



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**POSGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
AGROALIMENTARIA**

**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE CARNE DE
BOVINO HOLSTEIN EN SISTEMA DE ENGORDA
ESTABULADO**

TESIS

**Que como requisito parcial
para obtener el grado de:**

MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

Presenta:

RICARDO RUBIO RUBIO

Bajo la supervisión de: EMMANUEL FLORES GIRÓN, DR.



Chapingo, Estado de México, octubre de 2025



CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE CARNE DE BOVINO HOLSTEIN EN SISTEMA DE ENGORDA ESTABULADO

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

MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

DIRECTOR

DR. EMMANUEL FLORES GIRÓN

CO-DIRECTOR

PH.D. GERARDO MÉNDEZ ZAMORA

ASESOR

DR. ANASTACIO ESPEJEL GARCÍA

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
DEDICATORIAS	ix
AGRADECIMIENTOS	x
DATOS BIOGRÁFICOS	xi
RESUMEN GENERAL	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. Literatura citada	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Marco teórico	5
2.1.1. Carne	5
2.1.2. Composición química	5
2.1.3. Calidad en Carne	7
2.1.4. Factores que determinan la calidad de la carne	8
pH	8
Color	9
Capacidad de retención de agua (CRA)	10
Terneza	11
2.1.5. Factores que afectan la calidad	11
Intrínsecos	12
Extrínsecos	12

2.1.6.	Experimentos de elección discreta	13
2.2.	Marco de referencia	15
2.2.1.	Los bovinos como especie de abasto de carne	15
2.2.2.	Producción mundial de carne de bovino	16
2.2.3.	Producción nacional de carne de bovino	17
2.2.4.	Normativa Mexicana	19
	NOM-051-ZOO-1995	19
	NOM-194-SSA1-2004	19
	NMX-FF-038-SCFI-2002	20
2.2.5.	Estándares internacionales	20
	United states standards for grades of carcass beef	20
	Commission delegated regulation (EU) 2017/1182	21
2.2.6.	Sistemas de engorda estabulados	21
2.2.7.	Carne de novillos Holstein	22
2.2.8.	Experimentos de elección discreta en carne	24
2.3.	Literatura citada	25
3.	RENDIMIENTO DE LA ENGORDA Y DE CANAL EN NOVILLOS HOLSTEIN PRODUCIDOS EN UN SISTEMA DE ENGORDA ESTABULADO	31
3.1.	Introducción	33
3.2.	Materiales y métodos	34
3.2.1.	Ubicación Geográfica	34
3.2.2.	Animales y diseño del estudio	35
3.2.3.	Sacrificio y evaluación de la canal	36
3.2.4.	Análisis estadístico	37
3.3.	Resultados y discusión	37

3.3.1.	Descripción del sistema de producción	37
3.3.2.	Rendimiento de la engorda	38
3.3.3.	Evaluación de la canal.....	39
3.4.	Conclusión.....	40
3.5.	Literatura citada	41
4.	CALIDAD DE LA CARNE DE NOVILLOS HOLSTEIN ENGORDADOS EN UN SISTEMA ESTABULADO	44
4.1.	Introducción	46
4.2.	Materiales y métodos.....	48
4.2.1.	Animales y diseño del estudio	48
4.2.2.	Composición química	49
4.2.3.	pH y capacidad de retención de agua (CRA)	49
4.2.4.	Color de la carne cruda	49
4.2.5.	Pérdida por cocción (PPc) y Fuerza de Corte (FzC)	50
4.2.6.	Análisis de textura de la carne	50
4.2.7.	Evaluación sensorial.....	51
4.2.8.	Perfil de ácidos grasos	51
4.2.9.	Análisis estadístico	52
4.3.	Resultados y discusión	52
4.3.1.	Composición química	52
4.3.2.	pH y capacidad de retención de agua (CRA)	54
4.3.3.	Color.....	55
4.3.4.	Pérdida por cocción (PPc) y Fuerza de Corte (FzC)	57
4.3.5.	Análisis del perfil de textura.....	59
4.3.6.	Análisis sensorial.....	61

4.3.7.	Perfil de ácidos grasos	62
4.4.	Conclusiones	64
4.5.	Literatura citada	64
5.	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DECISIÓN DE COMPRA DE CARNE DE RES EN MÉXICO	70
5.1.	Introducción	72
5.2.	Materiales y métodos.....	74
5.2.1.	Objeto de estudio	74
5.2.2.	Diseño de la encuesta y elección de atributos	74
5.2.3.	Diseño estadístico experimental.....	76
5.2.4.	Análisis estadístico	77
5.3.	Resultados y discusión	78
5.3.1.	Características sociodemográficas.....	78
5.3.2.	Análisis econométrico.....	80
5.4.	Conclusiones	85
5.5.	Literatura citada	86
6.	CONCLUSIONES GENERALES	89
7.	ANEXOS.....	91
	ANEXO 2. ENCUESTA DE VALORACIÓN ECONÓMICA (EXPERIMENTOS DE ELECCIÓN).....	91

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Dieta de finalización en novillos Holstein.	36
Cuadro 2. Variables de rendimiento de engorda.....	39
Cuadro 3. Variables de sacrificio y rendimiento de canal.....	40
Cuadro 4. Dieta de finalización de novillos Holstein.	48
Cuadro 5. Composición química de la carne.	53
Cuadro 6. Valores de pH y capacidad de retención de agua.	55
Cuadro 7. Parámetros de color en la carne cruda.	57
Cuadro 8. Valores de pérdida por cocción y Fuerza de Corte de la carne.....	58
Cuadro 9. Valores del perfil de textura en carne.	60
Cuadro 10. Perfil de ácidos grasos en la carne Holstein.	63
Cuadro 11. Atributos y niveles del experimento.	76
Cuadro 12. Tarjetas del experimento de elección.	76
Cuadro 13. Características sociodemográficas de los participantes.....	79
Cuadro 14. Resultados de las estimaciones econométricas.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Disminución del pH después del sacrificio.....	9
Figura 2. Producción mundial de carne bovina.....	16
Figura 3. Principales países productores de carne bovina.	17
Figura 4. Producción nacional de carne bovina en México.....	18
Figura 5. Principales estados productores de carne bovina en México.	18
Figura 6. Escala utilizada para la evaluación sensorial.....	51
Figura 7. Evaluación sensorial.....	62
Figura 8. Ejemplo de tarjetas.....	77

DEDICATORIAS

A mis padres Raymundo Rubio Najera y María de Jesús Rubio Barraza por siempre apoyarme en mis metas y nunca dejar de estar presentes a lo largo de mi vida aconsejándome a siempre tomar la mejor decisión. A mi madre que siempre me dio su amor, su paciencia, comprensión y apoyo. A mi padre quien me comparte de sus sabios consejos y siempre está al pendiente brindándome su apoyo, él me ha enseñado que tienes que trabajar muy duro si quieres lograr tus metas.

A mis abuelos Zeferino Barraza Urbina, Manuela Rubio Guzmán †, José Manuel Rubio Rubio † y Hermila Najera Herrera † por siempre estar presentes motivándome a seguir estudiando y cumplir mis sueños, en especial a mis abuelos paternos José y Hermila que siempre me apoyaron y me enseñaron mucho de la vida.

A mis padrinos de toda la vida Ma. Guadalupe Urbina Arredondo y Donaciano Carreón Lerma † que son como mis segundos padres siempre presentes en momentos importantes.

A todos aquellos que formaron parte de mi etapa de estudiante, que han sido un gran ejemplo por seguir y me han impulsado a cumplir mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo económico otorgado durante la realización de esta investigación.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria por los conocimientos brindados en mi formación académica y profesional.

A mi comité asesor: Dr. Emmanuel Flores Girón, PhD. Gerardo Méndez Zamora y Dr. Anastacio Espejel García por los conocimientos compartidos, por su contribución y facilidades para el desarrollo de esta investigación.

A mis padres y hermanos, por su amor incondicional, apoyo constante y por inculcarme los valores que me han guiado a lo largo de esta etapa.

A mis amigos: Jessica Marcos, Miguel Jiménez y Walter Méndez, por la confianza brindada, por motivarme a seguir adelante ante cada tropiezo, fue un honor compartir con ustedes muchos momentos durante esta etapa.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre	Ricardo Rubio Rubio
Fecha de nacimiento	04 de octubre de 1998
Lugar de nacimiento	Inde, Durango
No. Cartilla militar	D-5037111
CURP	RURR981004HDGBBC05
Profesión	Ingeniero Agroindustrial
Cédula profesional	13697789

Desarrollo académico

Bachillerato	Centro de educación media superior a distancia EMSaD INDÉ
Licenciatura	Ingeniero Agroindustrial Universidad Autónoma Chapingo

RESUMEN GENERAL

CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE CARNE DE BOVINO HOLSTEIN EN SISTEMA DE ENGORDA ESTABULADO

En México, la carne de res es un alimento de gran relevancia económica, cultural y nutricional; sin embargo, persiste la percepción de menor calidad en la carne proveniente de novillos Holstein, raza predominantemente lechera. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar integralmente el desempeño productivo, las características de canal y la calidad fisicoquímica, tecnológica, sensorial y nutricional de la carne de novillos Holstein engordados en un sistema estabulado, así como los atributos que influyen en la preferencia del consumidor, mediante la aplicación de un experimento de elección discreta. El estudio se realizó con nueve novillos Holstein, finalizados durante 120 días en confinamiento. Se registraron peso vivo (PV), peso de canal caliente (PCC), peso de canal fría (PCF) y rendimiento de canal (RC), además de análisis de pH, capacidad de retención de agua (CRA), color, pérdida por cocción (PCc), fuerza de corte (FzC), perfil de textura, evaluación sensorial y perfil de ácidos grasos del músculo Longissimus dorsi. Paralelamente, se aplicó una encuesta a consumidores de diversas regiones, evaluando raza de origen, calidad de corte, tipo de sacrificio y precio, mediante un modelo logit condicional. Los resultados productivos mostraron PV final de 536.33 kg, y un RC del 53.07 %, comparables con reportes para sistemas estabulados. La carne presentó pH 5.78, CRA 61.28 %, FzC 36.93 N y color en rangos comerciales, con aceptación sensorial moderada-alta y perfil lipídico favorable. El experimento de elección discreta reveló que la certificación TIF es el atributo con mayor peso positivo en la decisión de compra, seguida de preferencia por razas cárnicas y calidad del corte, mientras que el precio tuvo efecto negativo. Se concluye que la engorda intensiva de novillos Holstein es viable y competitiva, y que estrategias de diferenciación y certificación pueden mejorar su posicionamiento en el mercado nacional.

Palabras clave: Holstein, engorda estabulada, calidad de carne, rendimiento de canal, preferencias del consumidor.

Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria. Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Ricardo Rubio Rubio

Director de Tesis: Emmanuel Flores Girón, Dr.

ABSTRACT

Characterization of the Meat Quality of Holstein Steers in a Feedlot Finishing System

In Mexico, beef holds significant economic, cultural, and nutritional importance; however, there is a persistent perception that meat from Holstein steers, a predominantly dairy breed, is of lower quality. The objective of this study was to comprehensively evaluate the productive performance, carcass characteristics, and physicochemical, technological, sensory, and nutritional quality of meat from Holstein steers finished in a feedlot system, as well as the attributes influencing consumer preferences, through the application of a discrete choice experiment. The study was conducted with nine Holstein steers, finished over a 120-day confinement period. Measurements included live weight (LW), hot carcass weight (HCW), cold carcass weight (CCW), and carcass yield (CY), along with pH, water-holding capacity (WHC), color, cooking loss (CL), shear force (SF), texture profile, sensory evaluation, and fatty acid composition of the Longissimus dorsi muscle. In parallel, a consumer survey was carried out in various regions, to assess the effects of breed of origin, cut quality, slaughter method, and price, analyzed using a conditional logit model. The production results showed a final body weight (BW) of 536.33 kg and a carcass yield (CR) of 53.07%, comparable to values reported for feedlot systems. The meat had a pH of 5.78, water-holding capacity (WHC) of 61.28%, shear force (SF) of 36.93 N, and color within commercial ranges, with moderate-high sensory acceptance and a favorable lipid profile. The discrete choice experiment revealed that TIF certification is the attribute with the greatest positive influence on purchase decisions, followed by a preference for beef breeds and cut quality, while price had a negative effect. It is concluded that intensive fattening of Holstein steers is both viable and competitive, and that differentiation and certification strategies can enhance their positioning in the domestic market.

Keywords: Holstein, feedlot finishing, meat quality, carcass yield, consumer preferences.

Master's Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Ricardo Rubio Rubio
Advisor: Emmanuel Flores Girón, Dr.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El aumento en la producción y consumo de carne ha generado críticas por su impacto ambiental y en el bienestar animal; en el caso de la carne de res, que destaca por su alta huella ecológica y las preocupaciones sobre los sistemas intensivos de producción. Este contexto posiciona a la carne bovina como un tema clave en el debate sobre sustentabilidad (Schulze et al., 2021).

En 2023 el consumo mundial de carne de res fue de 57 millones 833 mil toneladas, siendo Estados Unidos el principal consumidor seguido por China y Brasil, situando a México en la séptima posición con un consumo nacional de 2 millones 118 mil toneladas, ese ascenso resultó del impulso de una mayor producción interna acompañado de un incremento del volumen importado y la declinación del exportado, el consumo per cápita de res alcanzó 16.4 kg, el cual resultó mayor en 757 g al registrado en el año previo (COMECARNE, 2024).

En México la producción bovina se divide en razas especializadas, mientras Angus, Hereford y Charoláis dominan el sector cárnico, en la producción lechera destacan las razas Holstein y Pardo Suiza Americana (SIAP, 2023). Durante varios años la producción de carne de novillos Holstein ha jugado un papel importante en el negocio de los corrales de engorda y se ha utilizado para satisfacer las necesidades del mercado que el ganado bovino de carne no puede cubrir fácilmente (Burdine et al., 2004). Si bien la dualidad de la raza Holstein es evidente, en México no se tienen investigaciones robustas de los atributos de preferencia al momento de la decisión de compra de los consumidores que permita diferenciar la carne de novillo Holstein. La carne de novillos de raza lechera ha sufrido la percepción de mala calidad debido a las características lecheras de la raza y que no han sido seleccionadas

por sus atributos cárnicos como las razas Angus o Hereford. Su conformación y el contenido de grasa son algunas de las características por las cuales se perciben de menor calidad, pero es importante destacar que la calidad de la carne también está determinada por factores antes del sacrificio extrínsecos como la alimentación y el manejo que si se implementan de manera adecuada dan como resultado carne de buena calidad para el mercado (Burdine et al., 2004).

El objetivo general del presente trabajo fue caracterizar el desempeño productivo, las características de la calidad de la carne de novillos Holstein engordados en un sistema estabulado, así como identificar los factores que influyen en la preferencia del consumidor en el mercado nacional. Este análisis integral busca establecer criterios claros sobre los atributos productivos, tecnológicos, nutricionales y sensoriales de la carne Holstein para comprender el comportamiento del consumidor y promover la autenticidad y diferenciación de este producto en el mercado, brindando información técnica y científica que sirva de apoyo a productores, consumidores y autoridades para su valorización y posicionamiento.

Para cumplir con este objetivo, la investigación se estructuró en varios capítulos, cada uno enfocado en aspectos fundamentales para comprender y definir la viabilidad productiva y comercial de la carne de novillo Holstein en México. Se incluyó una revisión de literatura, Capítulo 2.

En el Capítulo 3, se documentó el desempeño productivo y el rendimiento de la canal de los novillos bajo condiciones de engorda estabulada. Se analizaron indicadores como el peso vivo final, el rendimiento en canal caliente y fría, así como los factores de conversión alimenticia, destacando la eficiencia productiva alcanzada en este sistema intensivo y su potencial para generar un rendimiento de carne competitivo a nivel nacional.

En el Capítulo 4, se realizó una caracterización de la calidad de la carne, evaluando parámetros como el pH, la capacidad de retención de agua, la fuerza de corte, el color instrumental, una evaluación sensorial y el perfil de ácidos

grasos. Estos análisis permitieron determinar que la carne Holstein presenta características dentro de los rangos comerciales aceptables, con un perfil lipídico favorable y con atributos que contribuyen a su valor nutricional y percepción positiva en el mercado nacional.

Finalmente, en el Capítulo 5, se abordaron los aspectos económicos y de preferencia del consumidor a través de un experimento de elección discreta, técnica que permitió identificar los atributos con mayor peso en la decisión de compra. Se encontró que la certificación TIF, la raza de origen y la calidad del corte son los factores más valorados por el consumidor, mientras que el precio ejerce una influencia negativa en la intención de compra. Este hallazgo confirma la importancia de estrategias de diferenciación y certificación como herramientas clave para mejorar la percepción y posicionamiento de la carne Holstein.

Los resultados obtenidos en esta investigación ofrecen un marco integral para la caracterización productiva, tecnológica, sensorial, nutricional y económica de la carne de novillo Holstein, fortaleciendo su posicionamiento frente a la percepción histórica de inferioridad que ha acompañado a esta raza en el ámbito cárnico. Asimismo, aportan evidencia científica que apoya el desarrollo económico sostenible de los sistemas de producción intensiva, al tiempo que promueven el aprovechamiento de un recurso pecuario subutilizado. De esta manera, la investigación contribuye al fortalecimiento de la cadena productiva, a la valorización de la carne Holstein en el mercado nacional y a la generación de estrategias orientadas a la competitividad, la diferenciación y la sustentabilidad de la producción bovina en México.

1.1. Literatura citada

Burdine, K. H., Meyer, A. L. & Maynard, L. J. (2004). *Understanding the market for Holstein steers* [Conference presentation]. Annual Meeting, Denver, CO, United States. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.31978>

Consejo Mexicano de la Carne (COMECARNE). (2024). *Compendio Estadístico*.

- Schulze, M., Spiller, A. & Risius, A. (2021). Do consumers prefer pasture-raised dual-purpose cattle when considering meat products? A hypothetical discrete choice experiment for the case of minced beef. *Meat Science*, 177, Article 108494. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108494>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). *Ganadería bovina y sus derivados*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/ganaderia-bovina-y-sus-derivados>.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Carne

La carne se define como la parte blanda del cuerpo de los animales, situada entre la piel y los huesos, que incluye músculos y vísceras de mamíferos, aves, reptiles y anfibios, y que se destina al consumo humano, ya provenga de animales domésticos o salvajes, que cumpla con el rigor mortis del animal (Latham, 2002). De manera complementaria, Seman et al. (2018), amplía el concepto al considerar la carne como “el músculo esquelético y sus tejidos asociados derivados de especies mamíferas, aves, reptiles, anfibios y especies acuáticas capturadas para el consumo humano. Los despojos comestibles, consisten en órganos y tejidos musculares no esqueléticos, también se consideran carne”.

2.1.2. Composición química

Los componentes de la carne son agua (65-80 %), proteína (16-22 %), y grasa (1-15 %) (Horcada & Polvillo, 2010). El agua es de los componentes más importantes en los alimentos, la carne por su alto porcentaje se considera un alimento perecedero que reduce su vida útil, esta influye en el color, la textura y el sabor del tejido muscular (Ahmad et al., 2018). Al igual que el agua, las proteínas representan otro componente fundamental del tejido muscular, estas biomoléculas son compuestos orgánicos, formadas por la unión de aminoácidos a través de enlaces peptídicos, su composición química se distribuye en un 52 % de carbono, 19 % de oxígeno, 16 % de nitrógeno, 6 % de hidrógeno y pequeñas cantidades de azufre (Feiner, 2006). En el caso específico de la carne, las proteínas que contiene son de alto valor biológico, ya que aportan todos los aminoácidos esenciales para el organismo, incluyendo lisina, fenilalanina,

treonina, triptófano, metionina, leucina, valina e isoleucina (Williams, 2007) dando un aporte a la calidad en la parte nutricional. Otra de las proteínas relevantes es el colágeno, compuesto por hidroxiprolina, prolina y glicina localizada en tejidos como ligamentos, tendones, piel y otras estructuras con funciones mecánicas y de soporte, su presencia y concentración en el tejido conectivo influyen directamente en la ternura de la carne, ya que un contenido elevado de colágeno puede aumentar la dureza del producto cárnico (Feiner, 2006).

La grasa constituye uno de los principales componentes lipídicos de la carne, compuesta en su mayoría por triglicéridos (90–95 %), aunque también incluye cantidades menores de diglicéridos, monoglicéridos, ácidos grasos libres, fosfolípidos, esteroides y vitaminas, su clasificación se basa en la localización anatómica dentro de la canal: grasa renal (alrededor de los riñones), intermuscular (entre músculos), subcutánea (entre piel y músculo) e intramuscular (inmersa en el tejido muscular), esta última conocida como marmoleo, la cual tiene un impacto determinante en las propiedades sensoriales de la carne, particularmente en su textura, jugosidad y sabor (Horcada & Polvillo, 2010).

En los rumiantes, la biohidrogenación bacteriana que ocurre en el rumen modifica significativamente el perfil lipídico, al reducir la presencia de ácidos grasos poliinsaturados y favorecer la formación de isómeros trans, como el ácido linoleico conjugado, que se ha asociado con efectos benéficos para la salud humana (Wood, 2017). Entre los principales ácidos grasos presentes en la grasa de la carne destacan, en orden descendente de concentración, los saturados: palmítico (C16:0), esteárico (C18:0) y mirístico (C14:0), en cuanto a los monoinsaturados, predominan el ácido oleico (C18:1) y el palmitoleico (C16:1), finalmente, los principales ácidos grasos poliinsaturados cuantificables son el linoleico (C18:2), linolénico (C18:3) y araquidónico (C20:4), en conjunto, los ácidos grasos saturados y monoinsaturados constituyen la fracción predominante en los triglicéridos presentes en la grasa intramuscular (Horcada & Polvillo, 2010).

La carne es de los alimentos naturales más nutritivos y energéticos usados para satisfacer las necesidades corporales, es fundamental para mantener una dieta sana y equilibrada, primordial para el desarrollo y funcionamiento corporal (Ahmad et al., 2018). Gracias a su riqueza en vitaminas, grasas y proteínas se considera una fuente clave de nutrientes indispensables para la salud humana (Verbeke, et al., 2009).

2.1.3. Calidad en Carne

La calidad puede definirse como la medida en que un producto satisface a lo largo del tiempo las expectativas del consumidor (Horcada & Polvillo, 2010). En el caso de la carne los consumidores enfocan su interés en el aporte nutricional y sensorial (Morales & Subiabre, 2022), mientras que los ganaderos lo relacionan con el incremento de la masa muscular de los animales o los procesadores en la reducción de grasa (Horcada & Polvillo, 2010). Por ello, el concepto de calidad de carne debe definirse en cada eslabón de la cadena de producción y comercialización en función de criterios concretos, teniendo en cuenta que el producto debe satisfacer la demanda del mercado específico al que se destina (Horcada & Polvillo, 2010). Cabe resaltar que existen factores que afectarán la calidad nutricional de la carne, catalogados como factores intrínsecos (raza, edad, sexo) y extrínsecos (alimentación y manejo) (Morales & Subiabre, 2022).

Al respecto, podemos sugerir que la calidad en la carne se refiere mayormente a los atributos deseables del producto, los cuales, el consumidor puede observar antes o después del consumo, como lo son el color, textura y jugosidad (Warriss, 2000; Lawrie & Ledward, 2006). Es importante señalar que, mediante métodos instrumentales los factores de pH, capacidad de retención de agua y las características texturales ayudan a predecir la calidad desde la obtención del producto y comprobar la manipulación correcta de los distintos eslabones de la cadena de producción.

2.1.4. Factores que determinan la calidad de la carne

pH

El pH es el logaritmo negativo de la concentración de protones de hidrógeno en una disolución y tiene un rango de medición desde 0 (ácido) hasta 14 (básico) (Morales & Subiabre, 2022). En la carne estará determinado por la cantidad de ácido láctico producido a partir del glucógeno durante la glucólisis anaeróbica, y este se verá reducido si el glucógeno se agota por fatiga, inanición o miedo en el animal antes del sacrificio (Lawrie & Ledward, 2006).

El pH evoluciona durante la conversión del músculo en carne durante los procesos tras la muerte del animal, se interrumpe la circulación sanguínea y en consecuencia el aporte de oxígeno al músculo, así como de otros elementos nutritivos, al mismo tiempo se produce un fallo de la regulación hormonal y nerviosa de las estructuras musculares, sin embargo, en el músculo continúa cierta actividad enzimática que provoca una degradación del ATP (elemento energético del músculo) hasta prácticamente su total desaparición, en esta situación, caracterizada por la ausencia de oxígeno, y ante la persistente demanda de energía por parte del músculo, toma importancia la ruta glicolítica que en último término degrada las reservas de glucosa del músculo para la obtención de energía, la consecuencia de esta situación es el incremento de la concentración de ácido láctico en el medio muscular, y en consecuencia un descenso del valor (Horcada & Polvillo, 2010).

El pH muscular normal, independientemente de la especie, se aproxima a 7.4 en músculo vivo (Aberle et al., 2001). Con el aumento de ácido láctico debido a la glucólisis anaeróbica *post mortem*, este comienza a descender en una hora post mortem, en consecuencia, desciende tras la resolución del rigor, que generalmente se alcanza en 24 horas post mortem, el pH normal de la carne tras la resolución del rigor se sitúa generalmente entre 5.6 y 5.8 (Kerth, 2013). El pH tiene un impacto significativo en el color, la vida útil, el sabor, la estabilidad microbiológica, el rendimiento y la textura de la carne por lo tanto es uno de los

parámetros más importantes en la producción de carne (Feiner, 2006). La medición de este parámetro puede proporcionar información valiosa sobre la calidad de la carne (Warriss, 2000). En este sentido los valores elevados (cerca de 6) se asocian con carnes de corte oscuro, firme y seco (carnes DFD), por otra parte, los valores bajos (cerca de 5) se asocian a carnes pálidas, blandas y exudativas (carnes PSE), las cuales afectan la aceptación del producto (Horcada & Polvillo, 2010).

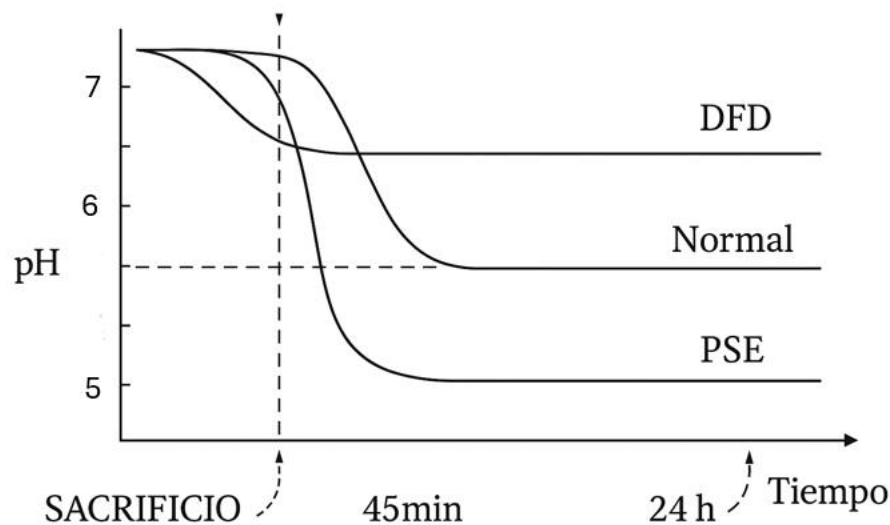


Figura 1. Disminución del pH después del sacrificio.
Fuente: Braña et al. (2011).

Color

El color es uno de los atributos más determinantes en la percepción de calidad de la carne por parte del consumidor, ya que influye de forma directa en su decisión de compra, este atributo visual depende de factores tanto ante como post mortem, como el pH muscular, el estado antioxidante, la oxidación de pigmentos y lípidos, así como de la forma en que la mioglobina, principal pigmento responsable del color, se presenta en sus diferentes estados: desoximioglobina, oximioglobina y metamioglobina, una disminución en el pH post mortem favorece el desarrollo del color rojo brillante por la formación de oximioglobina, mientras que un pH elevado, como en carnes DFD, reduce la disponibilidad de oxígeno, afectando negativamente el color, además, variables como la dieta, la genética y la temperatura posterior al sacrificio pueden alterar

este equilibrio (Kerth, 2013). Faustman & Suman (2017), señalan que el color también se ve influido por la cantidad de humedad en la superficie del músculo, la cual afecta la reflexión de la luz y, por tanto, el brillo percibido. Hui (2001), por su parte, enfatiza que el color, junto con la proporción y distribución del tejido magro, graso y óseo, es evaluado visualmente por el consumidor, aunque no siempre de forma consciente. En conjunto, estos elementos bioquímicos, estructurales y físicos determinan la apariencia del producto cárnico y, con ello, su aceptación comercial.

Capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua (CRA) fue descrita por Hamm (1960), como la capacidad que tiene la carne para retener su agua constitutiva (ligada e inmovilizada) durante la aplicación de fuerzas externas o de algún tratamiento. Determina la aceptabilidad visual de la carne, influyendo así en la disposición del consumidor a comprar el producto, también determina la pérdida de agua durante el transporte, el almacenamiento, el procesamiento, la cocción y la jugosidad de la carne, rasgos importantes que contribuyen a la calidad del producto, además de influir en la textura (Warner, 2017).

El contenido de humedad de la carne desempeña un papel vital en la palatabilidad, la funcionalidad y la vida útil de los alimentos musculares, ya que el músculo está compuesto aproximadamente por un 75 % de agua, dividida en tres tipos generales: ligada, inmovilizada y libre, el agua ligada se mantiene firmemente mediante las cargas de las proteínas miofibrilares, el agua inmovilizada se encuentra dentro de las membranas celulares musculares y atraída por el agua ligada, pero no ligada a las proteínas miofibrilares como en el caso del agua ligada, representando la mayor parte del agua ligada al músculo y por último el agua libre que se mantiene dentro del músculo mediante una fuerza capilar débil (Kerth, 2013).

Un grado reducido de acidificación y un pH final alto resultan en una baja pérdida por goteo, mientras que una alta tasa de acidificación inicial conlleva una mayor

pérdida por goteo (Warriss, 2000). Esta propiedad afecta a aspectos nutritivos en la carne como son la retención de vitaminas, minerales o las sales, de rendimiento como puede ser el volumen de agua retenida (Horcada & Polvillo, 2010) y de calidad ante el consumidor con la jugosidad.

Terneza

La terneza de la carne se refiere a la facilidad con que esta puede ser masticada y deformada, evaluada tanto por percepciones sensoriales como por mediciones instrumentales de dureza en donde se mide la fuerza de corte (FzC) usando la cuchilla Warner Bratzler y masticabilidad mediante el análisis del perfil de textura (TPA) utilizando términos como dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resistencia. Esta propiedad está relacionada con la estructura fibrosa del músculo, su contenido de tejido conectivo y su comportamiento en boca durante el consumo (Warner et al., 2021).

La terneza es un criterio importante para garantizar la recompra solo después del color, el grado de dureza de la carne puede relacionarse principalmente con la edad del animal, ya que el tejido muscular de los animales mayores muestra signos de un mayor número de enlaces cruzados entre la actina y la miosina, así como un mayor número de enlaces cruzados en el colágeno (Feiner, 2006).

En cuanto a factores después del sacrificio, se debe mantener relación temperatura-pH; el valor de pH debe ser igual o inferior a 5.7 una vez que la carne alcance una temperatura de 7 °C. Si la carne o la canal se enfría demasiado rápido y la temperatura es inferior a 7 °C, una vez alcanzado un pH de 5.7, existe el riesgo de que se produzca acortamiento por frío (Feiner, 2006) y por ende una reducción de la terneza acompañada de una mayor pérdida de agua que afectaría la calidad.

2.1.5. Factores que afectan la calidad

Durante el proceso completo de producción de carne actúan un conjunto de factores que pueden influir de manera significativa en la calidad del producto

obtenido. Estos factores se clasifican en dos grupos principales: factores intrínsecos, vinculados directamente con las características biológicas y fisiológicas del animal, y factores extrínsecos, asociados a condiciones externas y a la gestión del sistema productivo. Ambos tipos de factores, ya sea de forma aislada o combinada, impactan en mayor o menor grado sobre los atributos determinantes de la calidad como lo son la composición química de la carne, el pH, el color, la ternura y la capacidad de retención de agua. Estos, a su vez, condicionan la aceptabilidad del producto por parte del consumidor y su competitividad en el mercado.

Intrínsecos

Los factores intrínsecos como la raza, la edad y el sexo determinan en gran medida las características fisiológicas y metabólicas del animal. Gregory (1998), señala que la selección genética enfocada en productividad puede generar antagonismos que afectan tanto el bienestar como la calidad final del producto, por ejemplo, ciertas razas con gran desarrollo muscular presentan mayor susceptibilidad a problemas de estrés, lo que puede alterar la calidad de la carne, manifestándose en defectos como carne PSE en cerdos o DFD en bovinos, la edad influye en la composición del músculo, su ternura y contenido de colágeno, mientras que el sexo se relaciona con variaciones en el engrasamiento y rendimiento de la canal, estos atributos intrínsecos, aunque en gran parte determinados genéticamente, interactúan de forma directa con el manejo y las condiciones a las que el animal es expuesto antes del sacrificio.

Extrínsecos

Los factores extrínsecos como el bienestar animal, la alimentación, el manejo y el sistema de producción pueden modificar de manera significativa la presentación y el valor comercial de la carne, un manejo inadecuado, transporte prolongado o condiciones deficientes en el corral de espera incrementan el estrés, cambios de color anormales o pérdida de rendimiento por deshidratación, la alimentación influye no solo en la conformación y cobertura grasa, sino también en el metabolismo muscular posmortem, afectando el pH y la capacidad de

retención de agua. El sistema de producción (intensivo, extensivo o estabulado) influye directamente en la calidad y el valor nutricional de la carne, según Nogalski et al. (2023), dietas basadas en forrajes o en ensilajes de maíz modifican el contenido de grasa, proteínas y el perfil de ácidos grasos de la carne. Nian et al. (2018), añaden que los cambios en la dieta también afectan ácidos grasos poliinsaturados, minerales y antioxidantes, siendo que sistemas con mayor proporción de forraje mejoran el perfil lipídico y aportan compuestos beneficiosos, mientras que los sistemas intensivos con alto concentrado alteran el equilibrio nutricional.

2.1.6. Experimentos de elección discreta

La carne constituye un pilar fundamental en la alimentación y la cultura de México, fusionando tradiciones ancestrales con dinámicas modernas de globalización alimentaria, en la actualidad, las carnes más consumidas a nivel nacional son la de pollo, cerdo y res, esta selección no responde únicamente al factor económico, sino que refleja una compleja interacción entre preferencias gastronómicas regionales, accesibilidad y la creciente influencia de tendencias asociadas a la salud, la sostenibilidad ambiental y la ética en la producción animal (Estévez-Moreno & La Lama, 2022).

Entender tendencias de consumo y conocer metodologías adecuadas para su análisis nos permite tener una perspectiva más actualizada sobre las preferencias de los consumidores, entre estas se encuentran los experimentos de elección discreta.

Los experimentos de elección discreta consisten en diseñar y analizar datos de selección a partir de un escenario de mercado hipotético que se presenta a los participantes para su evaluación (Melo, 2020). Estos modelos se fundamentan principalmente en la teoría de la utilidad y en la teoría de la probabilidad. La primera constituye el núcleo conceptual de los experimentos de elección discreta, ya que explica que los individuos actúan de manera racional al seleccionar la alternativa que les reporta mayor satisfacción, en función de sus preferencias,

necesidades y restricciones, ambas teorías proporcionan el marco analítico para entender y predecir patrones de elección, vinculando la motivación subjetiva del decisor con herramientas estadísticas que traducen las decisiones en estimaciones precisas (Louviere & Carson, 2010).

A diferencia de los métodos no comparativos, los experimentos de elección discreta permiten captar de forma más precisa las decisiones de compra complejas, ya que consideran la interacción entre los diferentes atributos del producto, este enfoque simula situaciones de compra reales, en las que el consumidor debe elegir entre alternativas con distintas características, generando información que no solo facilita la predicción de comportamientos futuros, sino que también posibilita segmentar el mercado según las preferencias individuales (Lizin et al., 2022).

El diseño de EED este tipo de experimentos implica la elaboración de diversos conjuntos de elección que presentan a los participantes alternativas hipotéticas, mutuamente excluyentes, para que las evalúen antes de seleccionar su preferida, cada alternativa se compone de atributos o características del bien o servicio, definidos por uno o más niveles específico, permitiendo que los encuestados comparen simultáneamente distintas combinaciones de atributos, evaluando el impacto relativo de cada uno en su decisión, además, al variar sistemáticamente los niveles de los atributos en las tarjetas, se facilita la identificación de la importancia que los individuos asignan a cada característica, así como la estimación de compensaciones o intercambios que estarían dispuestos a realizar entre ellas (Viney et al., 2005).

En los modelos de elección discreta, a cada alternativa se le asigna una probabilidad, lo que facilita predecir y estimar las decisiones que podrían tomarse en el futuro, bajo este enfoque, se asume que las elecciones de los participantes reflejan sus verdaderas preferencias, actuando de manera racional para maximizar su utilidad en función del precio y las restricciones presupuestarias (Tudela, 2010). En síntesis, los experimentos de elección discreta constituyen una herramienta sólida para comprender el comportamiento del consumidor, ya

que permiten cuantificar la importancia relativa de cada atributo y anticipar patrones de decisión en contextos reales o simulados.

2.2. Marco de referencia

2.2.1. Los bovinos como especie de abasto de carne

Durante el 2023, el consumo mundial de carne de cerdo, pollo y res, sumaron un total de 272.2 millones de toneladas, con aportaciones del 42, 37 y 21 % respectivamente, situando a la carne de bovino como la tercera más consumida en el mundo (COMECARNE, 2024). El país con el mayor consumo per cápita es Argentina con 53 kg por persona al año, seguido por Estados Unidos con 37 kg y Brasil con 36 kg, mientras que México se sitúa en la quinta posición, en el mismo año, se registró que el consumo per cápita nacional de carne de res fue de 2 millones 118 mil toneladas, dando un total de 16.4 kg por persona, el cual resultó mayor por .76 kg en comparación al año anterior (COMECARNE, 2024).

En los últimos años, temas como el bienestar animal, la sostenibilidad de los sistemas de producción y el desarrollo de alternativas a la carne ha cobrado relevancia en el debate sobre su consumo (Estévez-Moreno & La Lama, 2022; Font-I-Furnols & Guerrero, 2022). En algunas sociedades se han identificado tendencias a reducir o evitar el consumo de carne debido a la difusión de desinformación sobre la producción cárnica perjudicando el sector (Font-I-Furnols & Guerrero, 2022). En países de la Unión Europea, los consumidores buscan una experiencia de calidad en el consumo de carne de bovinos que cumpla con sus expectativas sensoriales, dándole énfasis a la ternura en el producto, cuya consistencia necesita sistemas de garantía de calidad a lo largo de la cadena productiva (Verbeke, et al., 2009). En México, el precio es el factor principal que impulsa el consumo de carne, seguido del color, el sabor y la frescura, estos se asocian con las decisiones de consumo (Parra-Bracamonte et al., 2020).

Sin embargo, los sistemas de producción de carne han ido incorporando prácticas enfocadas en satisfacer las demandas del mercado que busca una

mayor calidad intrínseca, un mayor bienestar animal, el cuidado del medio ambiente y la sostenibilidad (Verbeke, et al., 2009). Dado que la carne y su producción tienen un impacto social significativo, es fundamental que el sector cárnico conozca y aproveche los avances en la investigación y tecnología para satisfacer las nuevas demandas del consumidor, que cada vez exige que se cumplan más estándares éticos y de responsabilidad ambiental (Font-I-Furnols & Guerrero, 2022).

2.2.2. Producción mundial de carne de bovino

La Figura 2 muestra la evolución de la producción mundial de carne bovina durante los últimos 5 años con datos expresados en miles de toneladas. Se puede observar una tendencia al incremento con un volumen promedio de 68,484 toneladas, en el año 2020 hay una disminución en la producción respecto al año anterior, esto posiblemente asociado a la pandemia COVID-19; sin embargo, a partir del 2021 es notable la recuperación con una tendencia al crecimiento llegando a cifras históricas.

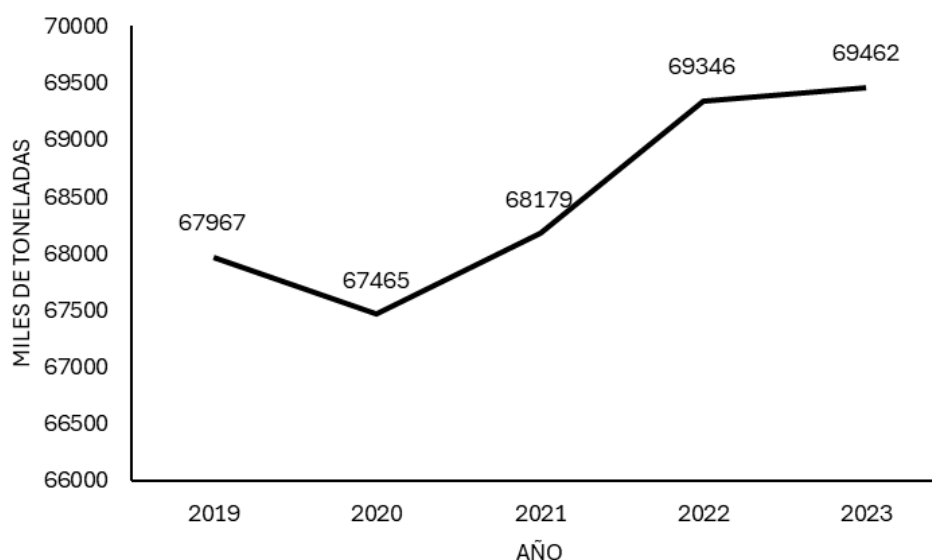


Figura 2. Producción mundial de carne bovina.
FAOSTAT (2023)

La distribución geográfica de la producción mundial de carne de bovinos en 2023 se observa en la Figura 3, el cual revela que EE. UU. y Brasil dominan con más

del 30% de la oferta global. México ocupa el sexto lugar a nivel mundial reflejando no solo la importancia del sector ganadero en su economía, sino también el peso cultural y alimentario de la carne en su sociedad. En conjunto, los diez países constituyen los principales centros de producción mundial, con una marcada diferencia entre los primeros tres y el resto, lo que indica una estructura de producción desigual y dependiente de factores como capacidad tecnológica y recursos naturales disponibles.

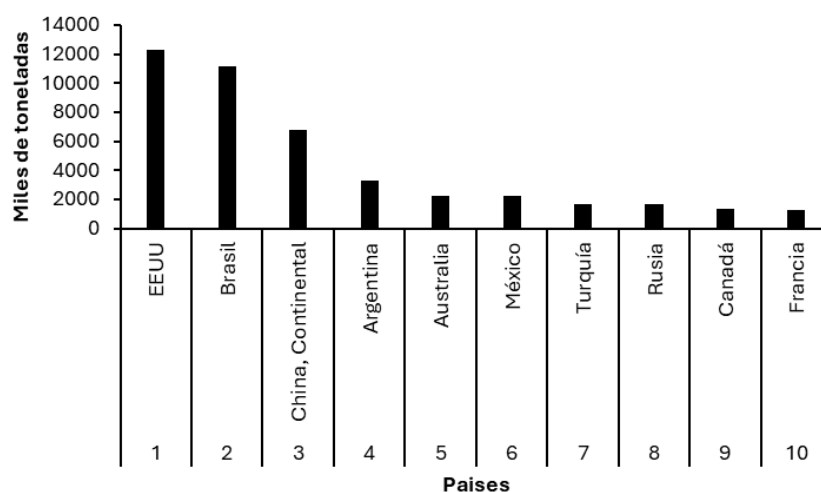


Figura 3. Principales países productores de carne bovina.
FAOSTAT (2023)

2.2.3. Producción nacional de carne de bovino

En el periodo de 2019 a 2023, la producción nacional de carne de bovino en México mostró una tendencia de crecimiento constante. En 2019 se produjeron 2,028 mil toneladas, mientras que en 2023 la cifra alcanzó 2,215 mil toneladas, lo que da un incremento del 9.2% en 5 años. El aumento sostenido indica estabilidad y expansión del sector, consolidando a México como uno de los principales productores a nivel mundial (Figura 4).

La producción de carne de bovino en México por estados (Figura 5) tiene una marcada concentración como en Veracruz que se posiciona como el principal productor con 287 mil toneladas, seguido por Jalisco con 262 mil toneladas, ambos estados representan una parte significativa de la producción total nacional. San Luis Potosí ocupa el tercer lugar con 135 mil toneladas, mientras

que Durango, Baja California, Chiapas y Sinaloa mantienen cifras similares, alrededor de las 113 – 121 mil toneladas. Michoacán y Chihuahua también aportan cantidades importantes (104 y 93 mil toneladas, respectivamente). Sonora, en la décima posición, produce 79 mil toneladas, el Estado de México, ubicado en la vigésima posición, aporta 44 mil toneladas. Esta distribución refleja diferencias regionales en capacidad ganadera, infraestructura y condiciones agropecuarias que influyen directamente en la generación de carne bovina en el país.

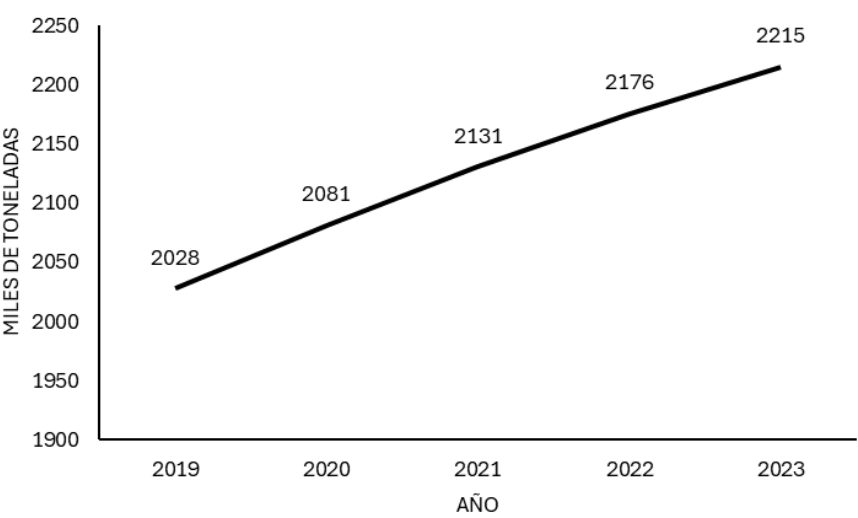


Figura 4. Producción nacional de carne bovina en México. SIAP (2023)

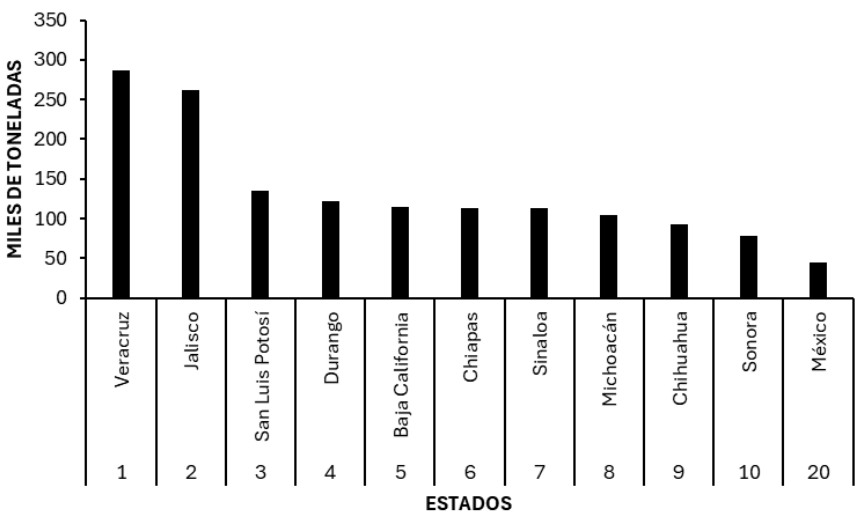


Figura 5. Principales estados productores de carne bovina en México. SIAP (2023)

2.2.4. Normativa Mexicana

NOM-051-ZOO-1995

El propósito de la Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995 es garantizar que la movilización de animales dentro del territorio nacional se realice bajo condiciones de bienestar y trato humanitario, minimizando el sufrimiento, el estrés y los traumatismos durante todo el proceso de traslado. La norma establece criterios para el manejo, arreo, embarque, transporte y desembarque de animales de distintas especies, incluyendo lineamientos sobre diseño y mantenimiento de vehículos, rampas, contenedores y corrales de descanso, así como densidades de carga y periodos de descanso. También define responsabilidades para productores, transportistas y autoridades sanitarias, buscando no solo proteger la integridad física de los animales, sino también evitar pérdidas económicas asociadas a canales decomisadas por maltrato y mejorar la calidad final de los productos cárnicos (NOM-051-ZOO-1995).

NOM-194-SSA1-2004

El propósito de la NOM-194-SSA1-2004 es establecer las especificaciones sanitarias que deben cumplir los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, así como para el almacenamiento, transporte y expendio de sus productos. La norma detalla requisitos para garantizar la inocuidad de la carne, desde el manejo en áreas sucias y limpias, la inspección antemortem y postmortem, hasta el etiquetado y embalaje de los productos cárnicos. Define lineamientos sobre higiene, control de contaminantes, diseño de instalaciones, métodos de prueba y trazabilidad, además de exigir prácticas de bienestar animal y sanidad que eviten riesgos para la salud del consumidor. Su aplicación es obligatoria para todos los agentes de la cadena productiva, con el objetivo de ofrecer carne segura y de calidad (NOM-194-SSA1-2004).

NMX-FF-038-SCFI-2002

La NMX-FF-078-SCFI-2002 tiene como finalidad establecer un sistema nacional de clasificación para la carne de bovino en canal, definiendo los grados de calidad y los criterios técnicos que deben cumplir las canales para su comercialización en México. La norma contempla parámetros como madurez, conformación, marmoleo, color y distribución de la grasa, textura y firmeza de la carne, los cuales permiten clasificar las canales en categorías básicas (Suprema, Selecta, Estándar, Comercial y Fuera de clasificación). Asimismo, regula el sellado oficial que certifica el grado de calidad, el uso de tintas y marcas en la canal, y los requisitos para realizar esta práctica en establecimientos autorizados. Su aplicación busca homogeneizar la valoración de la carne bovina, garantizar transparencia en la cadena de valor, y brindar al consumidor un producto con características de calidad verificables (NMX-FF-078-SCFI-2002).

2.2.5. Estándares internacionales

United states standards for grades of carcass beef

El departamento de agricultura de los Estados Unidos de América establece los lineamientos oficiales para la clasificación de las canales de res en Estados Unidos, con el objetivo de uniformar criterios de calidad y rendimiento en la industria cárnica. Define dos componentes principales: el quality grade, que evalúa atributos como marmoleo, madurez, color, textura y firmeza de la carne para predecir su palatabilidad, y el yield grade, que determina el rendimiento esperado de cortes magros comestibles a partir de la canal. El sistema clasifica las canales en ocho grados de calidad (Prime, Choice, Select, Standard, Commercial, Utility, Cutter y Canner) y cinco grados de rendimiento (del 1 al 5). También describe criterios para la identificación de clases (novillos, toretes, vacas, toros y vaquillas) y métodos de evaluación como el perfilado de músculos y la inspección del ribeye. Su aplicación asegura estándares uniformes para el comercio, la inspección y la exportación de carne bovina (USDA, 2017).

Commission delegated regulation (EU) 2017/1182

El reglamento delegado (UE) 2017/1182 establece la escala de clasificación de canales de bovino, cerdo y ovino en la Unión Europea, así como los lineamientos para el reporte de precios de mercado de determinadas categorías de canales y animales vivos. La normativa define las categorías y clases de conformación (de S a P) y el grado de engrasamiento (de 1 a 5) que deben asignarse a las canales de bovinos de ocho meses o más, estandarizando criterios para evaluar la forma, cobertura de grasa, peso y presentación de la canal. También fija disposiciones sobre marcado, pesaje y métodos de clasificación, incluyendo la autorización de técnicas automatizadas de gradación, y contempla derogaciones para mataderos pequeños. Su objetivo es garantizar una clasificación uniforme en toda la UE, mejorar la transparencia del mercado y facilitar un sistema de pago justo a productores mediante estándares homogéneos de calidad y precio (European Commission, 2017).

2.2.6. Sistemas de engorda estabulados

Burdine et al. (2004), describe cómo la producción de carne proveniente de novillos Holstein en Estados Unidos ha seguido diferentes esquemas de engorda, destacando el paso de modelos tradicionales de backgrounding (donde los animales alcanzaban pesos de entre 800 y 1000 libras antes de entrar a la fase final de alimentación) a sistemas denominados calf-fed, en los que los terneros son colocados en engorda inmediatamente después del destete con pesos iniciales de 300 a 400 libras, este tipo de sistema, característico de la engorda en confinamiento, elimina la etapa intermedia de recria y mantiene a los animales en alimentación controlada por más tiempo, generando canales más ligeras y cortes con dimensiones más adecuadas para el mercado. Estos modelos de producción han sido relevantes para responder a la demanda del sector cárnico y para mejorar la aceptación de la carne Holstein en segmentos comerciales específicos.

El mercado de Holstein comparte factores determinantes con el de bovinos de razas cárnicas, pues ambos están influenciados por el precio del maíz, la estacionalidad y la dinámica de los precios de la carne, lo que evidencia la importancia económica y productiva de esta categoría dentro de la cadena cárnica (Burdine et al., 2004).

2.2.7. Carne de novillos Holstein

En la actualidad, existe un creciente enfoque en la sostenibilidad de producción de carne bovina que requiere el desarrollo de nuevas estrategias de producción (Drachmann et al., 2024), como lo son el aprovechar los sistemas de producción lechera en donde la huella de carbono es menor al producir carne como subproducto de la actividad principal (Mogensen et al., 2015). La carne de res de razas lecheras se originó en los hatos lecheros con las vacas de descarte y novillos excedentes que finalizan en el establo o son engordados en instalaciones especializadas (Berry, 2021). Asimismo, otra solución conocida como “carne de leche” consiste en utilizar semen de vacunos cárnicos para producir terneros destinados a la carne en las hembras de los hatos lecheros con menor producción de leche (Drachmann et al., 2024).

Los novillos Holstein representan una fracción importante del suministro de carne en países con una fuerte industria lechera, como Estados Unidos. Estos animales surgen como un subproducto de los hatos lecheros y una parte considerable se integra a los mercados de carne, ya sea mediante sacrificio temprano o terminados en sistemas de engorda intensiva. (Burdine et al., 2004).

De esta manera, existen dos categorías de carne de bovinos que son las razas de carne y las de producción lechera en donde se incluyen novillos, novillas y vacas de descarte. En cada categoría los sistemas de producción presentan distintos parámetros como edad y peso al sacrificio, el sistema de alojamiento y la composición de la alimentación (Mogensen et al., 2015). La incorporación de criterios de calidad cárnica en programas de mejora genética para novillos lecheros representa una oportunidad estratégica. Como señala Drachmann et al.

(2024), el análisis de datos fenotípicos y genéticos en crías lecheras permite identificar variabilidad útil para seleccionar características de calidad de carne, especialmente cuando se combinan con un sistema de alimentación adecuado. Esto podría aplicarse en novillos Holstein en engorda estabulada donde el enfoque genética-nutrición podría potenciar atributos valorados por el consumidor (terneza, color) y el ganadero (rendimiento).

Si bien la carne de novillos Holstein se consideró de mala calidad debido a la percepción errónea de antiguas prácticas donde eran engordados en los establos y vendidos junto con las vacas de descarte para satisfacer el mercado de carne molida donde la calidad no era primordial (Burdine et al., 2004). Actualmente se han encontrado investigaciones donde las cualidades de la carne en lo que respecta a calidad son igual o inferiores en comparación de otras razas. Shabtay et al. (2021), encontró que la carne de Holstein local era superior de acuerdo con características de calidad (ternura) y salud en comparación con la carne de novillos genéticamente mezclados australianos.

En varios países, la aportación del ganado lechero a la producción nacional de carne bovina resulta significativa, e incluso supera la de las razas cárnicas. Ejemplos claros de ello son Nueva Zelanda, donde alcanza el 65 %, Suecia con un 60%, Finlandia con un 80 % y Rusia, donde llega hasta el 87 % (Berry, 2021). Las canales de novillos Holstein presentan una composición distinta a la de los novillos de razas cárnicas especializadas. En promedio, las canales de bovinos de carne contienen alrededor de 13.1 % de grasa recortable, 16.3 % de hueso y un 70.4 % de carne roja. En contraste, las canales de Holstein alimentados bajo el sistema calf-fed muestran aproximadamente 10.5 % de grasa recortable, 21.2 % de hueso y un 68.2 % de carne roja. Estas diferencias reflejan las particularidades estructurales de la raza Holstein y explican en parte las variaciones en el rendimiento carnicero observadas en comparación con razas cárnicas tradicionales (Lawrence et al., 2010).

La población de 24 millones de cabezas de ganado bovino en México se distribuye en 11.5 millones de vacas, 6,7 millones de becerros y becerras, un hato

de 2.9 millones en engorda, 732 sementales y 123 mil reses de trabajo (INEGI, 2022). En el sector lechero se estima que hay 257 mil productores dedicados a esta actividad distribuidos en las 32 entidades, de los cuales aproximadamente 58% son pequeños productores con un hato de hasta 100 vacas en ordeña; cerca de 1022 productores tienen de 101 a 600 vacas y más de 400 productores cuentan con más de 600 cabezas de ganado para producción de leche, además de 105 mil vacas de doble propósito (LICONSA, 2024).

Dentro de los modelos de producción de leche en México se encuentran el sistema especializado, semi-especializado, familiar y de doble propósito, los cuales se diferencian según el nivel tecnológico aplicado y el tamaño del hato (Gallegos-Daniel et al., 2023). Si bien no se cuenta con una cifra exacta del aporte del ganado lechero a la producción de carne en México, podemos considerar que hay un aporte sustancial de bovinos provenientes de este sector a las engordas, sin embargo, la falta de datos limita la cuantificación precisa de su impacto real en el sistema de engorda del país. Este panorama nos indica una oportunidad de captar a los terneros que no se destinan para el reemplazo en producción de leche e integrarlos a un sistema de engorda eficiente para optimizar la rentabilidad de los productores, fortaleciendo la sostenibilidad económica del sector lechero.

2.2.8. Experimentos de elección discreta en carne

La modificación del comportamiento del consumidor hacia un consumo de carne más racional y sostenible representa un desafío considerable, ya que implica transformar hábitos, creencias y tradiciones profundamente arraigadas. Este proceso requiere de estrategias cuidadosamente diseñadas y una implementación adecuada para lograr cambios efectivos, lo que explica la necesidad de herramientas analíticas, como los experimentos de elección discreta, que permitan comprender las preferencias y motivaciones que influyen en las decisiones de compra relacionadas con la carne (Font-I-Furnols & Guerrero, 2022).

Los experimentos de elección discreta en carne se basan en presentar productos donde la etiqueta tenga información de atributos intangibles en el producto, permitiendo influir en la decisión de compra y aumentar la disposición a pagar por productos que especifiquen elaboración de manera orgánica, el origen, con bajo impacto en la huella de carbono (Dudinskaya et al., 2021), animales de doble propósito, la raza, el bienestar animal (Schulze et al., 2021b), el tipo de sacrificio (Lauterbach et al., 2023) y las eco-etiquetas (Kolber & Meixner, 2023) entre otros.

2.3. Literatura citada

- Aberle, E. D., Forrest, J. C., Hedrick, H. B., Judge, M. D., & Merkel, R. A. (1994). Conversion of muscle to meat and development of meat quality. In *Principles of Meat Science* (pp. 95-122). Kendall/Hunt Publishing Company.
- Ahmad, R. S., Imran, A. & Hussain, M. B. (2018). Nutritional Composition of Meat. In *Tech eBooks*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.77045>
- Berry, D. (2021). Invited review: Beef-on-dairy—The generation of crossbred beef × dairy cattle. *Journal Of Dairy Science*, 104(4), 3789-3819. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19519>
- Braña, V. D., Ramírez, R. E., Rubio, L. M., Sánchez, E. A., Torrescano, U. G., Arenas, M. M., ... & Ríos, R. F. (2011). *Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Burdine, K. H., Meyer, A. L. & Maynard, L. J. (2004). *Understanding the market for Holstein steers* [Conference presentation]. Annual Meeting, Denver, CO, United States. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.31978>
- Consejo Mexicano de la Carne (COMECARNE). (2024). *Compendio Estadístico*. Consejo Mexicano de la Carne A. C.
- Drachmann, F. F., Johansen, K., Kargo, M., Buitenhuis, A. J. & Therkildsen, M. (2024). Beef-on-dairy: current and potential meat quality of dairy-based beef production with culled Holstein cows and Danish Blue × Holstein

- crossbred calves. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/09064702.2024.2403656>
- Dudinskaya, E. C., Naspetti, S., Arsenos, G., Caramelle-Holtz, E., Latvala, T., Martin-Collado & Zanolì, R. (2021). European Consumers' Willingness to Pay for Red Meat Labelling Attributes. *Animals*, 11(2), 556. <https://doi.org/10.3390/ani11020556>
- Estévez-Moreno, L. X. & La Lama, G. C. M. (2022). Meat consumption and consumer attitudes in México: Can persistence lead to change? *Meat Science*, 193, Article 108943. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108943>
- European Commission. (2017). *Commission delegated regulation (EU) 2017/1182 of 20 April 2017 supplementing Regulation (EU) No 1308/2013 of the European Parliament and of the Council as regards the Union scales for the classification of beef, pig and sheep carcasses and as regards the reporting of market prices of certain categories of carcasses and live animals. Official Journal of the European Union*, L171, 74–99.
- FAOSTAT. (2023). *FAO Statistics Database*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/>
- Faustman, C. & Suman, S. P. (2017). The eating quality of meat (Cap. 11). In *Lawrie's Meat Science* (8th ed., pp. 329-356).
- Feiner, G. (2006). *Meat products handbook: Practical science and technology*. Woodhead Publishing.
- Font-I-Furnols, M. & Guerrero, L. (2022). Understanding the future meat consumers. *Meat Science*, 193, Article 108941. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108941>
- Gallegos-Daniel, C., Taddei-Bringas, C. & González-Córdova, A. F. (2023). Panorama de la industria láctea en México. *Estudios Sociales Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*. <https://doi.org/10.24836/es.v33i61.1251>
- Gregory, N. G. (1998). *Animal welfare and meat science*. CABI Publishing.

- Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food and Nutrition Research*, 355-360.
- Horcada, A. & Polvillo, O. (2010). Conceptos básicos sobre la carne. En Consejería de Agricultura y Pesca (Ed.), *La producción de carne en Andalucía*. Sevilla: Junta de Andalucía, Servicio de Publicaciones y Divulgación. ISBN: 978-84-8474-287-6.
- Hui, Y.H., Nip, W., Rogers, R. W. & Young, O. A. (2001). *Meat science and applications*. Marcel dekker, Inc.
- INEGI, (2022). *Economía y Sectores Productivos: Ganadería*. <https://www.inegi.org.mx/temas/ganaderia/>
- Kerth, C. R. (2013). *The science of meat quality*. Wiley-Blackwell.
- Kolber, A. & Meixner, O. (2023). Effects of Multi-Level Eco-Labels on the Product Evaluation of Meat and Meat Alternatives—A Discrete Choice Experiment. *Foods*, 12(15), 2941. <https://doi.org/10.3390/foods12152941>
- Latham, M. C. (2002). *Nutrición humana en el mundo en desarrollo* (Colección FAO: Alimentación y nutrición N.º 29). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Lauterbach, J., Bruns, A. J. & Häring, A. M. (2023). Exploring Consumer Preference towards the On-Farm Slaughtering of Beef in Germany: A Discrete Choice Experiment. *Foods*, 12(18), 3473. <https://doi.org/10.3390/foods12183473>
- Lawrence, E., Elam, A., Miller, F., Brooks, C., Hilton, G., VanOverbeke, L., ... & Hutcheson, J. P. (2010). Predicting red meat yields in carcasses from beef-type and calf-fed Holstein steers using the United States Department of Agriculture calculated yield grade. *Journal Of Animal Science*, 88(6), 2139-2143. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2739>
- Lawrie, R. A. & Ledward, D. A. (2006). *Lawrie's meat science* (7th ed.). Woodhead Publishing Limited / CRC Press LLC.
- LICONSA S.A de C.V (2024). *Producción lechera: Un orgullo de la ganadería nacional*. <https://www.gob.mx/liconsa/articulos/produccion-lechera-un-orgullo-de-la-ganaderia-nacional?idiom=es>

- Lizin, S., Rousseau, S., Kessels, R., Meulders, M., Pepermans, G., Speelman, S., ... & Verbeke, W. (2022). The state of the art of discrete choice experiments in food research. *Food Quality and Preference* (102). Article 104678. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104678>
- Louviere, J., Flynn, T. & Carson, R. (2010). Discrete Choice Experiments Are Not Conjoint Analysis. *Journal of choice modelling*, 3, 57-72. [https://doi.org/10.1016/S1755-5345\(13\)70014-9](https://doi.org/10.1016/S1755-5345(13)70014-9)
- Melo G., Rodríguez, R., Martínez, M., Hernández, J. & Razo, R. (2020). Consideraciones básicas para la aplicación de experimentos de elección discreta: una revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(59), 4-30.
- Mogensen, L., Kristensen, T., Nielsen, N., Spleth, P., Henriksson, M., Swensson, C., ... & Vestergaard, M. (2015). Greenhouse gas emissions from beef production systems in Denmark and Sweden. *Livestock Science*, 174, 126-143. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.01.021>
- Morales, R. & Subiabre, I. (2022). *Incremento de la grasa infiltrada en carne bovina producida en pastoreo para satisfacer la demanda de carne de alto valor nutricional y calidad sensorial* (Boletín No. 469). Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Nian, Y., Allen, P., Harrison, S. M. & Kerry, J. P. (2018). Effect of castration and carcass suspension method on the quality and fatty acid profile of beef from male dairy cattle. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(11), 4339-4350. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8960>
- Nogalski, Z., Modzelewska-Kapituła, M. & Tkacz, K. (2023). Effects of Silage Type and Feeding Intensity on Carcass Traits and Meat Quality of Finishing Holstein–Friesian Bulls. *Animals*, 13(19). Article 3065. <https://doi.org/10.3390/ani13193065>
- Parra-Bracamonte, G., Lopez-Villalobos, N., Morris, S., & Vázquez-Armijo, J. (2020). An overview on production, consumer perspectives and quality assurance schemes of beef in Mexico. *Meat Science*, 170, Article 108239. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108239>

- Schulze, M., Spiller, A. & Risius, A. (2021). Do consumers prefer pasture-raised dual-purpose cattle when considering meat products? A hypothetical discrete choice experiment for the case of minced beef. *Meat Science*, 177, Article 108494. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108494>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. (1998). *NOM-051-ZOO-1995, Trato humanitario en la movilización de animales*. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría de Economía. (2002). *NMX-FF-078-SCFI-2002: Productos pecuarios – Carne de bovino en canal – Clasificación*. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría de Salud. (2005). *NORMA Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004, Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos*. Diario Oficial de la Federación.
- Seman, L., Boler, D., Carr, C., Dikeman, E., Owens, M., Keeton, T., ... & Powell, H. (2018). Meat Science Lexicon. *Meat And Muscle Biology*, 2(3), Article e00059. <https://doi.org/10.22175/mmb2017.12.0059>
- Shabtay, A., Shor-Shimoni, E., Orlov, A., Agmon, R., Trofimiyuk, O., Tal, O. & Cohen-Zinder, M. (2021). The Meat Quality Characteristics of Holstein Calves: The Story of Israeli 'Dairy Beef'. *Foods*, 10(10), 2308. <https://doi.org/10.3390/foods10102308>
- SIAP (2023). *Cierre de la producción pecuaria nacional. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_pecuario/
- Tudela, J. (2010). Experimentos de elección en la priorización de políticas de gestión en Áreas Naturales Protegidas. *Desarrollo y Sociedad*, 66, 183-217.
- United States Department of Agriculture (USDA). (2017). *United States Standards for Grades of Carcass Beef*. Agricultural Marketing Service.
- Verbeke, W., Pérez-Cueto, F. J., De Barcellos, M. D., Krystallis, A. & Grunert, K. G. (2009). European citizen and consumer attitudes and preferences

- regarding beef and pork. *Meat Science*, 84(2), 284-292.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.05.001>
- Verbeke, W., Van Wezemael, L., De Barcellos, M. D., Kügler, J. O., Hocquette, J., Ueland, Ø. & Grunert, K. G. (2010). European beef consumers' interest in a beef eating-quality guarantee. *Appetite*, 54(2), 289-296.
<https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.11.013>
- Viney R, Savage E. & Louviere, J. (2005). Empirical investigation of experimental design properties of discrete choice experiments in health care. *Health Econ*, 14(4), 349-62.
- Warner, R. (2017). The Eating Quality of MeatdIV Water-Holding Capacity and Juiciness (Cap. 14). In Lawrie's Meat Science (8th ed., pp. 419-459).
- Warner, R., Miller, R., Ha, M., Wheeler, L., Dunshea, F., Li, X., ... & Purslow, P. (2021). Meat Tenderness: Underlying Mechanisms, Instrumental Measurement, and Sensory Assessment. *Meat And Muscle Biology*, 4(2). Article 10489. <https://doi.org/10.22175/mmb.10489>
- Warriss, P. D. (2000). *Meat science: an introductory text*. CABI Publishing.
- Williams, P. (2007). Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64(4), 113-119. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0080.2007.00197.x>
- Wood, J. D. (2017). Meat composition and nutritional value (Cap. 20). In Lawrie's Meat Science (8th ed., pp. 635-659).

3. RENDIMIENTO DE LA ENGORDA Y DE CANAL EN NOVILLOS HOLSTEIN PRODUCIDOS EN UN SISTEMA DE ENGORDA ESTABULADO

Resumen

En las últimas décadas, los bovinos Holstein procedentes de hatos lecheros han incrementado su aporte a la producción de carne, pero su potencial sigue cuestionado por la selección dirigida a la producción láctea y por percepciones de bajo rendimiento en México. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el desempeño productivo y los parámetros de sacrificio de novillos Holstein finalizados en confinamiento intensivo. El estudio se realizó en la granja experimental de la Universidad Autónoma Chapingo con nueve novillos de 540 ± 15 días de edad y 351.8 ± 48.6 kg de peso inicial. Durante 120 días, los animales recibieron dos raciones diarias de una dieta de alto concentrado. El sacrificio se efectuó conforme a las normas mexicanas se determinaron peso de la canal caliente y fría, y se calculó el rendimiento de canal. El análisis estadístico se realizó en RStudio mediante estadística descriptiva y prueba t de Student para una muestra frente a valores teóricos previamente publicados. Los novillos alcanzaron 536.33 kg de peso vivo al sacrificio, 305.47 kg de canal caliente y 284.63 kg de canal fría, con un rendimiento de canal de 53.07 %, similar con reportes para Holstein en sistemas estabulados. En conjunto, el sistema permitió crecimiento sostenido y eficiencia alimenticia acorde con dietas intensivas, generando canales de conformación comercialmente aceptable. Se concluye que la engorda estabulada de Holstein es viable y competitiva; la optimización de la fase de finalización y la incorporación de estrategias en etapas tempranas podrían mejorar la rentabilidad sin comprometer la eficiencia del sistema.

Palabras clave: Holstein, engorda intensiva, rendimiento de canal, confinamiento, producción bovina.

Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria. Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Ricardo Rubio Rubio

Director de tesis: Emmanuel Flores Girón, Dr.

PERFORMANCE IN THE FEEDLOT AND CARCASS YIELD OF HOLSTEIN STEERS FINISHED IN A FEEDLOT

Abstract

In recent decades, Holstein cattle from dairy herds have increased their contribution to beef production; however, their potential remains questioned due to genetic selection focused on milk production and perceived low yield in Mexico. This study aimed to evaluate the productive performance and slaughter parameters of Holstein steers finished under intensive confinement. The research was conducted at the experimental farm of the Universidad Autónoma Chapingo with nine steers aged 540 ± 15 days and an initial live weight of 351.8 ± 48.6 kg. Over a 120-day finishing period, animals were fed twice daily with a high-concentrate diet. Slaughter was performed in accordance with Mexican regulations, recording hot and cold carcass weights and calculating dressing percentage. Statistical analysis was carried out in RStudio using descriptive statistics and a one-sample Student's t-test against reference values previously reported in the literature. Steers reached 536.33 kg live weight at slaughter, with 305.47 kg hot carcass weight and 284.63 kg cold carcass weight, resulting in a dressing percentage of 53.07 %, comparable to reports for Holstein cattle in feedlot systems. Overall, the system enabled sustained growth and feed efficiency consistent with intensive diets, producing carcasses of commercially acceptable conformation. It is concluded that feedlot finishing of Holstein cattle is viable and competitive; optimizing the finishing phase and implementing strategies in earlier production stages could improve profitability without compromising system efficiency.

Keywords: Holstein; feedlot finishing; dressing percentage; confinement system; beef production.

3.1. Introducción

En las últimas dos décadas los bovinos procedentes de hatos lecheros (principalmente de genética Holstein) han incrementado el aporte del total de ganado engordado, consolidándose como una fuente estratégica de carne en mercados donde el número de vacas de carne ha disminuido (Jaborek et al., 2023), de igual manera en algunos países como Reino Unido, la carne proveniente de vacunos de línea lechera aporta una proporción considerable del suministro de carne, sin embargo, el potencial cárnico de los terneros de este origen se ha visto reducido tras años de selección enfocada casi exclusivamente en la producción láctea (Rutherford et al., 2020).

Existe evidencia que sugiere que la producción de carne Holstein permite alcanzar mayores tasas de crecimiento y una mejor eficiencia productiva, pero implica dietas con altos niveles de concentrado (Rutherford et al., 2020). Esta tendencia ha generado la necesidad de caracterizar, los parámetros productivos y de canal de los novillos Holstein terminados en sistemas estabulados, pues su desempeño en la fase de engorda y las particularidades de su canal siguen constituyendo un reto para su plena aceptación, especialmente en países como México, donde aún persiste la percepción de bajo rendimiento.

Al respecto, Nogalski et al. (2023) observaron que la alimentación intensiva mejora la ganancia de peso diaria, conformación y canales más pesadas en comparación con una alimentación semi-intensiva. Por otro lado, Rutherford et al. (2020) reportan un mayor consumo total en el sistema estabulado en comparación con sistemas mixtos. Además, en Polonia se encontró que animales con un engorde intensivo presentaban canales con mejor conformación en comparación a un sistema semi-intensivo (Modzelewska-Kapituła & Nogalski, 2016).

En la evaluación del desempeño productivo de bovinos en engorda, se emplean indicadores como la ganancia diaria promedio (GDP), la ganancia total de peso (GPT) y la eficiencia de conversión alimenticia, la GDP representa el incremento

medio de peso por día durante un periodo determinado y se calcula a partir de la diferencia entre el peso inicial y final dividida por el número de días del ciclo productivo, este parámetro permite comparar el crecimiento entre animales y sistemas, siendo influenciado por la dieta y el manejo (Rutherford et al., 2020). La conversión alimenticia, expresada como la relación entre el consumo de materia seca y la ganancia de peso, es un indicador clave de eficiencia, dado que refleja la cantidad de alimento requerida para producir un kilogramo de peso vivo (Nogalski et al., 2020). Un valor menor de conversión, es decir menos alimento para producir un kilo de carne, se asocia con menores costos de producción y mayor competitividad en el mercado de carne bovina.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el desempeño productivo y los parámetros de sacrificio de novillos Holstein (peso vivo final, ganancia diaria promedio, conversión alimenticia y rendimiento de canal) criados en un sistema estabulado de engorda intensiva. El estudio se realizó con nueve novillos Holstein provenientes del establo de producción lechera, los cuales fueron seguidos durante la etapa de finalización con una duración de 120 días. Durante este periodo, los animales fueron alimentados y manejados bajo condiciones controladas propias de un sistema estabulado, registrándose el consumo de alimento y el peso vivo en intervalos quincenales para estimar la ganancia diaria promedio y la conversión alimenticia. Los resultados obtenidos se contrastaron con la evidencia científica disponible, con el fin de determinar si la productividad y la calidad de canal alcanzadas en este sistema son comparables o superiores a las reportadas en la literatura.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Ubicación Geográfica

Este estudio se llevó a cabo en Texcoco, estado de México, en la granja experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, localizada a 19° 29.763' N, 98° 52.196' O. La región se caracteriza por un clima templado subhúmedo con

una temperatura promedio de 16°C, con una precipitación anual de 500-1100 mm en promedio y una altura sobre el nivel del mar de 2200-4200 m (INEGI,2010).

3.2.2. Animales y diseño del estudio

El estudio se realizó con nueve novillos Holstein provenientes del establo de producción lechera. El seguimiento inició al comienzo de la etapa de finalización, cuando los animales presentaban una edad promedio de 540 ± 15 días y un peso vivo inicial de 351.8 ± 48.6 kg. Con una duración de 120 días, durante los cuales los novillos fueron alojados en un corral de 20×10 metros, con espacio suficiente para favorecer su engorda (Romo et al., 2021). La alimentación se ofreció dos veces al día (8:30 a.m. y 3:30 p.m.) y, junto con el agua, estuvo disponible ad libitum. Las cantidades de alimento ofrecidas y rechazadas se pesaron y registraron diariamente para determinar el consumo diario de alimento (CDA).

Con el fin de caracterizar integralmente el sistema de producción completo, se realizaron entrevistas a los encargados de los diferentes eslabones de la cadena, lo que permitió comprender las prácticas y manejos que son implementados para satisfacer los requerimientos del mercado en la región.

En la etapa de monitoreo, los animales fueron pesados cada 15 días para monitorear su ganancia de peso. La ganancia de peso total (GPT) se calculó como la diferencia entre el peso vivo (PV) inicial y el PV al sacrificio. La ganancia diaria promedio (GDP) fue $GPT/120$. La conversión alimenticia se determinó dividiendo la GDP entre el CA (Méndez et al., 2024). La dieta de finalización se puede observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Dieta de finalización en novillos Holstein.

Ingredientes	Porcentaje en la dieta (%)
Maíz molido	30.4
Maíz rolado	22.4
Grasa sobrepaso vegetal	0.8
Melaza	4.8
Pasta soya	9.6
Gluten maíz	0.8
Salvado trigo	7.2
Minerales	1.6
Carbonato calcio	0.8
Urea 45%	0.8
Sal común	0.8
Forraje de avena	20

3.2.3. Sacrificio y evaluación de la canal

Después de un periodo de 120 días de engorda final y alrededor de 22 meses de edad los novillos se sacrificaron con un peso promedio de 536.3 ± 25.2 kg. El día del sacrificio los animales pasaron por un periodo de 12 horas de ayuno y posteriormente fueron transportados, de acuerdo con la norma NOM-051-ZOO sobre trato humanitario para el transporte de animales, 18 km hasta el rastro el cual sigue las prácticas alineadas con los criterios sanitarios de la NOM-194-SSA1-2004 para sacrificio y faenado. Los animales fueron puestos en corrales de espera durante 2 horas. Una vez sacrificados, las canales se suspendieron del tendón de Aquiles, se cortaron longitudinalmente, se pesaron, se etiquetaron y se refrigeraron a 4°C durante 48 h. La toma de muestras para el análisis se realizó extrayendo una porción de aproximadamente 500 gramos del músculo *Longissimus dorsi*. La extracción se llevó a cabo en la región ubicada entre la duodécima y decimotercera costilla de cada una de las canales. Se tomaron las medidas de peso de la canal caliente (PCC) y se determinó el peso de la canal fría (PCF) para estimar el rendimiento de la canal ($RC = (PCF/PV) \times 100$) (Özdemir & Yanar, 2021).

3.2.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el entorno de desarrollo RStudio (versión 2024.12.0). En una primera etapa, se aplicaron procedimientos de estadística descriptiva con el propósito de resumir las variables estudiadas mediante medidas de tendencia central (media). Posteriormente, se empleó la prueba t de Student para una muestra (*one-sample t-test*), con el fin de evaluar si la media muestral difería significativamente de un valor teórico de referencia (μ_0) previamente reportado en la literatura científica. Se asumió que los datos seguían una distribución normal, y se utilizó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para la toma de decisiones estadísticas.

3.3. Resultados y discusión

3.3.1. Descripción del sistema de producción

De acuerdo con la información recabada mediante entrevistas a los encargados de los distintos eslabones del sistema de producción, este inicia con la adaptación temprana del rumen para el consumo de grano. Desde la etapa de lactancia, mientras el animal aún recibe leche, se le suministra una pequeña cantidad de granos en la dieta, la cual se incrementa de manera gradual conforme avanza su crecimiento. Posteriormente, los bovinos ingresan a una fase de desarrollo en la que alcanzan un peso superior a 300 kg y una edad aproximada de 18 meses. Una vez cumplidos estos parámetros, los animales pasan a la etapa de finalización, con una duración de 120 días, durante la cual son alojados en corrales de 20 × 10 metros, proporcionando el espacio suficiente para favorecer el desarrollo óptimo de la engorda, al concluir esta fase, los novillos alcanzan un peso vivo superior a 500 kg, que corresponde al estándar de mercado en la región.

La descripción del sistema de producción obtenido a partir de las entrevistas coincide con lo señalado por Jaborek et al. (2023), quienes indican que la adaptación temprana al consumo de grano durante la lactancia es una estrategia frecuente en sistemas intensivos, ya que favorece el desarrollo del rumen y

mejora la eficiencia de conversión durante las fases posteriores. En ambos casos, la oferta gradual de concentrado desde etapas iniciales busca optimizar la ganancia de peso y acortar el tiempo total de engorda.

En la fase de desarrollo descrita en el presente estudio, los animales alcanzan más de 300 kg antes de ingresar a la finalización, lo cual es consistente con el peso de entrada a corrales reportado por Berry et al. (2021) para sistemas estabulados, donde se prioriza que el bovino tenga un crecimiento esquelético y muscular suficiente antes de intensificar la alimentación. Además, la duración de la finalización (120 días) se encuentra dentro del rango documentado por ambos autores para obtener canales con un grado de terminación adecuado y un marmoleo comercialmente aceptable.

3.3.2. Rendimiento de la engorda

El rendimiento de la engorda en la etapa de finalización se muestra en el Cuadro 2. El sistema de engorda intensivo evaluado registró una ganancia diaria de peso promedio de los estudios comparativos y se ubica entre los más elevados dentro del rango reportado para novillos Holstein estabulados (Cuadro 2). Esta eficiencia de crecimiento se alcanzó con un periodo de finalización corto y un peso inicial alto (Cuadro 2). Sin embargo, dicha estrategia se acompañó de un consumo diario alto, generando un requerimiento de alimento elevado (Cuadro 2).

Evidenciando que, pese a variaciones en peso inicial y duración de engorda, el sistema propio opera con un nivel de eficiencia típico para confinamientos Holstein en sistemas estabulados. Se observaron características típicas de un sistema estabulado como lo son el mayor consumo de alimento y ganancias de peso diarias y una menor conversión alimenticia posiblemente derivado de las raciones típicas en la etapa de finalización de estos sistemas de producción similar a lo encontrado por Nogalski et al. (2023) y Bureš & Bartoň (2018).

Cuadro 2. Variables de rendimiento de engorda.

Variable	Engorda propia	Nogalski et. al. (2023)	Rutherford et. al. (2020)	Ünlü y İpçak (2022)	Romo et al. (2024)	Nogalski et al. (2020)
Edad inicial (días)	540	600	274	360	240	515
PV inicial (kg)	351.83	531	351.80	302.67	237.62	464
PV al sacrificio (kg)	536.33	723.80	599.60	523.76	612.35	708
GPT (kg)	184.50	191.90	247.8	221.09	374.73	244
Periodo de alimentación (días)	120	120	191	180	261	212
GDP (kg)	1.54 ^a	1.59 ^a	1.29 ^a	1.21 ^b	1.50 ^a	1.15 ^b
CDA (kg)	11.90 ^a	11.20 ^b	9.70 ^b	10.42 ^b	10.62 ^b	9.25 ^b
Conversión alimenticia (kg)	7.70 ^a	7.02 ^a	7.51 ^a	8.47 ^a	7.17 ^a	8.04 ^a

PV: Peso Vivo, GPT: Ganancia de Peso Total, GDP: Ganancia de Peso Diario, CDA: Consumo Diario de Alimento. Los superíndices (a,b) denotan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$, prueba t) entre los valores de la literatura y los datos del presente estudio.

3.3.3. Evaluación de la canal

Los resultados de la evaluación se muestran en el cuadro 3. El peso vivo (PV) promedio al sacrificio de los novillos evaluados fue de 536.33 kilos. El peso de la canal caliente (PCC) fue de 305.47 kilos, mientras que el peso de la canal fría (PCF) alcanzó 284.63 kilos. El rendimiento de canal (RC) obtenido fue del 53.07 %.

El PV observado en este estudio (536.33 kilos) se encuentra por debajo de los valores reportados por Nogalski et al. (2020) y Kocyigit et al. (2024), pero es superior al informado por Lisboa et al. (2023). Estas diferencias están relacionadas con la edad al sacrificio, el manejo durante la fase de finalización y la duración de la engorda, factores que influyen directamente ya que el peso que se busca para el sacrificio esta dado por los requerimientos del mercado y este varía según la zona en donde está establecida la engorda.

En cuanto al PCC, los valores obtenidos (305.47 kg) son similares a los reportados por Özdemir y Yanar (2021) y cercanos a los documentados por Nogalski et al. (2020) y Kocyigit et al. (2024), lo que sugiere que, a pesar de las diferencias en el PV, el rendimiento de canal tiende a mantenerse dentro de un rango estable en novillos Holstein en sistemas estabulados.

El PCF obtenido (284.63 kg) se aproxima a lo informado por Özdemir y Yanar (2021) y se encuentra dentro de los valores esperados para animales de este tipo en engorda intensiva. Respecto al RC, el valor promedio (53.07 %) es comparable al de Özdemir y Yanar (2021) y Lisboa et al. (2023), aunque ligeramente inferior a los reportados por Nogalski et al. (2020) y Gündüz y Çayiroğlu (2024). Estas variaciones podrían deberse a diferencias en la conformación, grado de engrasamiento y edad al sacrificio, elementos que han sido señalados como determinantes del rendimiento.

Cuadro 3. Variables de sacrificio y rendimiento de canal.

Variable	Engorda propia	Özdemir & Yanar, (2021)	Nogalski et al. (2020)	Kocyigit et al. (2024)	Lisboa et al. (2024)	Gündüz & Çayiroğlu (2024)
PV (kg)	536.33	587.40	661	605.80	462.7	731
PCC (kg)	305.47	305.50	353.10	337.70	240.70	407
PCF (kg)	284.63	301	NRA	332.20	NRA	398
RC (%)	53.07 ^a	53.40 ^a	56.31 ^b	55.70 ^b	51.82 ^a	56.40 ^b

PV: Peso vivo, PCC: Peso de la canal caliente, PCF: Peso de la canal fría RC: Rendimiento de la canal, NRA: No reportado por el autor. Los superíndices (a,b) denotan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$, prueba t) entre los valores de la literatura y los datos del presente estudio.

3.4. Conclusión

Los resultados obtenidos evidencian que el esquema de engorda estabulado aplicado a novillos Holstein permite mantener un crecimiento sostenido, una eficiencia alimenticia congruente con dietas de finalización propias del sistema intensivo y un rendimiento de canal equiparable al reportado para sistemas estabulados. La interacción entre el manejo, bienestar animal y control sanitario aseguró canales de conformación adecuada, corroborando la capacidad de la

raza para competir en mercados que tradicionalmente privilegian genotipos cárnicos especializados. Asimismo, el análisis comparativo sugiere que la optimización de la fase de finalización, así como la posible incorporación de estrategias en fases anteriores, podrían incrementar marginalmente la rentabilidad sin comprometer la eficiencia global del sistema. En conjunto, los hallazgos confirman la viabilidad de la producción intensiva de Holstein en un sistema estabulado y sientan las bases para investigaciones dirigidas a perfeccionar la formulación de raciones, prolongar estratégicamente el periodo de acabado y valorar el impacto de la raza Holstein en el sector cárnico.

3.5. Literatura citada

- Berry, D. (2021). Invited review: Beef-on-dairy: The generation of crossbred beef × dairy cattle. *Journal Of Dairy Science*, 104(4), 3789-3819. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19519>
- Bureš, D., & Bartoň, L. (2018). Performance, carcass traits and meat quality of Aberdeen Angus, Gascon, Holstein and Fleckvieh finishing bulls. *Livestock Science*, 214, 231-237. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.06.017>
- Gündüz, T., & Çayıroğlu, H. (2024). Effects of maize silage withdrawal from finishing ration on weight gain, carcass yield and beef quality of Holstein Friesian × Belgian Blue crossbred bulls. *Czech Journal of Animal Science*, 69(6), 219-229. <https://doi.org/10.17221/40/2024-cjas>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010: Texcoco, México*. INEGI.
- Jaborek, R., Carvalho, V., & Felix, L. (2023). Post-weaning management of modern dairy cattle genetics for beef production: a review. *Journal of Animal Science*, 101, Article skac345. <https://doi.org/10.1093/jas/skac345>
- Kocyigit, R., Yanar, M., Özdemir, V., Aydin, R., & Diler, A. (2024). Effects of Slaughter Weight and Muscle Types on Carcass and Meat Quality Characteristics of Holstein Friesian Bulls. *Journal of The Hellenic Veterinary Medical Society*, 74(4), 6663-6670. <https://doi.org/10.12681/jhvms.31980>

- Lisboa, M., Silva, F., Carvalho, G., Silva, J., Silva, A., Carvalho, V., ... & Silva, R. (2024). Carcass traits and meat quality of steers fed palm kernel cake as a replacement for grain sorghum. *South African Journal of Animal Science*, 53(4), 522-528. <https://doi.org/10.4314/sajas.v53i4.06>
- Méndez, G., Sinagawa, R., Luna, I., Kawas, R., Rico, S., Castillo, U., ... & Martinez, J. (2024). Avocado peel by-product in cattle diets and supplementation with oregano oil and effects on production, carcass, and meat quality. *Open Agriculture*, 9(1). <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0361>
- Modzelewska-Kapituła, M., & Nogalski, Z. (2016). The influence of diet on collagen content and quality attributes of infraspinatus muscle from Holstein–Friesian young bulls. *Meat Science*, 117, 158-162. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.003>
- Nogalski, Z., Modzelewska-Kapituła, M., & Tkacz, K. (2023). Effects of Silage Type and Feeding Intensity on Carcass Traits and Meat Quality of Finishing Holstein–Friesian Bulls. *Animals*, 13(19), 3065. <https://doi.org/10.3390/ani13193065>
- Nogalski, Z., Starczewski, M., Purwin, C., Pogorzelska-Przybyłek, P., Sobczuk-Szul, M., & Modzelewska-Kapituła, M. (2020). Carcass and Meat Quality Traits in Young Bulls Fed Virginia Fanpetals Silage. *Annals Of Animal Science*, 20(3), 1127-1140. <https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0033>
- Özdemir, F., & Yanar, M. (2021). Effects of age at feedlot entry on performance, carcass characteristics, and beef quality traits of Holstein Friesian bulls reared in high altitude of Eastern Turkey. *Turkish journal of veterinary and animal sciences*, 45(5), 936-943. <https://doi.org/10.3906/vet-2011-66>
- Romo, A., Pérez, C., Ríos, G., Figueroa, F., Barreras, A., Castro, I., ..., & Cazarez, C. (2024). Influence of feedlot living space on production variables, carcass and meat quality traits in Holstein steers. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 15(2), 393-403. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i2.6449>
- Romo, A., Pérez, C., Ríos, F., Figueroa, F., Barreras, A., & Castro, I. (2021). Importancia del espacio vital en la respuesta productiva y bienestar del

- ganado bovino productor de carne en confinamiento. *Abanico Veterinario*, 11, Article 42. <https://doi.org/10.21929/abavet2021.42>
- Rutherford, H., Gordon, W., Arnott, G., & Lively, O. (2020). The Effect of Beef Production System on the Health, Performance, Carcass Characteristics, and Meat Quality of Holstein Bulls. *Animals*, 10(10), Article 1922. <https://doi.org/10.3390/ani10101922>
- Secretaría de Salud. (2005). *NORMA Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004, Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos*. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. (1998, 23 de marzo). *NOM-051-ZOO-1995, Trato humanitario en la movilización de animales*. Diario Oficial de la Federación.
- Ünlü, H., & İpçak, H. (2022). Fattening performance, carcass traits, and profitability of Aberdeen Angus and Holstein Friesian bulls in Turkey. *South African Journal of Animal Science*, 51(5), 613-621. <https://doi.org/10.4314/sajas.v51i5.7>

4. CALIDAD DE LA CARNE DE NOVILLOS HOLSTEIN ENGORDADOS EN UN SISTEMA ESTABULADO

Resumen

La carne de res es apreciada por su valor nutricional y atributos sensoriales, siendo la calidad, resultado de factores intrínsecos y extrínsecos que determinan su aceptación. Aunque la raza Holstein es principalmente lechera, bajo sistemas estabulados intensivos puede producir carne competitiva. Este estudio evaluó la calidad de la carne de nueve novillos Holstein engordados en confinamiento durante 120 días, con dieta de alto concentrado, sacrificados a los 22 meses y ~536 kg de peso vivo. Se muestreó el músculo *Longissimus dorsi* para analizar composición química, pH, capacidad de retención de agua (CRA), color, pérdida por cocción (PCc), fuerza de corte (FzC), perfil de textura, evaluación sensorial y perfil de ácidos grasos. La humedad (73.05 %) y proteína (20.85 %) estuvieron en rangos reportados para sistemas intensivos, con grasa intramuscular (4.82 %) superior a la media, mejorando la aceptación sensorial. El pH (5.78) confirmó un proceso post mortem adecuado y la CRA (61.28 %) se consideró óptima. El color presentó luminosidad (L^*) y rojo (a^*) dentro de parámetros comerciales, respaldando su aceptación visual. La PCc fue de 28.93 %, ligeramente superior a referencias, y la FzC (36.93 N) clasificó la carne como tierna. El perfil de textura mostró equilibrio entre firmeza y elasticidad, mientras que la prueba sensorial reveló una aceptación moderada-alta, con menor jugosidad atribuida al contenido graso típico de la raza. El perfil lipídico destacó por bajo ácido palmítico (23.85 %) y alto oleico (40.56 %), con beneficios potenciales para la salud. En conjunto, los resultados demuestran que, bajo manejo estabulado, la carne Holstein cumple con estándares de calidad, presenta características sensoriales y nutricionales competitivas y desafía la percepción histórica de inferioridad, ofreciendo una oportunidad para diversificar ingresos en sistemas lecheros.

Palabras clave: Holstein, calidad de carne, engorda estabulada, atributos sensoriales, perfil de ácidos grasos.

Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria. Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Ricardo Rubio Rubio

Director de Tesis: Emmanuel Flores Girón, Dr.

MEAT QUALITY OF HOLSTEIN STEERS FATTENED IN A CONFINED FEEDING SYSTEM

Abstract

Meat is valued for its nutritional content and sensory attributes, with quality determined by intrinsic and extrinsic factors influencing consumer acceptance. Although the Holstein breed is primarily dairy-oriented, under intensive feedlot systems it can produce competitive-quality beef. This study evaluated meat quality in nine Holstein steers finished in confinement for 120 days on a high-concentrate diet, slaughtered at 22 months of age and ~536 kg live weight. Samples of the *Longissimus dorsi* muscle were analyzed for chemical composition, pH, water-holding capacity (WHC), color, cooking loss (CL), shear force (SF), texture profile, sensory evaluation, and fatty acid profile. Moisture (73.05%) and protein (20.85%) were within reported ranges for intensive systems, while intramuscular fat (4.82%) exceeded average values, enhancing sensory acceptance. The pH (5.78) confirmed adequate post-mortem processes and WHC (61.28%) was considered optimal. Color parameters showed lightness (L^*) and redness (a^*) within commercial standards, supporting visual acceptance. CL was 28.93%, slightly above references, and SF (36.93 N) classified the meat as tender. The texture profile revealed a balance between firmness and elasticity, while sensory testing indicated moderate-to-high acceptance, with lower juiciness attributed to the breed's typical fat content. The fatty acid profile was notable for low palmitic acid (23.85%) and high oleic acid (40.56%), offering potential health benefits. Overall, the results demonstrate that under feedlot management, Holstein beef meets quality standards, presents competitive sensory and nutritional characteristics, and challenges the historical perception of inferiority, providing an opportunity to diversify income in dairy production systems.

Keywords: Holstein, meat quality, feedlot finishing, sensory attributes, fatty acid profile.

4.1. Introducción

La carne se define como la parte muscular comestible de los animales de abasto sacrificados y faenados en condiciones higiénicas, incluyendo las porciones de grasa, hueso, cartílago, piel, tendones, aponeurosis, nervios y vasos linfáticos y sanguíneos que normalmente acompañan al tejido muscular y que no se separan de él durante los procesos de manipulación, preparación y transformación (Horcada, 2010). Además, la carne de res es apreciada por su importante contenido de macronutrientes, fundamentales para una dieta sana y equilibrada (Bulgaru et al., 2022).

En este sentido, la calidad alimentaria se concibe como la integración de atributos intrínsecos y extrínsecos que determinan la aceptabilidad del consumidor, incluyendo características fisicoquímicas, sensoriales y de seguridad, así como las expectativas del mercado (Peri, 2005; Upmann, 2004). En la carne de res, por su parte, se entiende como una combinación de ternura, aroma y jugosidad, en la que la humedad de la carne desempeña un papel relevante (Bulgaru et al., 2022).

En el contexto actual, se ha hecho evidente que la sostenibilidad de los sistemas alimentarios es esencial para su resiliencia frente a desastres naturales y crisis sanitarias, este principio quedó demostrado durante el brote de COVID-19, que provocó interrupciones en las actividades de importación y exportación, incrementando la demanda de cadenas de suministro más cortas y de producción local (Shabtay et al., 2021) buscando constantemente nuevas estrategias para satisfacer la demanda de productos cárnicos de alta calidad por parte de los consumidores (Bulgaru et al., 2022).

En este panorama, la raza Holstein ocupa un lugar relevante. Aunque es reconocida como la principal raza lechera, en muchas regiones también constituye una parte significativa de la cadena de producción de carne de vacuno (Shabtay et al., 2021). A pesar de su orientación láctea, bajo un sistema estabulado con dietas de alta densidad energética y manejo intensivo, los novillos

Holstein pueden producir canales con un perfil nutricional y sensorial comparable al de razas cárnicas especializadas (Burdine et al., 2004; Berry, 2021).

Diversos estudios han documentado que la interacción entre nutrición y fisiología en el novillo Holstein influye de manera determinante en la calidad final de la canal; así, dietas enriquecidas con concentrados de alta energía mejoran atributos deseables (Modzelewska-Kapituła & Nogalski, 2016). De igual forma, el manejo productivo (incluyendo prácticas como la castración y la edad al sacrificio) ejerce un efecto significativo sobre la calidad de la carne obtenida (Nian et al., 2018; Diler et al., 2022).

En comparación con las razas cárnicas tradicionales, los Holstein suelen ser criticados por su menor rendimiento en canal, debido a una relación músculo-hueso desfavorable, mayores depósitos de grasa y órganos internos, necesarios para cubrir sus elevados requerimientos de lactancia (Jaborek et al., 2023; Berry, 2021). Sin embargo, las evaluaciones sensoriales han demostrado que la carne Holstein puede ser indistinguible de, o incluso superior a, la de razas cárnicas tradicionales (Shabtay et al., 2021; Bureš & Bartoň, 2018; Keto et al., 2024).

Finalmente, la creencia infundada, aunque presente incluso en la literatura científica, de que la carne proveniente de razas lecheras es inferior a la obtenida de razas cárnicas tradicionales, refuerza la necesidad de desarrollar investigaciones que respalden su calidad cuando se produce bajo sistemas de manejo adaptados a los requerimientos específicos de la raza. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar parámetros de calidad con el propósito de determinar si la carne de novillos Holstein engordados en un sistema estabulado cumple con los estándares establecidos y ofrece características diferenciadoras en el mercado nacional, contribuyendo así a atender la escasa información y la percepción negativa que existe sobre esta raza.

4.2. Materiales y métodos

4.2.1. Animales y diseño del estudio

El estudio se realizó con nueve novillos Holstein provenientes de un establo de producción lechera. El manejo incluyó una adaptación temprana del rumen para el consumo de grano desde la etapa de lactancia, seguida por una fase de desarrollo en la que los animales alcanzaron más de 300 kg y aproximadamente 18 meses de edad. Posteriormente ingresaron a la etapa de finalización, con una duración de 120 días, alojados en corrales de 20 × 10 metros y alimentados dos veces al día con agua *ad libitum*, hasta alcanzar un peso vivo superior a 500 kg, estándar del mercado en la región.

Cuadro 4. Dieta de finalización de novillos Holstein.

Ingredientes	Porcentaje en la dieta (%)
Maíz molido	30.4
Maíz rolado	22.4
Grasa sobrepaso vegetal	0.8
Melaza	4.8
Pasta soya	9.6
Gluten maíz	0.8
Salvado trigo	7.2
Minerales	1.6
Carbonato calcio	0.8
Urea 45%	0.8
Sal común	0.8
Forraje de avena	20

Después del sacrificio, las canales se mantuvieron por 48 horas a una temperatura de 4°C para completar el rigor mortis y se realizó el muestreo del *Longissimus dorsi* para la evaluación de la calidad. Al momento del sacrificio, nueve animales se muestrearon para seleccionar el músculo *Longissimus dorsi et lumborum* (entre la decimosegunda costilla) de la canal completa para evaluar las variables de calidad de la carne (Braña, 2011). La dieta de finalización se puede observar en el Cuadro 4.

4.2.2. Composición química

Se utilizó un equipo FoodScan TM (FOSS®), que opera con el software ISISCan v.2.7.1. Para la preparación de la muestra se pesaron 150 g de carne previamente molida en con un disco de 5 mm, seleccionada de tal manera que se le retiro el exceso de grasa y cartílago después de la molienda. Se calibró el equipo como lo marca el manual de operaciones. Se realizaron 3 mediciones por muestra y los valores se reportaron en porcentaje.

4.2.3. pH y capacidad de retención de agua (CRA)

El pH ($n = 27$) fue medido introduciendo directamente el electrodo del potenciómetro (HANNA; HI99163, Woonsocket RI, USA) en la muestra de carne fresca obtenida del músculo Longissimus dorsi et lumborum (porción torácica). La capacidad de retención de agua (CRA) en la carne ($n = 27$) fue analizada por el método de compresión de acuerdo con Méndez et al. (2024); 300 mg de tejido muscular (carne) de cada muestra se pesaron y se colocaron entre dos piezas de papel filtro, después se colocaron entre dos placas de acrílico-plástico y se aplicó una fuerza de 4 kg durante 20 minutos, para pesar nuevamente la muestra al final. El agua libre fue absorbida por el papel filtro y finalmente la siguiente ecuación (1) fue usada:

$$CRA = 100 - \left[\left(\frac{Pi - Pf}{Pi} \right) \times 100 \right] \quad (1)$$

Donde:

Pi = peso inicial y Pf = peso final

4.2.4. Color de la carne cruda

Las variables de color fueron determinadas directamente en nueve muestras de carne fresca por triplicado ($n = 27$) utilizando un colorímetro Minolta (Konica Minolta Holdings, CR-400/410, Inc., Tokio, Japón) midiendo L^* (luminosidad), a^* (componente de verde a rojo), b^* (componente de azul a amarillo), Chroma (índice de saturación) y ángulo Hue (tonalidad).

4.2.5. Pérdida por cocción (PPC) y Fuerza de Corte (FzC)

Para la evaluación de la pérdida por cocción, se pesaron inicialmente las muestras de carne cruda, las cuales fueron empacadas al vacío y posteriormente sometidas a cocción en un baño de agua a 75 °C durante 90 minutos. Finalizado el proceso térmico, las muestras se enfriaron a temperatura ambiente durante 30 minutos. Una vez enfriadas, se escurrieron completamente para eliminar el exceso de líquido superficial y se pesaron nuevamente. La pérdida por cocción se calculó como el porcentaje de disminución de peso respecto al peso inicial, utilizando la siguiente ecuación (2):

$$PPC = \frac{(PESO_{inicial}) - (PESO_{final})}{PESO_{inicial}} * 100 \quad (2)$$

Este procedimiento se realizó siguiendo las recomendaciones metodológicas propuestas por Honikel (1998), con las adaptaciones pertinentes al diseño experimental del presente estudio.

La fuerza de corte (FzC) fue realizada usando la cuchilla Warner Bratzler adaptada a un texturómetro (TA.XT. Plus, Stable Micro Systems, Serrey, England). Muestras rectangulares de carne (n = 18) fueron utilizadas de 1 × 1 cm de lado y 3 cm de largo. Las velocidades de prueba fueron 2 mm/s de pre-prueba, 2 mm/s en prueba y 2 mm/s post-prueba con una distancia de 30 mm. La carne fue cocida como en la PCc para evaluar la FzC en Newton (N).

4.2.6. Análisis de textura de la carne

En esta prueba la carne fue cocida como en la PCc para evaluar el análisis de perfil de textura (APT) en un texturómetro (TA.XT. Plus, Stable Micro Systems, Serrey, England). En el APT se estandarizaron muestras (n = 18) cilíndricas de 1.5 cm de alto y 1.8 cm de diámetro. Un pistón cilíndrico de compresión de 75 mm de diámetro fue utilizado para realizar la prueba con las siguientes velocidades: 5 mm/s de velocidad pre-prueba, 2 mm/s de velocidad prueba y 5 mm/s de velocidad post-prueba, con una distancia de 25 mm y comprimiendo la muestra en dos ciclos a 60% de su altura original. Las variables

determinadas fueron dureza (N) adhesividad (g s-1), elasticidad (mm), cohesividad (adimensional), gomosidad (g), masticabilidad (g mm-1) y resistencia.

4.2.7. Evaluación sensorial

Se realizó una prueba del tipo afectiva con consumidores de carne, para ello se reclutaron a participantes mayores de edad, consumidores frecuentes de carne y con disponibilidad de participación en la prueba. Para la evaluación fueron utilizadas muestras de carne empacadas al vacío y cocidas en agua a una temperatura de 75°C por 90 min. Los consumidores recibieron tres trozos cúbicos de carne con una dimensión de un centímetro por lado, en vasos transparentes codificados para evaluar olor, sabor, dureza, jugosidad y aceptabilidad global, utilizando una escala de intensidad de agrado según la expresión facial que relacione su sentir como se muestra en la Figura 6.

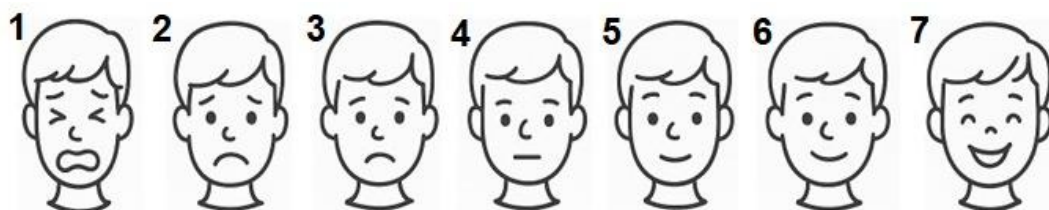


Figura 6. Escala utilizada para la evaluación sensorial.

Para evitar el ruido que podría generar al panelista el uso de una numeración o el tener que leer el nivel al momento de la prueba, para el análisis los datos obtenidos se transformaron a una escala hedónica de 7 puntos donde 1: me disgusta mucho, 2: me disgusta moderadamente 3: me disgusta, 4: ni me gusta ni me disgusta 5: me gusta 6: me gusta moderadamente y 7: me gusta mucho. Cada evaluador realizó la prueba en cabinas individuales, acondicionadas con una tarja, luz y silla, con acceso directo a las muestras para su evaluación.

4.2.8. Perfil de ácidos grasos

Este análisis fue realizado en el laboratorio del CIATEJ, el cual aplicó las condiciones de acuerdo con las normas: NMX-F-490-1999-NORMEX para la

determinación del perfil de ácidos grasos y la NOM-086-SSA1-1994 para la determinación del extracto etéreo. La determinación de perfil de ácidos grasos se realiza mediante la saponificación y esterificación de los ácidos grasos usando trifloruro de boro como catalizador, para pasar a la separación y cuantificación por cromatografía de gases, se usa un cromatógrafo de gases marca Perkin Elmer con detector de ionización de flama (FID). La columna es una DB-23 de 60m*0.25um*0.25, el gas acarreador es helio y se utiliza una temperatura en el horno y detector de 220° C y 275° C respectivamente. Para la cuantificación se utiliza el método de normalización (porcentaje relativo de cada componente).

4.2.9. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el entorno de desarrollo RStudio (versión 2024.12.0). En una primera etapa, se aplicaron procedimientos de estadística descriptiva con el propósito de resumir las variables estudiadas mediante medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar). Posteriormente, se empleó la prueba t de Student para una muestra (*one-sample t-test*), con el fin de evaluar si la media muestral difería significativamente de un valor teórico de referencia (μ_0) previamente reportado en la literatura científica. Se asumió que los datos seguían una distribución normal, y se utilizó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para la toma de decisiones estadísticas.

4.3. Resultados y discusión

4.3.1. Composición química

La composición química de la carne (Cuadro 5) mostró una humedad (73.05 %) similar a la registrada por Tsitsos et al. (2024) y Bureš & Bartoň (2018) pero estadísticamente diferente con la última, lo que sugiere una retención hídrica congruente con sistemas intensivos en razas lecheras; en cambio, el contenido de proteína (20.85 %) resultó ligeramente inferior a la reportada por Bureš & Bartoň (2018) pero cercana a la descrita por

Modzelewska-Kapituła & Nogalski (2016), diferencia que puede atribuirse a la cantidad de grasa observada.

Cuadro 5. Composición química de la carne.

Variable (%)	n	EEM	$\mu \pm s$	μ_0	n_0	P-Value	Referencia
Humedad	54	0.28	$73.05^a \pm 2.06$	73.37^a	10	0.268	(Bureš & Bartoň, 2018)
Proteína	54	0.04	$20.85^a \pm 0.31$	21.87^b	10	<0.001	(Bureš & Bartoň, 2018)
Grasa	54	0.31	$4.82^a \pm 2.30$	4.11^b	10	0.026	(Modzelewska-Kapituła & Nogalski, 2016)
Colágeno	54	0.02	$1.86^a \pm 0.18$	1.18^b	25	<0.001	(Tsitsos et al., 2024)
Humedad				73.77^b	25	0.014	(Tsitsos et al., 2024)
Proteína				20.76^b	10	0.037	(Modzelewska-Kapituła & Nogalski, 2016)
Grasa				3.49^b	16	<0.001	(Nogalski et al., 2023)
Colágeno				3.53^b	14	<0.001	(Nian et al., 2018)

n : Número de repeticiones n_0 : Número de repeticiones en la referencia EEM: error estándar de la media $\mu \pm s$: Media más menos desviación estándar μ_0 : Media de referencia Letras distintas ^{a,b} indican diferencias significativas.

El contenido de grasa (4.82 %) superó tanto el valor medio consignado por Bureš & Bartoň como el reportado en novillos terminados intensivamente por Nogalski et al. (2023) donde el tipo de alimentación incrementó el contenido de grasa y disminuyó la porción de proteína en comparación con otros sistemas de alimentación, de igual manera mejoró la aceptación sensorial de la carne.

Finalmente, el colágeno (1.86 %) presentó un valor intermedio en investigaciones de producción similares donde manejan una alimentación intensiva con animales Holstein y similar a los valores encontrados para carne de res por González et al. (2021). Las diferencias observadas entre las medias fueron mínimas, lo que denota parámetros consistentes en investigaciones con factores como lo son la alimentación, la raza, el sexo y la edad que podrían haber afectado la

composición química de la carne (Tsitsos et al., 2024; Nogalski et al., 2023; Bureš & Bartoň, 2018; Nian et al., 2018; Modzelewska-Kapituła & Nogalski, 2016).

4.3.2. pH y capacidad de retención de agua (CRA)

El valor promedio de pH (Cuadro 6) en la carne de novillo Holstein obtenida en este estudio fue de 5.78 ± 0.11 , ubicándose dentro del rango considerado normal (5.4 a 5.9) Braña et al. (2011), lo que indica un proceso post-mortem adecuado y ausencia de condiciones que favorezcan la aparición de carne DFD (oscura, firme y seca). Este valor fue estadísticamente similar al reportado por Barrera et al. (2008), quienes observaron un pH de 5.80 en novillos Holstein terminados en confinamiento, sin diferencias significativas ($P = 0.31$). En contraste, se registró una diferencia significativa con respecto a lo reportado por Romo et al. (2024), quienes obtuvieron un pH menor (5.67 ± 0.06 ; $P < 0.001$) que se explica más por su engorda significativamente más prolongada (261 días) y el mayor peso final (612 kg) de los novillos, condiciones que favorecen la acumulación de glucógeno muscular y, por ende, una acidificación post-mortem más completa. En nuestro caso, la fase de finalización fue de 120 días, con animales de 536 kg, lo que podría haber limitado ligeramente esas reservas energéticas.

La capacidad de retención de agua (CRA) obtenida (61.28 %) en la carne de novillo Holstein (Cuadro 6), fue estadísticamente similar al reportado por Méndez et al. (2024), pero significativamente inferior al informado por Lisboa et al. (2024). Si bien existen diferencias metodológicas entre los estudios, como el peso aplicado o el tiempo de compresión, es importante señalar que la ligera variación en la presión (4 kg vs. 5 kg) tiene un impacto limitado en los resultados, mientras que el tiempo de exposición puede influir más directamente en la cantidad de agua libre extraída. Ambos enfoques se basan en el mismo principio: liberar el agua libre contenida en el tejido sin afectar el agua unida ni dañar la estructura muscular. En este sentido, el tiempo de compresión fue mayor (20 minutos), lo que habría permitido una extracción efectiva del agua libre, que representa aproximadamente el 70 % del contenido hídrico total de la carne (Horcada, 2010).

Bajo esta lógica, el valor de CRA obtenido puede considerarse adecuado, ya que se encuentra alineado con el resultado reportado por Méndez et al. (2024), quienes utilizaron un protocolo con tiempos similares. En contraste, el valor superior registrado por Lisboa et al. (2024) podría estar relacionado con el menor tiempo de compresión, lo que habría dejado una mayor proporción de agua libre sin extraer.

Más allá de los aspectos metodológicos, es relevante considerar las condiciones productivas de los animales. En este estudio, los novillos fueron criados completamente bajo un sistema estabulado, con una fase de finalización de 120 días y sacrificados a los 22 meses de edad, con un peso promedio de 536 kg. Estas condiciones, típicas de sistemas intensivos, favorecen el desarrollo de un tejido muscular con características fisiológicas compatibles con una buena capacidad de retención de agua.

Cuadro 6. Valores de pH y capacidad de retención de agua.

Variable	<i>n</i>	EEM	$\mu \pm s$	μ_0	<i>n</i> ₀	P-Value	Referencia
pH	27	0.02	5.78 ^a ± 0.11	5.67 ^b	178	< 0.001	(Romo et al., 2024)
				5.80 ^a	48	0.310	(Barrera et al., 2008)
CRA (%)	27	0.59	61.28 ^a ± 3.06	60.78 ^a	16	0.403	(Méndez et al., 2024)
				69.84 ^b	10	< 0.001	(Lisboa et al., 2024)

n: Número de repeticiones *n*₀: Número de repeticiones en la referencia EEM: error estándar de la media $\mu \pm s$: Media más menos desviación estándar μ_0 : Media de referencia Letras distintas ^{a,b} indican diferencias significativas.

4.3.3. Color

El promedio de luminosidad (L*) obtenido (38.94) (Cuadro 7) fue significativamente mayor que el registrado en los grupos testigo de Huang et al. (2025) y Lisboa et al. (2024). El valor de (a*) (20.68) no difirió significativamente del informado por Huang et al. (2025), pero fue superior al de Thirawong et al.

(2024). El componente (b^*) (6.55) se situó por debajo del valor reportado por Huang et al. (2025) y por encima de Diler et al. (2023).

En cuanto al índice de saturación (C^*), el valor (21.77) no presentó diferencia significativa frente al de Huang et al. (2025), mientras que el ángulo Hue (17.55) fue significativamente inferior al reportado por Nogalski et al. (2023) y Diler et al. (2023). Todos los valores comparados fueron seleccionados a partir de grupos testigo en estudios que evaluaron carne de novillos Holstein en sistemas estabulados, con el fin de garantizar una comparación directa.

El valor de L^* obtenido en este estudio se ubica dentro del rango considerado como carne normal ($L^* \geq 38$) según la escala visual validada por Labra et al. (2020), desarrollada a partir de la evaluación de 1,165 lomos de bovino. De hecho, dicho valor se aproxima a las categorías 2A-2B de dicha escala, asociadas a una apariencia “rojo-cereza” preferida por los consumidores. Aunque los valores de a^* y b^* se ubicaron por debajo del rango medio de estas categorías, estos parámetros poseen menor capacidad explicativa sobre el color visual en comparación con L^* , el cual explica más del 90 % de la varianza. En conjunto, los resultados indican que la carne evaluada presenta un color visualmente aceptable y comercialmente competitivo, de acuerdo con los estándares propuestos para la industria cárnica nacional.

Complementariamente, Zhang et al. (2021) consideran que el componente a^* (intensidad del rojo) es uno de los parámetros más representativos para la aceptación visual de la carne por parte del consumidor, y proponen como rango de referencia para carne bovina en buenas condiciones los siguientes valores: $L^* \geq 31.4$, $a^* \geq 16.4$, $b^* \geq 6.5$, $C^* \geq 17.4$ y $H^\circ \geq 22.5$. Los valores obtenidos en el presente estudio se encuentran claramente por encima del umbral propuesto, lo que sugiere un color aceptable.

Por su parte, Holman et al. (2021) reportan que las muestras de carne con valores de a^* superiores a 14.5 fueron calificadas como aceptables por los panelistas, lo cual coincide con el valor de a^* registrado en el presente estudio. En conjunto,

estas referencias respaldan que el color de la carne evaluada, particularmente en cuanto a la luminosidad (L^*) y la intensidad del rojo (a^*), se alinea con los criterios de aceptación visual definidos por los consumidores, mientras que las variaciones en otros parámetros cromáticos se mantienen dentro de márgenes compatibles con la percepción comercial de calidad.

Cuadro 7. Parámetros de color en la carne cruda.

Var	n	EEM	$\mu \pm s$	μ_0	n_0	P-Value	Referencia
L^*	27	0.45	$38.94^a \pm 2.34$	28.81^b	27	<0.001	(Huang et al., 2025)
a^*	27	0.35	$20.68^a \pm 1.86$	20.83^a	27	0.698	(Huang et al., 2025)
b^*	27	0.32	$6.55^a \pm 1.66$	7.54^b	27	0.004	(Huang et al., 2025)
C	27	0.37	$21.71^a \pm 1.93$	22.16^a	27	0.245	(Huang et al., 2025)
H°	27	0.77	$17.55^a \pm 4.03$	26.95^b	16	<0.001	(Nogalski et al., 2023)
L^*				35.44^b	10	<0.001	(Lisboa et al., 2024)
a^*				19.85^b	7	0.027	(Thirawong et al., 2024)
b^*				5.47^b	15	0.002	(Diler et al., 2023)
C				23.08^b	178	0.001	(Romo et al., 2024)
H°				23.75^b	15	<0.001	(Diler et al., 2023)

n : Número de repeticiones n_0 : Número de repeticiones en la referencia EEM: error estándar de la media $\mu \pm s$: Media más menos desviación estándar μ_0 : Media de referencia Letras distintas ^{a,b} indican diferencias significativas.

4.3.4. Pérdida por cocción (PPc) y Fuerza de Corte (FzC)

La pérdida por cocción en la carne de novillos Holstein (Cuadro 8) representa una disminución de peso tras el tratamiento térmico. Este valor (28.93 %) fue superior al reportado por Thirawong et al. (2024) y Barrera et al. (2008), en este último caso la diferencia no fue estadísticamente significativa ($P = 0.10$).

Las variaciones observadas podrían relacionarse con factores productivos como la edad al sacrificio o el peso final, los cuales influyen en la respuesta del músculo ante el calor. En este estudio, los novillos fueron criados bajo un sistema estabulado, siendo sacrificados a los 22 meses con un peso promedio de 536 kg, aunque adecuado, menor a lo encontrado en Holstein (Romo et al., 2024; Bureš & Bartoň, 2018).

En conjunto, estas condiciones productivas no son inadecuadas, pero sí podrían explicar por qué se observó una pérdida de agua ligeramente superior durante la cocción posiblemente como resultado de una matriz menos compacta en el músculo en comparación con estudios cuyos animales pasaron por ciclos de engorda más prolongados (Thirawong et al., 2024; McGee et al., 2020; Barrera et al., 2008).

La fuerza de corte representa la resistencia del músculo cocido al ser cizallado por la cuchilla Warner-Bratzler. Este resultado (Cuadro 8) (36.93 N) no difirió significativamente de los reportados por Nogalski et al. (2023) ni Lisboa et al. (2024). Según la clasificación propuesta por Destefanis et al. (2008), la carne se considera “tierna” cuando la FzC es < 42.87 N, “muy tierna” por debajo de 32.96 N y “dura” por encima de 52.68 N; en este contexto, la carne evaluada en el presente estudio se ubica en el rango de carne tierna.

Cuadro 8. Valores de pérdida por cocción y Fuerza de Corte de la carne.

Variable	n	EEM	$\mu \pm s$	μ_0	n_0	P-Value	Referencia
PCc	9	0.71	$28.93^a \pm 2.15$	26.30^b	7	0.006	(Thirawong et al., 2024)
(%)				27.60^a	48	0.10	(Barrera et al., 2008)
FzC	18	3.44	$36.93^a \pm 14.61$	32.23^a	16	0.189	(Nogalski et al., 2023)
(N)				31.97^a	10	0.167	(Lisboa et al., 2024)

n : Número de repeticiones n_0 : Número de repeticiones en la referencia EEM: error estándar de la media $\mu \pm s$: Media más menos desviación estándar μ_0 : Media de referencia Letras distintas ^{a,b} indican diferencias significativas, N: Newtons.

Este resultado puede atribuirse en parte a la edad relativamente temprana al sacrificio, que limita la reticulación del tejido conectivo y favorece una textura más blanda; además, no se descarta que características genéticas propias de la raza Holstein contribuyan a este comportamiento, aspecto que la literatura aún investiga con mayor detalle.

4.3.5. Análisis del perfil de textura

La evaluación instrumental del perfil de textura (Cuadro 9) indicó que la carne de novillo Holstein presentó una dureza (101.30 N) significativamente menor que la reportada por Méndez et al. (2024), aunque superior a la observada por Diler et al. (2022). Parámetros como la adhesividad (-2.30 g s⁻¹), gomosidad (56.57 G) y masticabilidad (27.46 g mm⁻¹) no mostraron diferencias significativas respecto a Méndez et al. (2024). Por otro lado, la elasticidad (0.48 mm), cohesividad (0.55) y resiliencia (0.20) resultaron significativamente diferentes a los estudios de referencia.

La variabilidad observada en los valores de dureza puede explicarse por factores intrínsecos como la composición química de la carne, directamente relacionada con la textura instrumental y la percepción sensorial de la carne (Bulgaru et al., 2022). El hecho de que la adhesividad, gomosidad y masticabilidad no difirieran significativamente sugiere una estructura muscular equilibrada, posiblemente asociada a una adecuada capacidad de retención de agua y una pérdida por cocción moderada.

En cuanto a la elasticidad, cohesividad y resiliencia, las diferencias significativas encontradas indican una mayor capacidad de recuperación del músculo tras la compresión inicial, rasgo asociado a una buena calidad textural (Torres et al., 2015; Bulgaru et al., 2022).

Tales características pueden estar influenciadas tanto por factores extrínsecos (como la alimentación y la edad al sacrificio) como por factores intrínsecos (composición), cuya interacción determina el perfil final. En conjunto, los resultados reflejan condiciones fisicoquímicas compatibles con una carne que

equilibra firmeza y suavidad, sustentando su aceptación tecnológica y comercial en el mercado de carne bovina.

Cuadro 9. Valores del perfil de textura en carne.

Variable	n	EEM	$\mu \pm s$	μ_0	n_0	P-Value	Referencia
Dureza (N)	27	4.16	$101.30^a \pm 22.82$	118.44^b	18	<0.001	(Méndez et al., 2024)
Adhesividad (g s-1)	27	0.84	$-2.30^a \pm 4.37$	-1.41^a	18	0.299	(Méndez et al., 2024)
Elasticidad (mm)	27	0.009	$0.48^a \pm 0.05$	0.39^b	18	<0.001	(Méndez et al., 2024)
Cohesividad	27	0.005	$0.55^a \pm 0.03$	0.46^b	18	<0.001	(Méndez et al., 2024)
Gomosidad (G)	27	2.46	$56.57^a \pm 13.51$	58.62^a	18	0.41	(Méndez et al., 2024)
Masticabilidad (g mm-1)	27	1.58	$27.46^a \pm 8.87$	24.70^a	18	0.09	(Méndez et al., 2024)
Resiliencia	27	0.003	$0.20^a \pm 0.02$	0.16^b	18	<0.001	(Méndez et al., 2024)
Dureza (N)				65.99^b	26	<0.001	(Diler et al., 2022)
Adhesividad (g s-1)				0.19^b	26	0.006	(Diler et al., 2022)
Elasticidad (mm)				4.44^b	26	<0.001	(Diler et al., 2022)
Cohesividad				0.41^b	26	<0.001	(Diler et al., 2022)
Gomosidad (G)				27.07^b	26	<0.001	(Diler et al., 2022)
Masticabilidad (g mm-1)				121.11^b	26	<0.001	(Diler et al., 2022)
Resiliencia				0.12^b	26	<0.001	(Diler et al., 2022)

n : Número de repeticiones n_0 : Número de repeticiones en la referencia EEM: error estándar de la media $\mu \pm s$: Media más menos desviación estándar μ_0 : Media de referencia Letras distintas ^{a,b} indican diferencias significativas.

4.3.6. Análisis sensorial

Los puntajes obtenidos en este estudio (Figura 7) se sitúan por encima del punto medio de la escala, lo que evidencia una respuesta global de “gusto moderado” por parte de los consumidores.

Resultados semejantes se han comunicado para carne de novillos Holstein en condiciones intensivas, Keto et al. (2024) registraron valores instrumentales y sensoriales próximos para terneza, jugosidad y sabor en toros Holstein terminados con raciones a base de silo de pasto, mientras que Yüksel & Karaçuhallıllar (2024) reportaron promedios similares para novillos Holstein de 20 meses, indicando una aceptación superior a la media.

La aceptación observada se respalda en los parámetros tecnológicos ya discutidos (pH, CRA, PCc, FzC y composición química), que sustentan la jugosidad y terneza detectadas. Estudios comparativos suelen colocar a las razas lecheras en la franja media-baja de jugosidad cuando se contraponen a razas de carne con mayor marmoleo, Kim et al. (2021) hallaron que la carne Holstein se calificó por debajo de la carne de raza cárnica de igual grado comercial. De forma similar, Keto et al. (2024b) registraron una tendencia a menor jugosidad en Holstein frente a Northern Finncattle. Esta menor percepción se atribuye, principalmente, al inferior contenido de grasa intramuscular típico de las razas de aptitud lechera.

Las limitantes de estos resultados se deben a la poca cantidad de muestra obtenida, la poca familiaridad con el producto limita la región de estudio, la disponibilidad de los participantes y el tiempo de realización del estudio que limitó la oportunidad de generar más datos por lo que se propone implementar nuevas técnicas sensoriales para el estudio que permitan identificar si los consumidores realmente diferencian la calidad del producto.

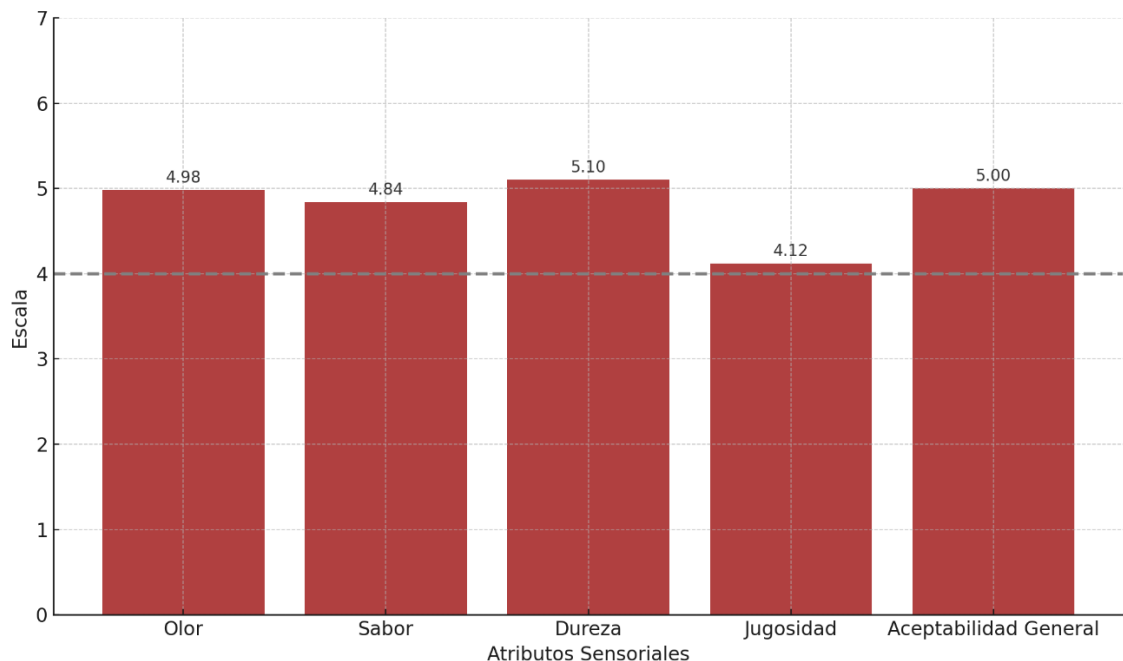


Figura 7. Evaluación sensorial.

4.3.7. Perfil de ácidos grasos

El perfil de ácidos grasos observado en la carne de novillos Holstein (Cuadro 10) mostró una proporción de ácido palmítico (23.85 %) inferior a la descrita por Wandscheer et al. (2024) y McGee et al. (2020), mientras que el ácido esteárico (23.56 %) se obtuvo por encima del rango reportado en dichos estudios.

En contraste, el ácido oleico obtenido (40.56 %), superó el valor consignado por Wandscheer et al. (2024), y se aproximó al de McGee et al. (2020). Se encontró un ácido linoleico con valores intermedios (4.20 %) entre las referencias, mientras que el ácido linolénico (0.25 %) coincidió con el valor de Wandscheer et al. (2024) y se mantuvo por debajo de lo observado por McGee et al. (2020).

Este patrón de ácido palmítico bajo y ácido oleico alto, concuerda con la revisión de Diler et al. (2022) y Nian et al. (2018). Además de ser consistentes con valores de carne obtenida de animales de engorda convencional (Leheska et al., 2008).

Cuadro 10. Perfil de ácidos grasos en la carne Holstein.

Variable	<i>n</i>	EEM	$\mu \pm s$	μ_0	<i>n</i> ₀	P-Value	Referencia	
Palmítico (C16:0)	6	0.46	23.85 ^a 1.12	±	29.80 ^b	24	<0.001	(Wandscheer et al., 2024)
Esteárico (C18:0)	6	1.09	23.56 ^a 2.68	±	20.20 ^b	24	0.028	(Wandscheer et al., 2024)
Oleico (C18:1)	6	1.28	40.56 ^a 3.14	±	31.70 ^b	24	<0.001	(Wandscheer et al., 2024)
Linoleico (C18:2)	6	0.29	4.20 ^a 0.73	±	6.76 ^b	24	<0.001	(Wandscheer et al., 2024)
Linolénico (C18:3)	6	0.01	0.25 ^a 0.03	±	0.25 ^a	24	0.912	(Wandscheer et al., 2024)
					29.40 ^b	14	<0.001	(McGee et al., 2020)
					17.10 ^b	14	0.002	(McGee et al., 2020)
					41.40 ^a	14	0.543	(McGee et al., 2020)
					3.19 ^b	14	0.020	(McGee et al., 2020)
					0.80 ^b	14	<0.001	(McGee et al., 2020)

n: Número de repeticiones *n*₀: Número de repeticiones en la referencia EEM: error estándar de la media $\mu \pm s$: Media más menos desviación estándar μ_0 : Media de referencia Letras distintas ^{a,b} indican diferencias significativas.

Brindando un perfil de ácidos grasos congruente con diferentes análisis que utilizan un sistema similar de engorda, la misma raza y una edad de sacrificio similar. Por lo anterior, se demuestra que a través de dichos resultados obtenidos los ácidos grasos hipercolesterolémicos (C16:0) son bajos, los cuales son indeseables para la salud humana y de igual manera se obtuvo que los ácidos grasos hipocolesterolémicos (C18:1, C18:3) son mayores o similares a los reportados en la literatura, siendo beneficiosos para la salud (Diler et al., 2022). Reforzando la percepción de que la carne de novillos Holstein estabulados puede ofrecer niveles nutricionales aceptables.

4.4. Conclusiones

La caracterización de la carne de novillos Holstein evidenció parámetros químicos, tecnológicos y sensoriales aceptables con respecto a los datos aportados por otras investigaciones similares. La humedad y la proteína se mantuvieron dentro de rangos reportados para sistemas intensivos, mientras que la grasa intramuscular fue mayor, dando un mejor perfil sensorial. El pH confirmó un proceso post mortem adecuado y la capacidad de retención de agua estuvo en niveles compatibles con buenas propiedades. La pérdida por cocción fue ligeramente superior a las referencias, pero sin generar un problema tecnológico, la fuerza de corte clasificó la carne como tierna. El análisis instrumental de color situó la luminosidad y la intensidad del rojo dentro de los valores aceptados por el consumidor y el perfil de textura mostró un equilibrio entre firmeza y elasticidad. Estas características se reflejaron en la prueba de consumidores, donde los atributos se calificaron por encima del punto medio de la escala hedónica, si bien jugosidad presentó una clasificación baja esta se entiende por los valores obtenidos en la pérdida por cocción y la relación de la raza Holstein con una baja jugosidad. Finalmente, el perfil lipídico exhibió baja proporción de ácido palmítico y niveles elevados de ácido oleico, aportando ventajas nutricionales. En conjunto, estos hallazgos confirman que, bajo un manejo estabulado, la carne de novillos Holstein posee cualidades competitivas para el mercado mexicano, desmontando la percepción histórica de inferioridad y respaldando su potencial para diversificar los ingresos del sector lechero.

4.5. Literatura citada

Barrera, R. N., Sconamiglio, J. F., Olascoaga, G. B., Boliolo, O. F., Murgiondo, O. B., Arocena, P. B., & Fuidio, V. S. (2008). Efecto de la temperatura de refrigeración sobre la calidad de la carne de novillos Holstein a lo largo de la maduración. *Técnica Pecuaria En México*, 46(2), 137-145. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61346203.pdf>

- Berry, D. (2021). Invited review: Beef-on-dairy: The generation of crossbred beef × dairy cattle. *Journal Of Dairy Science*, 104(4), 3789-3819. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19519>
- Braña, V. D., Ramírez, R. E., Rubio, L. M., Sánchez, E. A., Torrescano, U. G., Arenas, M. M., ... & Ríos, R. F. (2011). *Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Bulgaru, V., Popescu, L., Netreba, N., Ghendov-Mosanu, A., & Sturza, R. (2022). Assessment of Quality Indices and Their Influence on the Texture Profile in the Dry-Aging Process of Beef. *Foods*, 11(10), 1526. <https://doi.org/10.3390/foods11101526>
- Burdine, K. H., Meyer, A. L. & Maynard, L. J. (2004). *Understanding the market for Holstein steers* [Conference presentation]. Annual Meeting, Denver, CO, United States. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.31978>
- Bureš, D., & Bartoň, L. (2018). Performance, carcass traits and meat quality of Aberdeen Angus, Gascon, Holstein and Fleckvieh finishing bulls. *Livestock Science*, 214, 231-237. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.06.017>
- Destefanis, G., Brugiapaglia, A., Barge, M., & Molin, E. D. (2007). Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner–Bratzler shear force. *Meat Science*, 78(3), 153-156. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.031>
- Diler, A., Yanar, M., Aydın, R., Özdemir, V. F., Oğraş, Ş. Ş., & Koçyiğit, R. (2023). Carcass characteristics and meat quality of Holstein bulls depending on slaughter age and muscle types. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 37(1), Article e001. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v37n1a1>
- Diler, A., Yanar, M., Özdemir, V. F., Aydın, R., Kaynar, Ö., Palangi, ... & Koçyigit, R. (2022). Effects of Slaughter Age of Holstein Friesian Bulls on Meat Quality: Chemical Composition, Textural Characteristics, Sensory Attributes and Fatty Acid Profile. *Foods*, 12(1), 158. <https://doi.org/10.3390/foods12010158>

- González, G. R., Zúñiga, B. A., Velázquez, I. V., Moreno, S. A., & Osorio, G. A. (2021). Composición nutricional de la carne equina y grado de sustitución de la carne bovina por equina en expendios de la Ciudad de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(3), 742-755. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i3.5462>
- Holman, B. W., & Hopkins, D. L. (2021). The use of conventional laboratory-based methods to predict consumer acceptance of beef and sheep meat: A review. *Meat Science*, 181, Article 108586. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108586>
- Huang, Y., Lei, Y., Shi, J., Liu, W., Zhang, X., He, P., ... & Lei, Z. (2025). Effects of dietary oregano essential oil supplementation on carcass traits, muscle fiber structure, oxidative stability, meat quality, and regulatory mechanisms in Holstein steers. *Journal of The Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.14099>
- Horcada, A. & Polvillo, O. (2010). Conceptos básicos sobre la carne. In *La producción de carne en Andalucía* (pp. 113-139). Secretaria general técnica, servicio de publicaciones y divulgación.
- Jaborek, J. R., Carvalho, P. H. V., & Felix, T. L. (2023). Post-weaning management of modern dairy cattle genetics for beef production: a review. *Journal of Animal Science*, 101, Article sjac345. <https://doi.org/10.1093/jas/skac345>
- Keto, L., Manni, K., & Huuskonen, A. (2024). Effects of three different grass silage-based total mixed rations on meat quality of finishing Holstein and Nordic Red dairy bulls. *Livestock Science*, 283, Article 105458. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2024.105458>
- Keto, L., Manni, K., Tuomivaara, A., Soppela, P., & Huuskonen, A. (2024b). Growth performance, carcass characteristics and meat quality of Northern Finncattle steers compared to Holstein steers offered grass silage-grain-based ration. *JSFA Reports*, 4(10), 362-369. <https://doi.org/10.1002/jsf2.218>
- Kim, J. Y., Lee, B., Kim, D. H., Lee, K., Kim, E. J., & Choi, Y. M. (2021). Sensory Quality and Histochemical Characteristics of Longissimus Thoracis

- Muscles between Hanwoo and Holstein Steers from Different Quality Grades. *Food Science of Animal Resources*, 41(5), 779-787. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e35>
- Labra, S. S., Lozano, S. R., Varela, D. B., Medina, D. M., & Suárez, J. D. (2020). Desarrollo y validación de un patrón visual para la evaluación del color de la carne de bovino en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(2), 479-497. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.5181>
- Leheska, J. M., Thompson, L. D., Howe, J. C., Hentges, E., Boyce, J., Brooks, J. C., ..., & Miller, M. F. (2008). Effects of conventional and grass-feeding systems on the nutrient composition of beef. *Journal of Animal Science*, 86(12), 3575-3585. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0565>
- Lisboa, M., Silva, F., Carvalho, G., Silva, J., Silva, A., Carvalho, ... & Silva, R. (2024). Carcass traits and meat quality of steers fed palm kernel cake as a replacement for grain sorghum. *South African Journal of Animal Science*, 53(4), 522-528. <https://doi.org/10.4314/sajas.v53i4.06>
- López, B. O., Berasaín, A. M., Cruz, R. B., Perea, P. L., Buendía, B. E., Gastelum, L. B., & Berasaín, D. M. (2016). Influencia de taninos sobre características físicas y sensoriales de carne de bovinos en engorda. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(3), 309-320. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v7i3.4212>
- McGee, M., Keane, M., Neilan, R., Caffrey, P., & Moloney, A. (2020). Meat quality characteristics of high dairy genetic-merit Holstein, standard dairy genetic-merit Friesian and Charolais × Holstein-Friesian steers. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 59(1), Article 0003. <https://doi.org/10.2478/ijafr-2020-0003>
- Méndez, G., Sinagawa, R., Luna, I., Kawas, R., Rico, S., Castillo, U., ... & Martinez, J. (2024). Avocado peel by-product in cattle diets and supplementation with oregano oil and effects on production, carcass, and meat quality. *Open Agriculture*, 9(1), Article 20220361. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0361>

- Modzelewska-Kapituła, M., & Nogalski, Z. (2016). The influence of diet on collagen content and quality attributes of infraspinatus muscle from Holstein–Friesian young bulls. *Meat Science*, 117, 158-162. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.003>
- Nian, Y., Allen, P., Harrison, S. M., & Kerry, J. P. (2018). Effect of castration and carcass suspension method on the quality and fatty acid profile of beef from male dairy cattle. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(11), 4339-4350. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8960>
- Nogalski, Z., Modzelewska-Kapituła, M., & Tkacz, K. (2023). Effects of Silage Type and Feeding Intensity on Carcass Traits and Meat Quality of Finishing Holstein–Friesian Bulls. *Animals*, 13(19), 3065. <https://doi.org/10.3390/ani13193065>
- Peri, C. (2005). The universe of food quality. *Food Quality and Preference*, 17(1-2), 3-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.03.002>
- Romo, A., Pérez, C., Ríos, G., Figueroa, F., Barreras, A., Castro, I., ..., & Cazarez, C. (2024). Influence of feedlot living space on production variables, carcass and meat quality traits in Holstein steers. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 15(2), 393-403. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i2.6449>
- Shabtay, A., Shor-Shimoni, E., Orlov, A., Agmon, R., Trofimiyuk, O., Tal, O. & Cohen-Zinder, M. (2021). The Meat Quality Characteristics of Holstein Calves: The Story of Israeli ‘Dairy Beef’. *Foods*, 10(10), 2308. <https://doi.org/10.3390/foods10102308>
- Thirawong, P., Oluodo, L. A., Hnokaew, P., Buaphan, S., & Yammuen-Art, S. (2024). Growth performance, carcass traits, and meat quality of Wagyu crossbred with Kamphaengsaen, Brahman, and Thai Holstein Friesian cattle. *Veterinary Integrative Sciences*, 23(1), Article 027. <https://doi.org/10.12982/vis.2025.027>
- Torres J., K. González, and D. Acevedo (2015) Análisis del Perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos, *Revista Reciteia: Revisiones de la Ciencia, Tecnología e Ingeniería de los Alimentos*, 14, 2, 63- 75.

- Tsitsos, A., Dokou, S., Chatzimanou, T., Giannenas, I., Economou, V., & Arsenos, G. (2024). Improvement of the Meat Quality of Holstein Bulls Fed a Diet Enriched with Oregano Oil. *Animals*, 14(23), 3408. <https://doi.org/10.3390/ani14233408>
- Upmann, M., Stender, J., & Trilling, J. (2014). Quality management. Abattoirs and Processing Plants. In *Elsevier eBooks* (pp. 159-167). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384731-7.00230-0>
- Wandscheer, J. G. W., Turcatto, N., Deolindo, G. L., Signor, M. H., Fritzen, A., Vedovatto, M., ... & Da Silva, A. S. (2024). Combination of Essential Oils and Extracts Enriched with Tocopherols in Diet of Holstein Steers and Its Effect on Ruminal Fermentation, Antioxidant and Anti-Inflammatory Response, Feed Efficiency and Fatty Acid Profile in Meat. *Fermentation*, 10(12), 616. <https://doi.org/10.3390/fermentation10120616>
- Yüksel, S., & Karaçuhallılar, A. (2024). Slaughter and carcass characteristics, and meat quality in Holstein Friesian, Eastern Anatolian Red and crossbreed (F1) bulls fed at high altitude. *Journal of Central European Agriculture*, 25(4), 866-875. <https://doi.org/10.5513/jcea01/25.4.4349>
- Zhang, Y., Holman, B. W., Mao, Y., Chen, X., Luo, X., Hopkins, D. L., & Zhang, Y. (2020). Determination of a pH threshold for dark cutting beef based on visual evaluation by Asian consumers. *Meat Science*, 172, Article 108347. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108347>.

5. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DECISIÓN DE COMPRA DE CARNE DE RES EN MÉXICO

Resumen

La carne de res es un alimento importante en la dieta mexicana, resulta relevante tanto por su diversidad genética como por su importancia económica y cultural. La valoración económica es una herramienta que permite a partir de estudios empíricos construir la curva de demanda para nuevos productos o atributos específicos no estudiados. Los experimentos de elección discreta constituyen una herramienta metodológica adecuada para identificar y cuantificar las preferencias de los consumidores entre diferentes combinaciones de atributos, permitiendo capturar los factores que intervienen en la decisión de compra. El objetivo de este estudio fue evaluar los atributos que inciden en la preferencia de los consumidores de carne de res en México, así como la sensibilidad a variaciones en dichos atributos. Se diseñó una encuesta y se aplicó a 240 consumidores de carne de diversas regiones del país. A los participantes se les presentó ocho pares de tarjeta en las cuales debían seleccionar alguna de las opciones o ninguna. Los atributos evaluados incluyeron raza de origen, calidad del corte, tipo de sacrificio y precio. Los datos fueron analizados mediante un modelo logit condicional con el que se estimó la importancia de cada atributo y su influencia en la probabilidad de elección. Los resultados revelaron que la certificación TIF es el atributo de mayor peso positivo en la decisión de compra. También se observó una clara preferencia por carne de razas cárnicas frente a las lecheras, mientras que la calidad del corte mostró un efecto positivo, aunque de menor magnitud. Por su parte, el aumento en el precio tiende a disminuir de manera significativa la probabilidad de compra. Estos resultados aportan información para productores, comercializadores y responsables de políticas públicas, los cuales pueden mejorar la aceptación y posicionamiento de la carne de res en el mercado mexicano.

Palabras clave: valorización, consumidor, preferencias, atributos sensoriales.

Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria. Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Ricardo Rubio Rubio

Director de Tesis: Emmanuel Flores Girón, Dr.

FACTORS INFLUENCING THE PURCHASE DECISION OF MEAT IN MEXICO

Abstract

Meat is an important food in the Mexican diet. It is relevant both for its genetic diversity and its economic and cultural importance. Economic valuation is a tool that, based on empirical studies, allows for the construction of a demand curve for new products or specific attributes that have not been studied. Discrete choice experiments constitute a suitable methodological tool to identify and quantify consumer preferences among different combinations of attributes, making it possible to capture the factors involved in the purchasing decision. The objective of this study was, evaluate the attributes affecting beef consumer preferences in Mexico, as well as their sensitivity to variations in these attributes. A survey was designed and administered to 240 beef consumers from different regions of the country. Participants were presented with eight pairs of choice cards and asked to select one option or none. The evaluated attributes included breed of origin, cut quality, slaughter type, and price. Data were analyzed using a conditional logit model to estimate the importance of each attribute and its influence on the probability of choice. Results showed that TIF certification had the greatest positive weight in purchase decisions. A clear preference was also observed for beef from meat-oriented breeds compared to dairy breeds, while cut quality had a positive but smaller effect. In contrast, price increases significantly reduced purchase probability. These findings provide valuable information for producers, marketers, and policymakers seeking to improve the acceptance and positioning of beef in the Mexican market.

Keywords: valuation, consumer, preferences, sensory attributes.

5.1. Introducción

La carne, definida como la parte blanda comprendida entre hueso y piel, que incluye músculo y vísceras de mamíferos, anfibios, reptiles y aves, constituye un alimento fundamental en la dieta humana y podría provenir tanto de animales domésticos como salvajes (Latham, 2002). En los últimos años, el interés por la carne ha ido en aumento tanto por parte de los consumidores, quienes buscan productos con mayor valor nutricional y mejores atributos sensoriales, como por parte de los ganaderos, que aspiran a generar valor agregado mediante la mejora de la calidad de sus productos (Morales & Subiabre, 2022). Prueba de ello, en 2023, el consumo nacional de carne de res en México alcanzó las 2 millones 118 mil toneladas, con un consumo per cápita de 16.4 kilogramos, cifra que representa un aumento de 757 gramos respecto al año anterior (COMECARNE, 2024).

El sector ganadero mexicano es diverso, de acuerdo con registros, treinta razas bovinas son destinadas para uso cárnico, destacando razas como Angus, Hereford y Charoláis, así como la presencia de razas lecheras importantes como Holstein y Pardo Suiza Americana (SIAP, 2023). Particularmente, la carne proveniente de novillos Holstein ha sido relevante para satisfacer segmentos de mercado que las razas especializadas en carne no alcanzan a cubrir completamente (Burdine, 2004). Sin embargo, persiste la percepción de que la carne de razas lecheras es de menor calidad debido a su conformación y menor contenido graso, aun cuando factores extrínsecos como la alimentación y el manejo pueden contribuir significativamente a mejorar su calidad y aceptación en el mercado.

La evaluación de la calidad de la carne por parte de los consumidores es un proceso complejo que involucra distintos tipos de atributos. Tradicionalmente, estos se han clasificado en cualidades de búsqueda, experiencia y credibilidad (Darby, 1973). Los atributos de búsqueda, como el precio, pueden evaluarse antes de la compra; los atributos de experiencia, como el sabor, sólo se identifican tras el consumo; y los atributos de credibilidad, como el bienestar animal o el

origen, no pueden verificarse directamente ni antes ni después del consumo, lo que exige confiar en la información y certificaciones proporcionadas por los productores (Schulze, 2021b). Así, la credibilidad y la confianza en las señales extrínsecas, por ejemplo, certificaciones, origen, o prácticas sustentables desempeñan un papel central en la percepción y aceptación del producto cárnico (Grunert, 2004).

Frente a esta complejidad, los experimentos de elección discreta (EED) han surgido como una herramienta robusta para identificar y cuantificar los atributos que más influyen en la decisión de compra de los consumidores. En estos experimentos, se presentan a los participantes diferentes alternativas de productos, cada una definida por una combinación de atributos y niveles, permitiendo analizar cómo los consumidores valoran las modificaciones en las características del producto (Tudela & Leos, 2017). Este enfoque se basa en la teoría de la utilidad aleatoria (McFadden, 1973), que considera tanto los atributos observables del producto como las características del consumidor, modelando la decisión de compra como una función probabilística (Cerdeira, 2011).

$$U_{ij} = V_{ij}(Z_{ij}S_iM_j) + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

Donde: U_{ij} es la función de utilidad; V_{ij} es el componente determinístico de la función de utilidad indirecta para cada alternativa j del conjunto de elección; Z_{ij} son los atributos; S_i son las características socioeconómicas de los usuarios; M_j es el ingreso y ϵ_{ij} es el error.

Esta investigación tuvo como objetivo explorar, mediante el uso de experimentos de elección discreta, cuáles son los atributos más relevantes que determinan la percepción y aceptación de la carne por parte de los consumidores en México. Identificar estos factores resulta esencial tanto para los productores, que buscan diferenciarse y añadir valor a sus productos, como para los responsables de políticas públicas y estrategias de mercado, interesados en promover el consumo informado y responsable de carne en el país.

5.2. Materiales y métodos

5.2.1. Objeto de estudio

Se diseñó y aplicó una encuesta a 240 consumidores de carne por medio de la aplicación de Formularios de Google, los encuestados fueron seleccionados considerando aspectos como el ser consumidores de carne y su disposición en participar en el estudio. Se empleó la máxima varianza con una confiabilidad del 95% y un margen de error del 7 %. El muestreo fue no probabilístico. Los consumidores fueron contactados mediante diversos medios, redes sociales, WhatsApp, entre otras plataformas.

5.2.2. Diseño de la encuesta y elección de atributos

Siguiendo la metodología de Schulze (2021), se diseñó una encuesta a consumidores de carne, la encuesta fue dividida en 4 secciones: información básica, información sobre el experimento, tarjetas de elección y variables sociodemográficas.

La información básica describe al producto y le da al consumidor una idea de los conceptos básicos para que identifique la diferencia del producto analizado. En la segunda parte se explica al encuestado en qué consisten los escenarios hipotéticos en los que tendrá que efectuar su elección. Los atributos que forman estos escenarios son la clave del experimento de elección ya que su correcta identificación y fijación de sus niveles condiciona los resultados. La tercera parte consistió en las tarjetas de elección que constituyen la parte más importante del experimento de elección.

En la encuesta cada individuo responde a tarjetas de elección distintas. Las tarjetas recogen tres diferentes alternativas, opción A, opción B y no elegiría ninguna y cada alternativa está caracterizada por determinados niveles de actuación que implican distintos valores de cada uno de los atributos. Finalmente, la última parte de la encuesta está dedicada a las características sociodemográficas del encuestado. Se recoge información de variables

habituales tales como edad, lugar de residencia, nivel de estudios, ocupación laboral, género e ingreso.

El desarrollo de un experimento de elección discreta comienza con la identificación de los atributos clave a evaluar mediante revisión de literatura o una mesa de diálogo con expertos, a continuación, se designan los niveles de cada atributo puede asumir. Una vez determinados estos elementos, se selecciona el diseño estadístico más apropiado para garantizar la eficiencia y validez de las comparaciones entre alternativas. Con dicha base, se construyen los conjuntos de elección que combinarán las diferentes opciones de atributos y niveles, los cuales se incorporan en un cuestionario estructurado para su aplicación de la muestra de estudio. Finalmente, los datos recopilados se someten a un análisis econométrico mediante métodos de estimación para cuantificar las preferencias de los participantes y su disposición a pagar por cada característica.

Los atributos considerados en el experimento de elección discreta fueron la raza de origen, la calidad, el tipo de sacrificio y el precio. El atributo de raza de origen hace referencia a la finalidad productiva del animal: se evaluaron dos niveles, “Lechera” (razas seleccionadas principalmente por su capacidad de producción de leche, como Holstein o Jersey) y “Cárnica” (razas especializadas en rendimiento de carne, como Angus o Charoláis, por mencionar algunas representativas). El atributo calidad describe el marmoleo presente en el corte, definiéndose tres niveles: Select, con bajo marmoleo; Choice, Con marmoleo moderado; y Prime, con alto marmoleo. El atributo de tipo de sacrificio alude al sello sanitario y las condiciones de inspección: “Rastro TIF” indica mataderos certificados bajo la norma NOM-194-SGA/PAP-2004 de inspección federal, mientras que “Rastro TSS” corresponde a plantas con sistema estatal de supervisión sanitaria. Finalmente, el atributo precio representa los costos por kilogramo del corte, con tres niveles establecidos en pesos mexicanos: \$300, \$600, \$900, cubriendo rangos de mercado accesible intermedio y premium.

Cuadro 11. Atributos y niveles del experimento.

Variable	Niveles
Raza de origen	Lechera, cárnica
Calidad	Select, Choice, Prime
Tipo de sacrificio	Rastro TIF, rastro TSS
Precio	\$300, \$600, \$900

5.2.3. Diseño estadístico experimental

En los experimentos de elección discreta, resulta imprescindible aplicar métodos de diseño estadístico óptimo para estructurar las alternativas y combinaciones de niveles de los atributos de interés. En este caso se adoptó un diseño factorial fraccionado, que mediante un esquema de balance y ortogonalidad reduce el espacio de escenarios respecto al factorial completo, sacrificando la estimación de interacciones de orden superior para mantener la viabilidad del experimento.

Cuadro 12. Tarjetas del experimento de elección.

ID de tarjeta	Raza	Precio	Calidad	Sacrificio
1	Lechera	\$900	Select	TSS
2	Lechera	\$600	Choice	TIF
3	Cárnica	\$900	Choice	TSS
4	Lechera	\$300	Select	TSS
5	Cárnica	\$300	Choice	TSS
6	Cárnica	\$300	Select	TIF
7	Cárnica	\$300	Prime	TSS
8	Cárnica	\$600	Select	TIF
9	Cárnica	\$600	Prime	TSS
10	Lechera	\$300	Choice	TIF
11	Lechera	\$300	Prime	TIF
12	Cárnica	\$900	Prime	TIF
13	Lechera	\$300	Prime	TSS
14	Cárnica	\$300	Prime	TIF
15	Lechera	\$600	Prime	TSS
16	Lechera	\$900	Prime	TIF

La generación del diseño y la selección de las 16 configuraciones resultantes se llevó a cabo con apoyo del software IBMSPSS Statiscs, configurando los perfiles de producto según los atributos definidos.

Las 16 tarjetas se agruparon en pares para conformar ocho conjuntos de elección, y se añadió explícitamente la alternativa de “No comprar” para reflejar la posibilidad de abstención del consumidor.

5.2.4. Análisis estadístico

El modelo econométrico aplicado en este experimento fue el logit condicional. La variable dependiente corresponde a la elección del participante entre las presentaciones disponibles (Opción A, Opción B, Ninguna), mientras que las variables explicativas son los diferentes niveles de los atributos considerados (raza de origen, calidad, tipo de sacrificio y precio). Esta especificación permite capturar de manera directa cómo cada característica del producto influye en la decisión de compra. Para analizar el posible efecto de las características sociodemográficas (edad, lugar de residencia, nivel de estudios, ocupación laboral, género e ingreso), estas variables se incorporaron al modelo únicamente a través de interacciones con los atributos del producto. De esta manera, es posible evaluar si la influencia de cada atributo varía en función del perfil sociodemográfico de los consumidores, aunque el modelo no estima efectos directos de las variables individuales.



Figura 8. Ejemplo de tarjetas.

5.3. Resultados y discusión

5.3.1. Características sociodemográficas

Las características sociodemográficas de los participantes ($n = 240$) se muestran en el Cuadro 13. Los datos de los participantes fueron divididos en dos campos sociales de acuerdo con el lugar de residencia. La región Norte incluyó a estados de la república mexicana como Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila de Zaragoza, Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit y Jalisco. Dentro de los estados del Sur se encuentran Chiapas, Colima, Ciudad de México, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Querétaro, Oaxaca, Tlaxcala, Puebla, Veracruz y Yucatán.

Un 56.2 % de ellos proviene de la zona sur y el 43.8 % de la zona norte. En cuanto a la ocupación, el 50% de los participantes se identificó como estudiante; un 19.2 % trabaja como empleado; el 10.4 % labora en el servicio público; el 10.0 % es trabajador independiente; el 5.8 % se dedica a actividades agropecuarias; el 2.9 % realiza labores del hogar; y apenas el 1.7 % está jubilado.

Respecto al género, el 61.3 % de la muestra fueron hombres y el 38.8 % mujeres. Esta distribución cobra relevancia al considerar que, según la literatura, los hombres tienden a ser menos sensibles a los cambios de calidad en la carne, aceptando filetes con menor calidad visible con descuentos menores en comparación con las mujeres, en un estudio realizado en EUA, los hombres mostraron una mayor tolerancia a una calidad percibida como inferior, aceptando pagar más por productos con menor frescura, mientras que las mujeres requirieron un mayor descuento para aceptar las mismas condiciones (Thies et al., 2024). Esta diferencia sugiere que una muestra con predominio de un género puede influir en la valoración y preferencia de compra de la carne evaluada.

Cuadro 13. Características sociodemográficas de los participantes.

Variable	Categoría	Campo social	
		Norte (%)	Sur (%)
Género	Mujer	36.2	40.7
	Hombre	63.8	59.3
Edad	18-25	85.7	75.6
	25-34	7.6	15.6
	35-49	2.9	4.4
	>50	1	2.2
Escolaridad	Básica	2.9	1.5
	Media superior	23.8	19.3
	Superior	61.9	65.9
	Posgrado	11.4	12.6
	Sin estudios	0	0.7
Ocupación	Estudiante	60	42.2
	Servidor publico	9.5	11.1
	Independiente	7.6	11.9
	Trabajo del hogar	2.9	3
	Empleado	10.5	25.9
	Campesino	6.7	5.2
	Jubilado	2.9	0.7
Ingreso mensual	\$0 - \$2500	49.5	27.4
	\$2500 - \$7500	11.4	31.1
	\$7500 - \$12500	18.1	26.7
	\$12500 - \$20000	21	14.8

En términos de edad, el 80.0 % tenía hasta 25 años; el 12.1 % se ubicaba entre 26 y 35 años; el 3.8 % entre 36 y 45 años; el 1.7 % entre 46 y 55 años; y el 2.5 % tenía más de 55 años.

Con respecto al ingreso mensual, el 37.1 % de los participantes percibía hasta \$2 500; el 22.5 % entre \$2 501 y \$7 500; el 22.9 % entre \$7 501 y \$12 500; mientras que el 17.5 % reportó ingresos superiores a \$12 500.

Finalmente, en cuanto al nivel educativo predominó el título universitario, con un 64.2 % de la muestra; le siguieron estudios de posgrado (12.1 %), nivel medio

superior (21.2 %), nivel básico (2.1 %) y, por último, un 0.4 % sin estudios formales.

La distribución sociodemográfica de los participantes revela una muestra joven, con alto nivel educativo y una presencia significativa de estudiantes, S. Huang y Uehara (2023) buscaban una población con una mayor exposición a nuevas tendencias de consumo, una familiaridad con herramientas digitales y un posible interés por atributos diferenciadores de los productos, influyendo en la forma en que valoran aspectos como la calidad, el bienestar animal o la certificación en la carne evaluada.

Hay una representación equilibrada entre región norte y sur del país. El género masculino es ligeramente superior pero no dominante, así como la concentración de ingresos bajos y medios. Los datos obtenidos reflejan percepciones de consumidores jóvenes y con alta escolaridad.

5.3.2. Análisis econométrico

El modelo presenta un ajuste global sólido y estadísticamente significativo: la prueba de razón de verosimilitud ($LR \chi^2 = 237.70$, $p < 0.001$) indica que las variables incluidas mejoran de manera notable la capacidad predictiva frente a un modelo sin atributos. El Pseudo R^2 , de aproximadamente 0.09, señala que cerca del 9 % de la variación en las decisiones de los panelistas se explica por los atributos considerados, un nivel de explicación habitual en estudios de elección discreta donde entran en juego factores personales y contextuales no capturados. Schulze et al. (2021) reportaron un McFadden R -squared = 0.52 al analizar preferencias por carne molida de vacas de doble propósito. Demostrando que, aunque no sea un valor alto en regresión lineal se puede considerar como un indicador válido de ajuste en experimentos de elección discreta, pues refleja la mejora de la verosimilitud al incorporar atributos del producto. Cabe destacar que se excluyeron 52 grupos (104 observaciones) porque sus participantes eligieron siempre la misma opción, lo cual es condición inherente al método condicional y no afecta a la validez de los resultados. En

conjunto, estos indicadores confirman que el modelo es adecuado para identificar tendencias en la preferencia de atributos.

Los consumidores evalúan múltiples atributos al seleccionar productos cárnicos, siendo la raza, la certificación de calidad, los estándares de sacrificio y el precio factores determinantes en su decisión de compra. Aunque estudios previos han analizado estos atributos de forma aislada, pocos han cuantificado su impacto relativo en contextos de elección discreta.

Los resultados del experimento de elección (Cuadro 4) mostraron que la certificación TIF (rastros tipo inspección federal) es el atributo con mayor influencia en la utilidad del consumidor, lo que indica que los encuestados valoran especialmente las garantías asociadas a estándares de bienestar animal y trazabilidad en el proceso de sacrificio, lo cual, coincide con los hallazgos de Lauterbach et al. (2023), quienes mediante experimentos de elección discreta en Alemania demostraron que la información sobre la realización del sacrificio en la propia granja, es decir, la ausencia de transporte vivo, incrementa de manera significativa la utilidad y elección por parte de los consumidores. En su estudio, este atributo superó en importancia incluso a la producción orgánica y a otros distintivos de calidad, reflejando una tendencia creciente del mercado por productos cárnicos que aseguren condiciones éticas y de bienestar animal en todas las etapas de la cadena productiva. De esta manera, tanto la certificación TIF en el contexto mexicano como las prácticas de sacrificio en origen en Europa se posicionan como elementos clave para la diferenciación y preferencia del consumidor en la compra de carne vacuna. En este estudio, el coeficiente para TIF (0.802) superó en magnitud a otros atributos, lo que sugiere que los consumidores priorizan estándares éticos y de seguridad.

En concordancia con estos resultados, investigaciones previas han reportado tendencias a pagar más, para productos certificados, donde las etiquetas de certificación específicas resultaron ser mejores opciones que la simple afirmación de que el producto estaba o no certificado (Cantillo et al., 2020). Asimismo, todas las declaraciones y etiquetas relacionadas con la sostenibilidad, la información

nutricional, de salud y seguridad ofrecieron ventajas económicas que los consumidores estaban dispuestos a pagar, aunque la magnitud de esta preferencia varía según el tipo de etiqueta, el país y la especie evaluada. Esto es congruente con lo encontrado por Thies et al. (2024) en peces de aleta, donde, si bien la certificación y las garantías asociadas pueden ser relevantes en ciertos contextos, las afirmaciones de la etiqueta, como la sostenibilidad o el bienestar animal, fueron las menos importantes para la muestra total. Estos contrastes confirman que la valoración de los atributos de calidad y certificación no es uniforme, sino que responde a factores como la naturaleza del producto, el contexto cultural y las percepciones específicas del consumidor hacia cada especie o sistema productivo.

La raza cárnica también mostró un efecto positivo y significativo (coeficiente: 0.657), respaldando la evidencia de Schulze et al. (2021) quienes encontraron en su estudio que los consumidores otorgan una mayor preferencia a carnes provenientes de razas doble propósito o especializadas, atribuyéndoles un mayor valor que a las de uso exclusivo para leche o de origen no especificado; además, concluyeron que el atributo “raza” es uno de los determinantes principales en la decisión de compra, solo superado por el sistema de producción y bienestar animal sin embargo, Schwickert (2023) encontró una tendencia positiva por sellos de bienestar animal, especialmente en productos cárnicos frescos y en niveles de certificación más altos, lo que refleja que los consumidores valoran sistemas de producción que garanticen mejores condiciones para los animales. Este hallazgo es particularmente relevante al considerar que ciertos sistemas orientados a razas cárnicas incluyen prácticas como períodos de pastoreo y permanencia del becerro con la madre, percibidas como indicadores de bienestar animal, mientras que los sistemas de producción de razas lecheras, mayormente estabulados, podrían asociarse con una menor percepción de bienestar.

Dudinskaya et al. (2021) reportaron en un estudio aplicado en siete países europeos que tanto el origen como los atributos vinculados al tipo de animal y los sistemas de producción diferenciados son altamente valorados y pueden influir

en la disposición a elegir carnes de mayor calidad percibida, reforzando la idea de que los consumidores asocian razas específicas con cualidades superiores y atributos intrínsecos de calidad. Este resultado refuerza la hipótesis de que los consumidores asocian razas específicas con mayor calidad intrínseca.

Por otro lado, la calidad de la carne presentó un coeficiente positivo (0.171), aunque de menor magnitud. Este hallazgo es similar a lo reportado por Kolber y Meixner (2023), quienes observaron que factores intrínsecos como el tipo de proteína y la calidad percibida (incluyendo el marmoleo y la textura) mejoran la valoración del producto por parte de los consumidores, aunque su importancia varía dependiendo de las características y preferencias de cada segmento de mercado. Asimismo, los autores señalan que, si bien los consumidores tienden a valorar positivamente la información sobre atributos de calidad, el impacto de estos puede verse limitado frente a otros atributos como el precio o el origen, lo que explica que su efecto, si bien significativo, no sea necesariamente el principal determinante en la decisión de compra. De forma similar, Groot (2020) identificó que la apariencia, frescura y otros indicadores sensoriales son percibidos como señales directas de calidad, siendo determinantes en la decisión de compra, pero no necesariamente el factor principal cuando compiten con atributos más visibles o de mayor impacto económico.

El atributo precio reflejó una relación negativa (-0.0021) en la elección de los consumidores, un coeficiente negativo y significativo para el precio se alinea con la teoría de la utilidad pues al aumentar el precio afecta negativamente el bienestar del participante y, por lo tanto, las preferencias (Thies et al., 2024). Resultado que es similar con lo reportado por Kilders y Caputo (2024) en su análisis de demanda de carne bovina, se observó que, cuando los productos cuentan con atributos diferenciados como certificaciones de sostenibilidad o bienestar animal, el aumento en el precio tiende a disminuir de manera significativa la probabilidad de compra. Si bien los consumidores expresan preferencias claras por ciertos atributos de valor agregado, la sensibilidad al precio permanece como un elemento determinante y puede restringir la

aceptación de productos premium en el mercado. Estos hallazgos coinciden en que la viabilidad comercial de carnes con atributos especiales depende no solo de sus características intrínsecas, sino también de que el precio se mantenga dentro de un rango aceptable para la mayoría de los consumidores.

En cuanto a las preferencias de los consumidores mexicanos hacia productos cárnicos con atributos diferenciados, estudios como el de Jaramillo et al. (2017) en Puebla revela que más del 70% de los consumidores están dispuestos a pagar un sobreprecio por carne inocua y orgánica, asociando esta disposición a factores como edad, escolaridad e ingreso. Esto coincide con los hallazgos de León (2015), quien señala que, aunque el nivel socioeconómico no determina estrictamente el consumo, sí influye en la valoración de atributos como calidad e inocuidad, especialmente en grupos con mayor conocimiento. Por otro lado, (Pablo et al., 2024) destaca una tendencia similar en bebidas destiladas, donde los consumidores priorizan certificaciones de origen y procesos sostenibles, lo que sugiere una preocupación transversal por la raza de origen y tipo de sacrificio.

En productos tradicionales, como la carne de guajolote (Villalobos, 2021) y la carne de cerdo libre de antibióticos (Hernández et al., 2023), se observa una mayor disposición a pagar (DAP) cuando se vinculan a prácticas ancestrales o atributos de salud. Por ejemplo, la DAP por carne de guajolote orgánico supera el 55% del precio convencional, mientras que, en el caso del cerdo, la ausencia de antibióticos es el atributo más valorado. Estos resultados reflejan una preferencia creciente por alimentos percibidos como más saludables y auténticos. En conjunto, las investigaciones muestran que, aunque el precio sigue siendo un factor relevante, los consumidores mexicanos priorizan cada vez más atributos extrínsecos como el tipo de sacrificio, la raza de origen e intrínsecos como la calidad.

Cuadro 14. Resultados de las estimaciones econométricas.

Variable	Coeficiente	Error estándar	z	p-valor	Intervalo de confianza 95%
Raza cárnica	0.657	0.069	9.50	0.000	[0.521, 0.793]
TIF	0.802	0.102	7.84	0.000	[0.602, 1.003]
Calidad de carne	0.171	0.069	2.47	0.013	[0.035, 0.307]
Precio	-0.00212	0.000216	-9.82	0.000	[-0.00254, -0.00170]

Estadísticos de bondad de ajuste del modelo

Número de observaciones: 3,736

LR χ^2 (4): 237.70

Valor p (χ^2): 0.0000

Pseudo R² (McFadden): 0.0918

Log verosimilitud: -1175.95

5.4. Conclusiones

Los resultados evidencian que la decisión de compra de carne de res entre los consumidores mexicanos está fuertemente influenciada por atributos asociados tanto a la confianza en el proceso productivo como a la percepción de calidad. El análisis de elección discreta demostró que la certificación TIF se posiciona como el factor más determinante, reflejando la relevancia que otorgan los consumidores a la trazabilidad, la inspección federal y las garantías de bienestar animal. Asimismo, la preferencia por carne proveniente de razas cárnicas frente a razas lecheras refuerza la percepción de que la especialización genética se asocia a una mayor calidad del producto y un mayor bienestar animal en su producción. Si bien la calidad del corte también incide positivamente en la elección, su impacto relativo es menor, y el precio se confirma como un elemento clave que limita la aceptación de productos premium, al disminuir la probabilidad de compra conforme aumenta. Estos resultados aportan evidencia útil para orientar tanto las estrategias de diferenciación de los productores como el diseño de políticas que fomenten un consumo informado y responsable. En conjunto, el estudio permite concluir que la certificación sanitaria de sacrificio y la selección de razas adecuadas, constituyen las vías más efectivas para incrementar la aceptación y preferencia de la carne de res en el mercado mexicano.

5.5. Literatura citada

- Burdine, K. H., Meyer, A. L. & Maynard, L. J. (2004). Understanding the market for Holstein steers [Conference presentation]. Annual Meeting, Denver, CO, United States. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.31978>
- Cantillo, J., Martín, J. C., & Román, C. (2020). Discrete choice experiments in the analysis of consumers' preferences for finfish products: A systematic literature review. *Food Quality and Preference*, 84, Article 103952. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103952>
- Cerda, C. (2011). Una aplicación de experimentos de elección para identificar preferencias locales por opciones de conservación y desarrollo en el extremo sur de Chile. *Bosque*, 32(3), 297-307. <https://doi.org/10.4067/s0717-92002011000300011>
- Consejo Mexicano de la Carne (COMECARNE), (2024). Compendio Estadístico. Consejo Mexicano de la Carne A. C.
- Darby, M. R., & Karni, E. (1973). *Free competition and the optimal amount of fraud*. University of Chicago.
- Dudinskaya, E. C., Naspetti, S., Arsenos, G., Caramelle-Holtz, E., Latvala, T., Martin-Collado, ... & Zanolli, R. (2021). European Consumers' Willingness to Pay for Red Meat Labelling Attributes. *Animals*, 11(2), 556. <https://doi.org/10.3390/ani11020556>
- Groot, E. (2020). Segmentos de preferências na aquisição da carne bovina. *Revista de Economia E Sociologia Rural*, 59(2), Article e213487. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.213487>
- Grunert, K. G., Bredahl, L., & Brunsø, K. (2004). Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector: A review. *Meat Science*, 66(2), 259–272. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00130-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00130-X).
- Hernández, M. S., Guerrero, E. M., Alcalá, R. V., Núñez, M. V., Ortiz, H., & Damián, Á. M. (2023). Análisis de la disponibilidad a pagar por carne de cerdo libre de antibióticos, un enfoque de Experimentos de Elección.

- Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 14(3), 658-671.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i3.6062>
- Huang, S., & Uehara, T. (2023). Young consumers' perceptions of and preferences for alternative meats: an empirical study in Japan and China. *Frontiers In Sustainable Food Systems*, 7, Article 1290131.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1290131>
- Jaramillo, L. J., López, S. V., & Juárez, A. R. (2017). Valoración contingente y disponibilidad a pagar por atributos intangibles en carne de bovino. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(1), 14-31.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4376>
- Kilders, V., & Caputo, V. (2023). A reference-price-informed experiment to assess consumer demand for beef with a reduced carbon footprint. *American Journal of Agricultural Economics*, 106(1), 3-20.
<https://doi.org/10.1111/ajae.12432>
- Kolber, A., & Meixner, O. (2023). Effects of Multi-Level Eco-Labels on the Product Evaluation of Meat and Meat Alternatives: A Discrete Choice Experiment. *Foods*, 12(15), 2941. <https://doi.org/10.3390/foods12152941>
- Latham, M. C. (2002). *Nutrición humana en el mundo en desarrollo* (Colección FAO: Alimentación y nutrición N.º 29). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Lauterbach, J., Bruns, A. J., & Häring, A. M. (2023). Exploring Consumer Preference towards the On-Farm Slaughtering of Beef in Germany: A Discrete Choice Experiment. *Foods*, 12(18), 3473.
<https://doi.org/10.3390/foods12183473>
- León, K. (2015). *Atributos de calidad considerados por el consumidor al adquirir la carne de res en la región de Texcoco, México*. [Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo]
- McFadden D. (1973). Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour. In P. Zarembka (Ed.) *Frontiers in Econometric* (pp. 105-142). Academic Press.

- Pablo, M., Espejel, A., Hernández, A., & Hernández, L. (2024). Disposición a pagar de los consumidores por atributos de sostenibilidad, origen y proceso de producción de raicilla. *Sustainability*, 16(19), 8633. <https://doi.org/10.3390/su16198633>
- Schulze, M., Spiller, A., & Risius, A. (2021b). Do consumers prefer pasture-raised dual-purpose cattle when considering meat products? A hypothetical discrete choice experiment for the case of minced beef. *Meat Science*, 177, 108494. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108494>
- Schwickert, H. (2023). Paying for animal welfare labelling no matter what? A discrete choice experiment. *European Review of Agricultural Economics*, 50(5), 1754-1795. <https://doi.org/10.1093/erae/jbad027>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). *Ganadería bovina y sus derivados*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/ganaderia-bovina-y-sus-derivados>
- Morales, R. & Subiabre, I. (2022). *Incremento de la grasa infiltrada en carne bovina producida en pastoreo para satisfacer la demanda de carne de alto valor nutricional y calidad sensorial* (Boletín N.º 469). Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Thies, A. J., Altmann, B. A., Countryman, A. M., Smith, C., & Nair, M. N. (2024). Consumer willingness to pay (WTP) for beef based on color and price discounts. *Meat Science*, 217, Article 109597. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109597>
- Tudela, M. & Leos, R. (2017). *Herramientas metodológicas para aplicaciones del experimento de elección*. Facultad de Ingeniería Económica. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM).
- Villalobos, L. D. (2021). *Disposición a consumir carne de guajolote en la región de Texcoco, México*. [Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo].

6. CONCLUSIONES GENERALES

La carne de novillos Holstein producida en sistemas de engorda estabulados representa una alternativa con potencial para consolidarse en el mercado nacional como un producto de calidad, competitivo y con características diferenciadas. El presente estudio permitió comprender de manera integral el comportamiento productivo, las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales de esta carne, así como factores que influyen en la decisión de compra de carne por parte de los consumidores. La integración de metodologías productivas, analíticas y de preferencia del consumidor ofreció una visión completa del valor de la carne Holstein, al conjuntar la evidencia técnica con la percepción del mercado, lo que contribuye a su valorización dentro del contexto de la ganadería mexicana.

Los resultados demostraron que los novillos Holstein, bajo un sistema estabulado, alcanzan un crecimiento eficiente y rendimientos de canal que se sitúan dentro de los rangos para sistemas intensivos. La combinación de una alimentación balanceada y el manejo adecuado del bienestar animal permitió obtener canales de buena conformación y características competitivas. De esta manera, el estudio confirma la viabilidad del aprovechamiento cárnico de una raza tradicionalmente destinada a la producción lechera, lo que abre nuevas oportunidades de diversificación para el sector pecuario.

Desde el punto de vista de la calidad, la carne Holstein mostró parámetros tecnológicos y sensoriales acordes con los estándares comerciales, destacando una adecuada terneza, buena capacidad de retención de agua y un color atractivo para el consumidor. El perfil lipídico evidenció una proporción favorable de ácidos grasos monoinsaturados, particularmente ácido oleico, lo que otorga ventajas nutricionales y refuerza su valor como alimento saludable.

Estos resultados desmienten la percepción histórica de inferioridad asociada a la carne de razas lecheras y confirman su potencial para satisfacer las exigencias del consumidor contemporáneo, que busca productos de calidad, seguros y con respaldo técnico.

El análisis del comportamiento del consumidor reveló que la decisión de compra se sustenta principalmente en atributos de confianza, como la certificación TIF, la raza de origen y la calidad del corte, mientras que el precio se mantiene como un factor limitante. La importancia que los consumidores otorgan a las garantías sanitarias y a la trazabilidad evidencia una tendencia hacia un consumo más informado y responsable, donde la transparencia en el proceso productivo y la diferenciación mediante certificaciones juegan un papel fundamental en la valorización del producto.

En conjunto, este estudio aporta información científica y aplicada que permite comprender la carne Holstein como un producto con identidad propia, respaldado por su desempeño productivo, sus características de calidad y su aceptación en el mercado. La integración de enfoques productivos, tecnológicos, sensoriales y económicos resalta la necesidad de abordar la cadena cárnica desde una perspectiva multidimensional, en la que converjan la eficiencia productiva, la sostenibilidad y la percepción del consumidor. De esta forma, la carne de novillo Holstein se perfila como una opción viable para fortalecer la competitividad de la ganadería nacional, promover la diversificación de los sistemas estabulados y contribuir a una producción más sustentable y orientada a las nuevas demandas del mercado.

7. ANEXOS

ANEXO 2. ENCUESTA DE VALORACIÓN ECONÓMICA (EXPERIMENTOS DE ELECCIÓN)

CARNE HOLSTEIN

¡Únete, con tu apoyo, valoricemos la carne!

La presente encuesta es con fines de estudio de investigación para evaluar calidad en Holstein.

Universidad Autónoma Chapingo

¿Sabías acerca de esto?

La calidad de la carne está estrechamente ligada a **la raza** del ganado, ya que cada una aporta características específicas que satisfacen las demandas del mercado. A lo largo del tiempo, los ganaderos han criado diferentes razas con propósitos específicos, influyendo en aspectos como sabor, ternura, marmoleo y textura de la carne.

Por otro lado, **el sacrificio** en la producción de carne es esencial para garantizar la calidad y seguridad alimentaria. Además de ser necesario, asegura el bienestar animal, la higiene y el cumplimiento normativo, siendo un factor crucial para la reputación de la industria cárnica. La diferencia entre el sacrificio en rastro **TIF** (Tipo Inspección Federal) y **TSS** (Tipo Inspección de Sanidad en Sitio) radica en los estándares de inspección sanitaria, siendo los rastros TIF los que ofrecen una mayor garantía de calidad y seguridad sanitaria en los productos cárnicos.

Los grados de marmoleo, Selecto, Choice y Prime, clasifican la carne de res según su contenido de grasa intramuscular, afectando su textura y sabor.

El Selecto presenta menos grasa, resultando en una carne firme pero jugosa.

El Choice tiene más grasa, ofreciendo una carne más tierna y sabrosa.

El Prime con la mayor infiltración de grasa, proporciona una carne extremadamente tierna, jugosa y con un sabor excepcional. Estos grados influyen en la experiencia gastronómica y en la percepción de calidad por parte del consumidor.

De las dos alternativas de carne que se le presentan a continuación, selecciona la opción que estaría dispuesto a comprar para una comida, cena informal o regalo para amigos, considerando las **características de la etiqueta**:

1

*



Selecciona la respuesta



A

B

Ninguna

2

*



Selecciona la respuesta



A

B

Ninguna

3



Selecciona la respuesta



A

B

Ninguna

4



Selecciona la respuesta



A

B

Ninguna

5



Selecciona la respuesta



A

B

Ninguna

6



A



✓ A

B

Ninguna

7

*



Selecciona la respuesta



A

B

Ninguna

8

*



Selecciona la respuesta



A

B

Ninguna

Datos sociodemográficos

Por último, nos podría apoyar respondiendo lo siguiente, para completar la encuesta.

9

EDAD *

Selecciona la respuesta

- 18 años - 29 años
- 30 años - 39 años
- 40 años - 49 años
- 50 años - 59 años
- 60 años y mas

10

Estado de procedencia *

Selecciona la respuesta

- Aguascalientes
- Baja California
- Baja California Sur
- Campeche
- Chiapas
- Chihuahua
- Ciudad de Mexico
- Coahuila de Zaragoza

11

Género *

Selecciona la respuesta



HOMBRE

MUJER

12

Ocupación *

Selecciona la respuesta



Campesino /Agricultor

Trabaja por su cuenta

Empleado de gobierno

Labores del hogar

Empleado (no de gobierno)

Jubilado

Estudiante

13

Ingreso mensual: *

Selecciona la respuesta



Menos de \$ 5,000

\$ 5,000 a \$10,000

\$10,000 a \$ 15,000

más \$ 20,000

14

Escolaridad *

Selecciona la respuesta



Sin escolaridad

Básica

Media superior

Superior

Posgrado