adecuadas prácticas de control sanitario, pues muchos de los problemas sanitarios pueden prevenirse o controlarse mediante manejo, quimioprofilaxis o vacunación, minimizando las pérdidas por mortalidad.

Enfermedades respiratorias

Las enfermedades respiratorias son las más frecuentes de presentarse durante las primeras cuatro semanas de arribo al corral (Estrada, 2010), debido principalmente al estrés que altera los mecanismos de defensa del aparato respiratorio, exacerbando patógenos que por sí solos no siempre pueden producir un cuadro clínico, tales como los virus IBR, PI3, BVD y BRSV y bacterias como *Manhemia haemolytica*, *Pasteurella multocida*, *Histophilus somnus*, *Mycoplasmas spp* y *Chlamydia spp*, así como la aparición de enfermedades respira-

CATEGORÍA DE LECTURA DE COMEDERO		ACCIÓN CORRECTIVA
0 Comedero limpio, lamido		Incrementar 5% de alimento 2.5% en la mañana 2.5% en la tarde
0.5 Fina capa discontinua de alimento		Incrementar 3% de alimento 1.5% en la mañana 1.5% en la tarde
1 Fina capa con distribución uniforme en el fondo		Incrementar 1.5% de alimento 0.75% en la mañana 0.75% en la tarde
2 Remanente entre un 25 a 50%		Mantener la misma cantidad de servicio de alimento
3 Remanente de + de 50%		Disminución de alimento de 5% 2.5% en la mañana 2.5% en la tarde
4 Comedero lleno sin consumo		Corregir error en la alimentación, probablemente el alimento no sea apetecible por el ganado, falta de agua y/o errores en el servicio

Figura 3. Categoría de lectura de comedero y acción correctiva de ajuste en la cantidad de alimento suministrado al ganado engordado en corral

torias definidas como bronconeumonía fibrinosa y pleuroneumonía (Gordon *et al.*, 1997). Estas enfermedades se presentan con mayor frecuencia en animales jóvenes con cuadros clínicos de fiebre, depresión, dificultad para respirar, escurrimiento nasal, babeo y lagrimeo (Lagos *et al.*, 2014).

Acidosis y laminitis

La alimentación con alta proporción de concentrado en la ración y baja en fibra permite un acabado rápido de la canal; sin embargo, un mal manejo en la alimentación puede causar trastornos metabólicos, como

acidosis (Missio *et al.*, 2022). La acidosis se define como un estado de acidez patológicamente elevado en la sangre, en tanto que este término se amplía en rumiantes para incluir situaciones de acidez en el rumen (Nocek, 1997). Este trastorno puede ser agudo o crónico, provocando una disminución en el consumo de alimento que influye en el desempeño productivo, pudiendo llevar a la muerte a los animales (Devant, 2008).

La acidosis ruminal se caracteriza por la pérdida de apetito, diarrea, presencia de moco en las heces, deshidratación, falta de coordinación motora y, consecuentemente la muerte (Owens *et al.*, 1998). Algunos animales presentan signos variados de laminitis (Hernández *et al.*, 2014). Esta perturbación es debido a un aumento brusco en el consumo de carbohidratos de rápida fermentación en el rumen, con formación de ácidos que alteran el perfil de la población microbiana del rumen y la absorción de estos ácidos al torrente sanguíneo (Kleen *et al.*, 2003; Jaramillo-López *et al.*, 2017). Estos cambios patológicos establecen las condiciones para el ingreso de bacterias como *Fusobacterium necrophorum* a través de la pared ruminal hacia el torrente sanguíneo, donde alcanzan el hígado y forman abscesos (Nocek, 1997).

La laminitis crónica quizás sea el signo clínico más persistente en un hato con acidosis ruminal subclínica. Rajaduras de la pared dorsal de la pezuña, ulceración de la suela, lesiones en la línea blanca, hemorragias de la suela, y deformación de la pezuña son signos clínicos comunes de laminitis crónica (Akin *et al.*, 2015). El vínculo crítico entre la acidosis y la laminitis parece estar asociado con una hipoperfusión persistente, que produce isquemia en la pezuña (Nocek, 1997). Para reducir la laminitis en el ganado se debe ajustar la relación forraje: concentrado, aumentando la cantidad y tipo de fibra dietética para promover la función ruminal normal (Roberts y Delgado, 2001).

La laminitis pura está generalmente asociada a una ingesta excesiva de granos, aunque también puede estar asociada a factores genéticos, edad, falta de ejercicio y humedad (Nocek, 1997). El animal es reacio a moverse y permanece echado la mayor parte del tiempo (Lagos *et al.*, 2014).

Timpanismo

El timpanismo es una sobre distensión (estiramiento exagerado) del retículo-rumen por gases de fermentación, en forma de espuma mezclada con el contenido ruminal o en forma de gas libre separado de la ingesta. El timpanismo ruminal primario (meteorismo espumoso) es de origen alimentario y se puede presentar en los corrales de engorda que reciben un alto nivel de grano en la dieta (Gamietea, 2020).

Intoxicación por urea

La urea se utiliza con frecuencia como una fuente de nitrógeno de bajo costo en la alimentación del ganado confinado. El consumo en exceso, a muchas veces por accidente puede provocar intoxicación en los animales por alcalosis ruminal y la muerte (Lopes y Sampaio, 1999). La urea nunca debe formar más de un tercio de la proteína degradable ruminal en la dieta (Ramírez, 2009).

Queratoconjuntivitis infecciosa

Enfermedad de los ojos producida por *Moraxela bovis* que coloniza la superficie corneal y conjuntival lo que provoca la irritación de los ojos. Su presencia se atribuye a factores ambientales (hacinamiento y/o presencia de moscas) pudiendo afectar más del 80% de los animales en el corral, especialmente en la etapa de iniciación o adaptación (Lagos *et al.*, 2014).

Micotoxinas

En el ganado de carne las micotoxinas están asociados con un mayor desecho de alimento, afectando el rendimiento productivo del hato, aumento de diversas enfermedades respiratorias y digestivas y, ocasionalmente, muerte súbita. Las aflatoxinas más comunes encontradas en el maíz, sorgo, grano de destilería y forraje son la aflatoxina B1, Toxina T2, Fumonisina B1, y Deoxinivalenol (OIRSA, 2016). El uso de aditivos antimicotoxinas como ingrediente permanente en la ración del ganado en los corrales de engorda es recomendable (Zavieso, 2012).

Vicio de Monta

Es común que algunos animales, especialmente los machos, adopten comportamientos frecuentes, como el hábito de montar repetidamente a sus compañeros del corral (Stookey, 2001), comportamiento que está más relacionado con la jerarquía social que con los estímulos sexuales (Ulbrich, 1981; Judith *et al.*, 1997). El vicio de monta se presenta de 2 a 4% en los animales engordados en corral (Taylor *et al.*, 1997; Freitas-de-Melo *et al.*, 2014). Este vicio constituye un problema importante en el corral porque los animales que son montados pueden sufrir lesiones en la piel y traumatismo musculares, además de tener menor rendimiento, como consecuencia del estrés sufrido (Lopes y Sampaio, 1999; Munilla *et al.*, 2019).

Los animales montadores tienen un mayor gasto de energía, lo que puede afectar el desempeño productivo del ganado. Una forma de corregir este vicio es aplicar una sustancia de olor fuerte y desagradable sobre el dorso lumbar de los animales montados (Lopes y Sampaio, 1999). También es factible retirar a los animales que son montados (Blackshaw *et al.*, 1997) y colocarlos en corrales de toros donde se observa poca o ninguna monta. El síndrome de vicio de monta representa detrimento en el bienestar de los animales y una pérdida económica de importancia en los corrales de engorda (Haupt, 2018).

Problemas Frecuentes de Instalaciones

Estos son más difíciles de visualizar y, en consecuencia, determinar las pérdidas económicas que pueden ocasionar, ya que afectan al lote en su conjunto. Un ejemplo son los espacios de comedero por animal que, al estar mal dimensionados, provocan competencia entre los animales, perjudicando el consumo y el rendimiento productivo. El espacio de comedero a asignar por animal dependerá del tamaño de los animales, la naturaleza de la dieta (húmeda o seca), las condiciones de accesibilidad al comedero y factores climáticos; sin embargo, se considera que 30 cm de frente de comedero son suficientes y no limitantes de la productividad (Lopes y Sampaio, 1999). Ese frente mínimo permite que entre el 65 al 75% de los animales tengan acceso simultáneo a los comederos (Estrada, 2010).

Bienestar Animal

Hoy en día los consumidores seleccionan los productos cárnicos no solo de acuerdo con la calidad y el precio de venta, sino también por la «calidad ética» que involucra aspectos de bienestar animal y el grado de impacto en el medio ambiente causado por el sistema de producción (Esterhuizen *et al.*, 2008).

El bienestar animal se define como el estado o la forma en que un animal enfrenta e intenta adaptarse a las condiciones de su entorno o medio ambiente (Aguilar *et al.*, 2012). La Organización Mundial de la Salud Animal considera que un animal se encuentra en un estado satisfactorio de bienestar cuando está sano, confortable, bien alimentado y puede expresar su comportamiento innato y no sufre dolor, miedo o distrés (WOAH, 2019).

El confinamiento de ganado en los corrales de engorda puede impactar de manera negativa en el estado satisfactorio de bienestar (Mota-Rojas *et al.*, 2016), ya que se altera el comportamiento natural de los bovinos,

se reduce el espacio común tanto en bebederos, sombra y comederos y el rendimiento productivo puede resultar comprometido (Li *et al.*, 2010, 2012), pudiendo provocar depresión del sistema inmune, trayendo como consecuencia mayor susceptibilidad a contraer enfermedades (Aguilar *et al.*, 2012). Por lo tanto, para reducir el estrés que sufren los animales engordados en corral se debe considerar el temperamento del ganado, las instalaciones, áreas de sombra, tamaño adecuado de comederos y bebederos, y evitar que se formen áreas de lodo (Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012; Munilla *et al.*, 2019).

Munilla *et al.* (2019) mencionan que corrales con abundante presencia de lodo reduce las ganancias de peso de los animales pues incrementan el gasto energético para desplazarse por el lodo, además de afectar el bienestar animal (Grandin, 2016).

Por otro lado, los bovinos bajo estrés por calor disminuyen el tiempo dedicado al consumo de alimento, y permanecen inmóviles en lugares más frescos por largos periodos (Brown-Brandl *et al.*, 2006). Se reporta que vaquillas en corrales sombreados (2.12 m²/cabeza) tuvieron una mayor GDP y mejor calidad de canal que aquellos mantenidos en corrales sin sombras (Mitlöhner *et al.*, 2002). En todo caso, la determinación del tamaño del área sombreada está en estrecha relación con el clima (Sullivan *et al.*, 2011).

capacidad de retención de agua, terneza y rendimiento por cocción, aspectos que a su vez tienen relación con la raza o grupo racial, edad, peso, talla, sexo, alimentación, uso de aditivos, manejo, lectura de comedero, sanidad y bienestar animal.

- El ganado con mayor potencial de eficiencia alimenticia tiene mejores rendimientos económicos; además, tendrá un mejor impacto ambiental, al emitir cantidades menores de metano. Está claro que los animales más productivos reducirán la intensidad de las emisiones relativas de gases efecto invernadero (GEI), sin comprometer la calidad de la carne producida..
- Los aditivos alimenticios como los ionóforos, se pueden utilizar solos o combinados en la alimentación de ganado engordado en corral que contribuyen en la disminución de la huella de carbono del ganado al medio ambiente.
- El empleo de marcadores moleculares permite evaluar los rasgos de eficiencia alimenticia y temperamento en el ganado, cantidad de grasa intramuscular y calidad de la carne en programas estratégicos de selección asistida del ganado de razas cárnicas.
- Especial atención se debe tener en la salud y bienestar animal, cuantificando el número de animales que se enferman, y de que se enferman a través de registros de control sanitario.

CONCLUSIONES

- Las características de importancia al evaluar el desempeño productivo y calidad de la canal de la carne del ganado engordado en corral son la ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia, peso vivo, peso de la canal caliente y fría, rendimiento de la canal, área del ojo de la costilla, espesor de grasa dorsal, marmoleo, rendimiento de cortes cárnicos vendibles, perfil de ácidos grasos, colesterol, color, pH, pérdida por goteo,

LITERATURA CITADA

1. **Aguilar NM, Balbuena O, Kucseva DC, Navamuel JM. 2004.** Evaluación del temperamento en bovinos cruza cebú. En: Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Corrientes, Argentina: Universidad Nacional del Nordeste.
2. **Aguilar NM, Rossner MV, Balbuena O. 2012.** Manual práctico de bienestar animal. Recomendaciones para su implementación en el manejo de bovinos de producción. Chaco, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 36 p.

3. **Akin I, Ural DA, Gultekin M, Ural K. 2015.** Subclinical laminitis and its association with pO₂ and faecal alterations: Isikli, Aydin experience. *Rev MVZ Córdoba* 20: 4534-4543.
4. **[AMEG] Asociación Mexicana de Productores de Carne. 2021.** Situación actual de la producción de carne en México. En: XI Congreso Internacional de la Carne y Proteína Animal. Guanajuato, México.
5. **Arboitte MZ, Restle J, Alves Filho, DC, Pascoal LL, Pacheco PS, Soccac DC. 2004.** Características da carcaça de novilhos 5/8 Nellore - 3/8 Charolais abatidos em diferentes estadios de desenvolvimento. *Rev Bras Zootecn* 33: 969-977. doi: 10.1590/S1516-35982004-000400017
6. **Aricetti JA, Rotta PP, Prado RMD, Perotto D, Moletta JL, Matsushita M, Prado IND. 2008.** Carcass characteristics, chemical composition and fatty acid profile of longissimus muscle of bulls and steers finished in a pasture system bulls and steers finished in pasture systems. *Asian Austral J Anim* 21: 1441-1448. doi: 10.5713/ajas.2008.80061
7. **Avra TD, Abell KM, Shane DD, Theurer ME, Larson RL, White BJ. 2017.** A retrospective analysis of risk factors associated with bovine respiratory disease treatment failure in feedlot cattle. *J Anim Sci* 95: 1521-1527. doi: 10.2527/jas.2016.1254
8. **Bautista-Martínez Y, Hernández-Mendo O, Crosby-Galván MM, Joaquín-Cancino S, Albarrán MR, Salinas-Chavira J, Granados-Rivera LD. 2020.** Physicochemical characteristics and fatty acid profile of beef in Northeastern Mexico: Grazing vs feedlot systems. *CyTA-J Food* 18: 147-152. doi: 10.1080/19476337.2020.1725644
9. **Blackshaw JK, Blackshaw AW, McGlone JJ. 1997.** Buller steer syndrome review. *Appl Anim Behav Sci* 54: 97-108. doi: 10.1016/S0168-1591(96)-01170-7
10. **Boggs LD, Merkel AR, Doumit EM. 2006.** Live cattle evaluation, grading, and pricing. In: *Livestock and carcasses. An integrated approach to evaluation, grading, and selection.* 6th ed. Iowa, USA: Kendall/Hunt Publishing Company. p93-109.
11. **Bressan MC, Rodrigues EC, Rossato LV, Ramos EM, da Gama LT. 2011.** Physicochemical properties of meat from *Bos taurus* and *Bos indicus*. *Rev Bras Zootecn* 40: 1250-1259. doi: 10.1590/S1516-35982011000600013
12. **Briggs NG. 2020.** Considerations for finishing cattle for beef. University Park: Penn State Extension. [Internet]. Disponible en: <https://extension.psu.edu/considerations-for-finishing-cattle-for-beef>
13. **Brown-Brandl TM, Nienaber JA, Eigenberg RA, Mader TL, Morrow JL, Dailey JW. 2006.** Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livest Sci* 105: 19-26. doi: 10.1016/j.livsci.2006.04.012
14. **Burrow HM, Dillon RD. 1997.** Relationships between temperament and growth in a feedlot and commercial carcass traits of *Bos indicus* crossbreds. *Aust J Exp Agr* 37: 407-411. doi: 10.1071/EA96148
15. **Callejas-Juárez N, Rebollar-Rebollar S, Ortega-Gutiérrez JA, Domínguez-Viveros J. 2017.** Parámetros bio-económicos de la producción intensiva de la carne de bovino en México. *Rev Mex Cienc Pecu* 8: 129-138. doi: 10.22319/rmcv.v8i2.4415
16. **Catrileo AS. 2015.** Decisiones de manejo en producción de carne bovina. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Ministerio de Agricultura. [Internet]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6472>
17. **Combellas LJ. 1998.** Alimentación de la vaca de doble propósito y de sus crías. Caracas, Venezuela: Fundación INLAN-CA. 196 p.
18. **Comerford JW, Kime LF, Harper JK. 2014.** Agricultural alternatives: feeding beef cattle. Pennsylvania: University

- Park: Penn State Extension. [Internet]. Disponible en: <https://extension.psu.edu/feeding-beef-cattle#section-14>
19. **Consejo Mexicano de la Carne. 2019.** Compendio estadístico. [Internet]. Disponible en: <https://comecarne.org/compendio-estadistico-2019/>
 20. **Cooke RF, Daigle CL, Moriel P, Smith SB, Tedeschi LO, Vendramini JMB. 2020.** Cattle adapted to tropical and subtropical environments: social, nutritional, and carcass quality considerations. *J Anim Sci* 98(2): skaa014. doi: 10.1093/jas/skaa014
 21. **Cuevas JV. 2019.** Carne de res, oportunidades de crecimiento en México. [Internet]. Disponible en: <https://www.ganaderia.com/destacado/Carne-de-res,-oportunidades-de-crecimiento-en-Mexico>
 22. **Dantzer R, Morméde P. 2002.** El estrés en la producción intensiva del Ganado. 2° ed. Zaragoza, España: Acribia. 123 p.
 23. **Devant M. 2008.** Acidosis ruminal y timpanismo: ¿Qué sabemos realmente? En: XIII Congreso Internacional ANEMBE de Medicina Bovina. Salamanca, España.
 24. **Diniz Fb, Vilela SDJ, Mourthé MHF, Paulino PVR, boari CA, Ribeiro JS, barroso JA, Pires AV, Martins PGM. 2016.** Evaluation of carcass traits and meat characteristics of Guzerat-crossbred bulls. *Meat Sci* 112: 58-62. doi: 10.1016/j.meatsci.2015.10.014
 25. **Duckett SK, Neel JPS, Fontenot JP, Clapham WM. 2009.** Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: III. Tissue proximate, fatty acid, vitamin, and cholesterol content. *J Anim Sci* 87: 2961-2970. doi: 10.2527/jas.2009-1850
 26. **Esterhuizen J, Groenewald IB, Strydom PE, Hugo A. 2008.** The performance and meat quality of Bonsmara steers raised in a feedlot, on conventional pastures or on organic pastures. *S Afr J Anim Sci* 38: 303-314.
 27. **Estima-Silva P, Oliveira PA, Bruhn FR, Scheid HV, Marques LS, Ribeiro LS, Schild AL. 2020.** Causes of death of beef cattle raised in feedlots. *Pesqui Vet Brasil* 40: 333-339. doi: 10.1590/1678-5150-PVB-6539
 28. **Estrada SM. 2010.** Manejo productivo de un sistema intensivo de engorde bovino «feedlot». Tesis de Industrial Pecuaria. Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia. 73 p.
 29. **Elzo MA, Johnson DD, Wasdin JG, Driver JD. 2012.** Carcass and meat palatability breed differences and heterosis effects in an Angus-Brahman multibreed population. *Meat Sci* 90: 87-92. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.06.010
 30. **[FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009.** How to feed the world in 2050. In: Proc Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. Rome, Italy: FAO.
 31. **Fell LR, Colditz KH, Watson WDL. 1999.** Associations between temperament, performance and immune function in cattle entering and commercial feedlot. *Aust J Exp Agr* 39: 795-802. doi: 10.1071/EA99027
 32. **Ferguson DM, Warner RD. 2008.** Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Sci* 80:12-19. doi: 10.1016/j.meatsci.2008.05.004
 33. **Freitas-de-Melo A, Lorena L, Rodolfo U. 2014.** Comportamiento homosexual en rumiantes machos: Revisión. *Rev Mex Cienc Pecu* 5: 91-106.
 34. **Friedrich J, Brand B, Schwerin M. 2015.** Genetics of cattle temperament and its impact on livestock production and breeding - a review. *Arch Anim Breed* 58: 13-21. doi.org/10.5194/aab-58-13-2015
 35. **Gama LT, Bressan MC, Rodrigues EC, Rossato LV, Moreira OC, Alaves SP, Bessa RJB. 2013.** Heterosis for meat quality and fatty acid profiles in crosses among *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain. *Meat Sci* 93: 98-104. doi: 10.1016/j.meatsci.-2012.08.005

36. **Gamietea I. 2020.** Ganadería bovina en el área de influencia de la EEA INTA San Pedro. Recomendaciones sobre sanidad, nutrición y manejo. Buenos Aires: Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca [Internet] Disponible en: <https://repositorio.inta.gov.ar/xmlui/handle/20.500.12123/4640#>
37. **García SR. 2013.** Comparison of feedlot performance, carcass merit and chemical composition of crossbreed. PhD Thesis. USA: University of Arizona. 86 p.
38. **Garza-Brenner E, Sifuentes-Rincón AM, Rodríguez-Almeida FA, Parra-Bracamonte GM, Arellano-Vera W. 2019.** Efecto de tres marcadores genéticos sobre la eficiencia alimenticia de toretes en prueba de comportamiento. *Ecosist Recur Agropec* 6(18):581-586. doi.org/10.19136/era.a6n18.2135
39. **Garza-Brenner E, Sifuentes-Rincón AM, Rodríguez-Almeida FA, Randel RD, Parra-Bracamonte GM, Arellano-Vera W. 2020.** Influence of temperament-related genes on live weight traits of Charolais cows. *Rev Bras Zootecn* 49: e20180121. doi: 10.37496/rbz4920180121
40. **Gerrard ED, Grant LA. 2006.** Principles of animal growth and development. Iowa, USA: Hunt Publishing Co. 286 p.
41. **González FAN, García JAM, Martínez ED. 2008.** Evaluación de canales de toros sacrificados a diferente peso comercial en el estado de Oaxaca, México. *R Bras Agroci* 14: 359-368
42. **González-Salazar E, Duarte-Vargas JH, Díaz-Avila V, Castañeda-Serrano RD. 2021.** Animal performance and meat quality in feedlot cattle feeding with different levels of agricultural by-products. *Rev MVZ Córdoba* 26: e1950. doi: 10.21897/rmvz.1950
43. **Gordon A, Andrews DVM, George A, Kennedy D. 1997.** Respiratory diagnostic pathology. *Vet Clin N Am-Food A* 13: 515-547. doi: 10.1016/s0749-0720(15)-30312-1
44. **Grandin T. 1980.** Observations of cattle behavior applied to design of cattle handling. *Appl Anim Ethol* 6: 19-31. doi: 10.1016/0304-3762(80)90091-7
45. **Grandin T. 1993.** Behavioral agitation during handling of cattle is persistent over time. *Appl Anim Behav Sci* 36: 1-9. doi: 10.1016/0168-1591(93)90094-6
46. **Grandin T. 2016.** Evaluation of the welfare of cattle housed in outdoor feedlot pens. *Vet Anim Sci* 1: 23-28. doi: 10.1016/j.vas.2016.11.001
47. **Guerrero A, Velandia VM, Mar MC, Sañudo C. 2013.** Some factors that affect ruminant meat quality: from the farm to the fork. Review. *Acta Sci Anim Sci* 35: 335-347. doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i4.21756
48. **Haskell MJ, Simm G, Turner SP. 2014.** Genetic selection for temperament traits in dairy and beef cattle. *Front Genet* 5:368. doi: 10.3389/fgene.2014.00368
49. **Hernández-Bautista J, Gómez-Vázquez A, Núñez-González FA, Ríos-Rincón FG, Mendoza-Martínez GD, García-Macías JA, Villegas-Aparicio Y, et al. 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. Trópico Húmedo* 25: 173-180.
50. **Hernández J, Benedito JL, Abuelo A, Castillo C. 2014.** Ruminant acidosis in feedlot: from aetiology to prevention. *Sci World J* ID:702572. doi.org/10.1155/2014/702572
51. **Herrero, JM. 2008.** Biodigestores familiares. Guía de diseño y manual de instalación. Bolivia: GTZ-Energía. 84 p.
52. **Houpt KA. 2018.** Domestic animal behavior. 5th ed. Cambridge, UK: Wiley Blackwell. 322 p.
53. **Huerta-Leidenz, N, Jerez-Timaure N, Onorino JS, Brashears MM, Miller MF, Moya A, Godoy S. 2021.** Effects of sex class, a combined androgen and estrogen implant, and pasture supplementation on growth and carcass per-

- formance and meat quality of zebu type grass fed cattle. *Animals* 11: 3441. doi: 10.3390/ani11123441
54. **Ilavarasan R, Robinson JJA, Appa Rao V. 2016.** Effect of age on meat quality characteristics and proximate composition of cattle meat of Tamil Nadu. *J Environ Biol* 30: 185-187.
 55. **Judith K, Blackshaw A, McGlone JJ. 1997.** Buller steer syndrome review. *Appl Anim Behav Sci* 54: 97-108. doi: 10.1016/S0168-1591(96)01170-7
 56. **Jaborek J. 2021.** Managing the feed bunk for improved cattle performance. Michigan State University: Penn State Extension. [Internet]. Disponible in: <https://www.canr.msu.edu/news/managing-the-feed-bunk-for-improved-cattle-performance-1>
 57. **Jaramillo-López E, Itza-Ortiz MF, Peraza-Mercado G, Carrera-Chávez JM. 2017.** Ruminal acidosis: strategies for its control. *Austral Vet Sci* 49: 139-148. dx.doi.org/10.4067/S0719-813220-17000300139
 58. **Juergenson EM. 2010.** Producción de crías y ganado vacuno destinado a la engorda. En: *Métodos aprobados en la producción de ganado vacuno para carne*. 2ª ed. México: Trillas. p 89-124.
 59. **Kemp CM, Sensky PL, Bardsley RG, Buttery PJ, Parr T. 2010.** Tenderness an enzymatic view. *Meat Sci* 84: 248-256. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.06.008
 60. **Kleen JL, Hooijer GA, Rehage J, Noordhuizen. 2003.** Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. *J Vet Med A* 50: 406-414. doi: 10.1046/j.1439-0442.2003.00569.x
 61. **Lagos GH, González GFJ, Castillo RF. 2014.** Paquete tecnológico para la engorda de ganado bovino en corral. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Chihuahua: SAGARPA. [Internet]. Disponible en: <https://www.producechihuahua.org/paqs/PT-0011EngordaGanado.pdf>
 62. **Lawrence TLJ, Fowler VR, Novakowski JE. 2012.** Measuring growth. In: *Growth of farm animals*. 3th ed. UK: Cabi International. p 271-292.
 63. **Laguzzi J, Caffaratti J, Masciangelo W, Sívori N. 2015.** Análisis de mortandad en un feedlot según procedencia y causa. En: *XVI Jornadas de Divulgación Técnico Científicas*. Santa Fe, Argentina.
 64. **Lee SM, Kim JY, Kim EJ. 2012.** Effects of stocking density or group size on intake, growth, and meat quality of Hanwoo Steers (*Bos taurus coreanae*). *Asian Austral J Anim* 25: 1553-1558. doi: 10.5713/ajas.2012.12254
 65. **Li SG, Yang YX, Rhee JY, Jang JW, Ha JJ, Lee KS, Song HY. 2010.** Growth, behavior, and carcass traits of fattening Hanwoo (Korean native cattle) steers managed in different group sizes. *Asian Austral J Anim Sci* 23: 952-959. doi: 10.5713/ajas.2010.90276
 66. **Livas CF. 2015.** Alimentación y manejo del ganado bovino de engorda bajo condiciones de estabulación en México. *Rev Entor Gan* 73: 75-82.
 67. **Llonch P, Somarriba M, Duthie CA, Haskell MJ, Rooke JA, Troy S, Roehle R, Turner SP. 2016.** Association of temperament and acute stress responsiveness with productivity, feed efficiency, and methane emissions in beef cattle: an observational study. *Front Vet Sci* 3: 43. doi: 10.3389/fvets.2016.00043
 68. **Lopes MA, Sampaio AAM. 1999.** Manual do confinador de bovinos de corte. Jaboticabal, São Paulo, Brasil: FUNEP. 106 p.
 69. **Maekawa M. 2020.** Lectura de comederos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. Argentina. [Internet]. Disponible en: <https://producirxxi.com.ar/producirxxi/lectura-de-comederos/>
 70. **Martínez ED, Matadamas MP. 1994.** Validación de tecnología en la engorda de toretes. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Oaxaca, México: Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23. 65 p.
 71. **Martínez ED. 1998.** Caracterización de canales de toros sacrificados a diferente peso vivo en los Valles Centrales de Oaxaca. Tesis de Maestría. Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Chihuahua. 97 p.

72. **Martínez ED. 2006.** Uso de inhibidores glucolíticos en la industria cárnica. Alfa Editores. Rev Carni-Lac 21: 33-38.
73. **Martínez ED, González FAN, García JAM. 2006.** Regression model to assess bull carcasses in Oaxaca State, Mexico. In: LIX Reciprocal Meat Conference. Champaign-Urbana Illinois., USA.
74. **Martínez ED. 2017a.** Hormonas implicadas en el desarrollo y crecimiento de ganado para abasto. Rev Entor Gan 14: 81-85.
75. **Martínez ED. 2017b.** Mejorando la ternera de la carne de bovino. Rev Gan XLII(5): 90-100.
76. **Martínez ED. 2019.** Promotores de crecimiento utilizados en ganado para producción de carne. Rev Entor Gan 16: 74-84.
77. **Mendoza GDM, Ricalde RV. 2016.** Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. 2ª ed. México. Univ. Autónoma Metropolitana. 278 p.
78. **Menezes LFG, Brondani IL, Filho DCA, Restle J, Arboitte MZ, Freitas LS, Pazdiora RD. 2005.** Características da carcaça de novilhos de diferentes grupos genéticos, terminados em confinamento, recebendo diferentes níveis de concentrado. Cienc Rural 35: 1141-1147.
79. **Miller RKH, Cross R, Crouse JD, Tatum JD. 1987.** The influence of diet and time on feed on carcass traits and quality. Meat Sci 19: 303-313. doi: 10.1016/0309-1740(87)90077-5
80. **Missio RL, Gaspar RG, Paris W, Kuss F, Souto GB, Severo MM, Menezes LFG 2022.** Growth performance and meat quality of feedlot steers fed diets with or without natural feed additive. Rev Bras Zootecn 51: e20210096. doi: 10.37496/rbz5120210096
81. **Mondal M, Rajkhowa C, Prakash BS. 2006.** Relationship between plasma growth hormone concentrations and temperament in mithuns (*Bos frontalis*). Horm Behav 49: 190-196. doi: 10.1016/j.yhbeh.2005.06.006
82. **Mota-Rojas D, Velarde A, Huertas CS, Cajiao MN. 2016.** Bienestar animal, una visión global en Iberoamérica. 3ª ed. Barcelona, España: Elsevier. 608 p.
83. **Mitlöchner FM, Galyean ML, McGlone JJ. 2002.** Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. J Anim Sci 80: 2043-2050. doi: 10.2527/2002.8082043x
84. **Munilla ME, Lado M, Vittone JS, Romero SA. 2019.** Bienestar animal durante el período de engorde de bovinos. Rev Vet 30: 82-89. doi: 10.30972/vet-3024138
85. **Neto JJP, Alexandrino E, Junior WSC, Rezende JM, Silva AAM, Mejo JC. 2018.** Performance and carcass characteristics of feedlot-finished zebu cattle in different feeding systems. Semin-Cienc Agrar 39: 1725-1736. doi: 10.5433/1679-0359.2018v39n4p1725
86. **Nocek JE. 1997.** Bovine acidosis: implications on laminitis. J Dairy Sci 80: 1005-1028. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76026-0
87. **Nogalskia Z, Pogorzelska-Przybyleka P, Sobczuk-Szula M, Nogalskab A, Modzelewska-Kapitulac M, Purwind C. 2018.** Carcass characteristics and meat quality of bulls and steers slaughtered at two different ages. Ital J Anim Sci 17: 279-288. doi: 10.1080/18280-51X.2017.1383861
88. **O'Connor, SF, Tatum JD, Wulf DM, Green RD, Smith GC. 1996.** Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. J Anim Sci 75: 1822-1830. doi: 10.2527/1997.7571822x
89. **[OIRSA] Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. 2016.** Manual de buenas prácticas para establecer el sistema de finca segregada en el sector primario: corral de engorde con fines de exportación de carne y sus derivados a la Unión Europea. San Salvador, El Salvador. 106 p.

90. **Owens FN, Dubeski P, Hanson CF. 1993.** Factors that alter the growth and development of ruminants. *J Anim Sci* 71: 3138-3150. doi: 10.2527/1993.7111-3138x
91. **Owens FN, Secrist DS, Hill WJ, Gill DR. 1998.** Acidosis in cattle: a review. *J Anim Sci* 76: 275-286. doi: 10.2527/1998.761275x
92. **Pacola LJ, Tonhati H. 1993.** Métodos de seleção e cruzamentos mais utilizados na pecuária de corte. Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *FUNEP*. 70 p.
93. **Paschal JC, Sanders JO, Kerr JL, Lunt DK, Herring AD. 1995.** Post-weaning and feedlot growth and carcass characteristics of Angus, gray Brahman, Gir, Indu-Brazil, Nellore, and red Brahman sired F1 calves. *J Anim Sci* 73: 373-380. doi: 10.2527/1995.732373x
94. **Paranhos da Costa MJR, Cromberg VU. 1997.** Alguns aspectos a serem considerados para melhorar o bem-estar de animais em sistemas de pastejo rotacionado. En: Peixoto AM, Moura JC, Faria VC (eds). *Fundamentos do pastejo rotacionado*. Piracicaba: FEALQ. p 271-296.
95. **Paula BM, da Silva GR, Ferreira SE, Maia BLC, Almeida MEG, Júnior VMS, Maciel LMS, et al. 2023.** Dataset of feed bunk score images of cattle feedlot. *Data in Brief* 47: 108096. doi: 10.1016/j.dib.2023.108996
96. **Pflanzer SB, Felício PE. 2011.** Moisture and fat content, marbling level and color of boneless rib cut from Nellore steers varying in maturity and fatness. *Meat Sci* 87: 7-11. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.08.009
97. **Pogorzelska-Przybyek P, Nogalski Z, Sobczuk-Szul M, Momot M. 2021.** The effect of gender status on the growth performance, carcass and meat quality traits of young crossbred Holstein-Friesian × Limousin cattle. *Anim Biosci* 34: 914-921. doi: 10.5713/ajas.20.0085
98. **Pordomingo AJ, Pordomingo AB. 2021.** Effects backgrounding finishing programs of different age/weight at harvest of feedlot steers. *Meat Sci* 177: 108493. doi: 10.1016/j.meatsci.2021.-108493
99. **Pordomingo AB. 2017.** Estudio de los efectos interactivos entre la edad, la alimentación y la maduración sobre las características físicas y bioquímicas de la carne bovina de novillos Angus. Tesis de Doctorado. Buenos Aires, Argentina: Univ. Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 78 p.
100. **Preston TR, Willis MB. 1974.** Composición y calidad de la canal. En: *Producción intensiva de carne*. México: Diana. p 61-143.
101. **Quevedo W, Quevedo W, Ortiz L, Sardán S, Rivera E, García D. 2019.** Disponibilidad y consumo de agua para la ganadería bovina en el municipio de Mojocoya. *Rev Cien Tec In* 17: 113-142.
102. **Ramírez LRG. 2009.** Nutrición de ruminantes. 2ª ed. México. Trillas. 314 p.
103. **Rebollar-Rebollar A, Hernández-Martínez J, Rebollar-Rebollar S, Guzmán-Soria E, García-Martínez A, González-Razo FJ. 2011.** Competitividad y rentabilidad de bovinos en corral en el sur del estado de México. *Trop Subtrop Agroecosys* 14: 691-698.
104. **Realini CE, Duckett SK, Brito GW, Rizza MD, Mattos D. 2004.** Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci* 66: 567-577. doi: 10.1016/S0309-1740(03)00160-8
105. **Richardson EC, Herd RM. 2004.** Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. Part 2. Synthesis of results following divergent selection. *Aust J Exp Agr* 44: 431-440. doi: 10.1071/EA02221
106. **Roberts J, Delgado A. 2001.** Acidosis ruminal subclínica: diagnóstico por ruminocentesis. *Rev Inv Vet Perú* 12: 135-137.
107. **Rodríguez D, Martín PC, Alfonso F, Tuero O, Sarduy L. 2012.** Efecto de dos sistemas de alimentación en el rendimiento y composición de las canales de toros mestizos Holstein. *Cuban J Agr Sci* 46: 36-39.

108. **Rubio MSL, Braña DV, Méndez MRD, Delgado ES. 2013a.** Composición de la carne mexicana. México DF: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 68 p.
109. **Rubio MS, Braña DV, Méndez MD, Delgado ES. 2013b.** Sistema de producción y calidad de carne bovina. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 56 p.
110. **Ruiz MR, Matsushita M, Visentainer JV, Hernandez JA, Ribeiro ELA, Shimokomaki M, Reeves JJ, Souza NE. 2005.** Proximate chemical composition and fatty acid profiles of *Longissimus thoracis* from pasture fed LHRH immunocastrated, castrated and intact *Bos indicus* bulls. S Afr J Anim Sci 35: 13-18. doi: 10.4314/sajas.-v35i1.4044
111. **Santos_PB, Santana HA, Araújo MJ, Oliveira AP, Santana EO, Mendes FB. 2018.** Feeding behavior of categories of feedlot-finished beef cattle. Acta Sci 40: e35528. doi: 10.4025/actascianimsci.-v40i1.35528
112. **Santrich-Vacca D, Cianzio D, Rivera A, Casas A, Macchiavelli R. 2013.** Quality and chemical composition of beef from cattle of two age groups in Puerto Rico. J Agr U Puerto Rico 97: 57-74. doi: 10.46429/jaupr.v97i1-2.3039
113. **Savell, JW, Cross HR, Smith GC. 1986.** Percentage ether extractable fat and moisture content of beef longissimus muscle as related to USDA marbling score. J Food Sci 51: 838-839. doi: 10.1111/j.1365-2621.1986.tb13946.x
114. **Scanes CG. 2003.** Hormones and growth. In: Biology of growth of domestic animals. Iowa, USA: Iowa State Press (Blackwell Ames). p 82-121.
115. **Schoonmaker JP, Loerch SC, Fluharty FL, Zerby HN, Turner TB. 2002.** Effect of age at feedlot entry on performance and carcass characteristics of bulls and steers. J Anim Sci 80: 2247-2254. doi: 10.2527/2002.8092247x
116. **Schoonmaker JP, Cecava MJ, Fluharty FL, Zerby HN, Loerch SC. 2004.** Effect of source and amount of energy and rate of growth in the growing phase on performance and carcass characteristics of early- and normal-weaned steers. J Anim Sci 82: 273-282. doi: 10.2527/2004.821273x
117. **Serrano FI, Prisegger G, Sanchez ChF. 2018.** Diferencia productiva entre machos enteros juvenes y terneros castrados. Tesis de Médico Veterinario. Buenos Aires, Argentina: Univ. Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 29 p.
118. **Shackelford SD, Koohmaraie M, Miller MF, Crouse JD, Reagan JO. 1991.** An evaluation of tenderness of the *Longissimus* muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. J Anim Sci 69: 171-177. doi: 10.2527/1991.691171x
119. **Shackelford SD, Wheeler TL, Meade MK, Reagan JO, Byrnes BL, Koohmaraie, M. 2001.** Consumer impressions of tenderness select beef. J Anim Sci 79: 2605-2614. doi: 10.2527/2001.79102605x
120. **Shahin KA, Berg RT, Price MA. 1992.** The effect of breed type and castration on bone growth and distribution in cattle. Reprod Nutr Dev 32: 429-440. doi: 10.1051/rnd:19920503
121. **Schwartzkopf-Genswein K, Stookey JM, Berg J, Haley DB, Pajor Ed, McKillop I. 2012.** Code of practice for the care & handling of beef cattle: review of scientific research on priority issues. Canada: National Farm Animal Care Council. 66 p.
122. **[SIAP] Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2021.** Capacidad instalada para sacrificio de especies pecuarias. Resumen nacional. [Internet]. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/documentos/capacidad-de-sacrificio-de-especies-pecuarias>
123. **Simeone A, Baretta B. 2009.** ¿Cómo se va a recriar y a engordar el ganado en los tiempos venideros? Alternativas

- técnicas. Uruguay: Univ. de la República. [Internet]. Disponible en: https://issuu.com/antonella.e.l/docs/upic_2009_recriar_y_engordar
124. **Steel CC, Lees AM, Tarr G, Dunshea FR, Bowler D, Cowley F, Warner RD, McGilchrist P. 2022.** Abattoir factors influencing the incidence of dark cutting in Australian grain-fed beef. *Animals* 12: 1989. doi: 10.3390/ani12151989
 125. **Stookey JM. 2001.** Buller steer syndrome. Canada: University of Saskatchewan Western College of Veterinary Medicine Applied Ethology. [Internet]. Disponible en: <http://www.usask.ca/wcvm/herdmed/applied-ethology/articles/bullers.html>
 126. **Sullivan ML, Cawdell-Smith AJ, Mader TL, Gaughan JB. 2011.** Effect of shade area on performance and welfare of short fed feedlot cattle. *J Anim Sci* 89: 2911-2925. doi: 10.2527/jas.2010-3152
 127. **Swatland HJ. 1991.** Crecimiento y desarrollo animal. En: Estructura y desarrollo de los animales de abasto. España: Acribia. p 265-319.
 128. **Taylor LF, Booker CW, Jim GK, Guichon PT. 1997.** Sickness mortality and the buller steer syndrome in a western Canadian feedlot. *Aust Vet J* 75: 732-736. doi: 10.1111/j.1751-0813-1997.tb12257.x
 129. **Ulbrich R. 1981.** The buller-steer syndrome. *Int J Stud Anim Prob* 2: 261-268.
 130. **Vaca RJA. 2010.** Temperamento y bienestar. Efecto sobre la producción de bovinos de carne. *Analecta Vet* 30: 74-81.
 131. **Van Cleef HCB, De Oliveira SN, Galati RL, Ferreira DS, Santos VC, Junior ACH, Pereira SAG, et al. 2021.** High concentrate diets with fibrous by-products for feedlot Nellore heifers. *An Acad Bras Cienc* 93: e20190731. doi: 10.1590/000137652-021-20190731
 132. **Varnam AH, Sutherland JP. 1995.** Meat and meat products: Technology, chemistry and microbiology. Reading, UK: Chapman & Hall. 417 p.
 133. **Vazquez-Mendoza OV, Aranda-Osorio G, Huerta-Bravo M, Kholif AE, Elghandour MMY, Salem AZM, Maldonado-Simám E. 2016.** Carcass and meat properties of six genotypes of young bulls finished under feedlot tropical conditions of Mexico. *Anim Prod Sci* 57: 1186-1192. doi.org/10.1071/AN141037
 134. **Voisinet BD, Grandin T, Tatum JD, O' Connor SF, Struthers JJ. 1997a.** Feedlot cattle with calm temperaments have higher average daily gains than cattle with excitable temperaments. *J Anim Sci* 75: 892-896. doi: 10.2527/1997.754892x
 135. **Voisinet BD, Grandin T, O'Connor SF, Tatum JD. 1997b.** *Bos indicus* cross feedlot cattle with excitable temperaments have tougher meat and a higher incidence of borderline dark cutters. *Meat Sci* 46: 367-377. doi: 10.1016/s0309-1740(97)00031-4
 136. **Whipple G, Koohmaraie M, Dikeman ME, Crouse JD, Hunt MC, Klemm RD. 1990.** Evaluation of attributes that affect *Longissimus* muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *J Anim Sci* 68: 2716-2721. doi: 10.2527/1990.6892716x
 137. **[WOAH]. 2019.** World organization of animal health: protecting animals, preserving our future. Paris, France: WOA - Terrestrial Animal Health Code. 519 p.
 138. **Zapata CC, Torres RM. 2015.** Avances en la producción de pequeños rumiantes en el noreste de México. Tamaulipas, México: Univ. Autónoma de Tamaulipas. [Internet]. Disponible en: <https://riuat.uat.edu.mx/bitstream/123456789/1402/1/1402.pdf>
 139. **Zavieso D. 2012.** Micotoxinas y micotoxiosis en ganado de carne en corral (feedlot). II Seminario de bovinos de engorda en corral. Jalisco, México.