AGENDA PROSPECTIVA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA LA CADENA PRODUCTIVA CÁRNICA-BOVINA EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

William Alejandro Orjuela Garzón
María Alejandra Reyes Parga
Angélica Piedad Sandoval

Orjuela Garzón, William Alejandro
Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva cárnica - bovina en el Departamento del Tolima / William Alejandro Orjuela Garzón, Angélica Piedad Sandoval Aldana, María Alejandra Reyes Parga -- ª. ed. -- Gobernación del Tolima, Universidad del Tolima, 2020.
178 p. : il., tablas, gráficas
Contenido: Caracterización de la cadena productiva cárnica-bovina a nivel nacional e internacional -- Estructura de la cadena productiva cárnica-bovina en el Departamento del Tolima -- Vigilancia tecnológica -- Análisis de brechas – Plan prospectivo de carácter tecnológico con escenarios definidos en el mediano y largo plazo para la cadena cárnica-bovina -- Conclusiones.
ISBN: 978-958-5151-23-9

1. Ganado de carne - Tolima 2. Ganado bovino - Tolima 3. Producción de carne I. Título II. Sandoval Aldana, Angélica Piedad III. Reyes Parga, María Alejandra

636.213
A265

© William Alejandro Orjuela Garzón, María Alejandra Reyes Parga y Angélica Piedad Sandoval.
© Sello Editorial Universidad del Tolima, 2020

Primera edición, 400 ejemplares.
ISBN: 978-958-5151-23-9
ISBN versión digital: 978-958-5151-26-0
Número de páginas: 178 p.
Ibagué-Tolima

Universidad del Tolima
Gobernación del Tolima
Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías.
Proyecto “Desarrollo de ventajas competitivas mediante actividades de I+D+i en ocho cadenas del sector agropecuario en el departamento del Tolima”.

waorjuelag@ut.edu.co
publicaciones@ut.edu.co

Diseño, diagramación e impresión: Colors Editores S.A.S. ®

Todos los derechos reservados. Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio, sin permiso expreso del autor.

GOBERNACIÓN DEL TOLIMA UNIVERSIDAD DEL TOLIMA

AGENDA PROSPECTIVA

DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA LA CADENA PRODUCTIVA CÁRNICA-BOVINA EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

2020

UNIVERSIDAD DEL TOLIMA

Rector
Omar Mejía Patiño

Decano Facultad de Ingeniería Agronómica
Jairo García Lozano

Director Oficina de Investigaciones y Desarrollo Científico
Jonh Jairo Méndez Arteaga

Directora del proyecto
Angélica Piedad Sandoval Aldana

GOBERNACIÓN DEL TOLIMA

Gobernador
Ricardo Orozco Valero

Secretario de Planeación y TIC
Juan Pablo García Poveda

Secretario de Desarrollo Agropecuario y Producción Alimentaria
Diego Arbey Matiz Garzón

Supervisores del convenio
Juan Manuel Rojas Rojas
Simón Harrison Bustos Torres

EXPERTOS PARTICIPANTES TALLERES PROSPECTIVOS

Roberto Piñeros
Magíster en Ciencias Pecuarias - Docente - Universidad del Tolima

Heissa Ibette Bernal
Magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en Producción Animal Tropical - Docente - Universidad del Tolima

Jorge Iván Santos
Médico veterinario zootecnista - Profesional Técnico Regional - Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan

Jaime Antonio Cardozo
PhD. en Biología y Bioquímica Celular y Molecular - Investigador PhD Asociado - Agrosavia

Juan Sebastián Arroyo
Médico veterinario zootecnista - Profesional Técnico Regional - Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan

Lilian Bonilla
Magíster en Ciencias Pecuarias - Docente - Universidad Cooperativa de Colombia

Danilo Bonilla
Magíster en Ciencias Pecuarias - Docente - Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Pedro Camargo
Administrador de empresas - Asesor - Nutresa

Román David Castañeda
PhD. en Zootecnia - Docente - Universidad del Tolima

Carlos Gustavo Silva
Administrador agropecuario - Gerente - Comité de Ganaderos del Tolima

Andrés Mejía
Magíster en Reproducción Animal - Decano Facultad de Medicina Veterinaria - Universidad Cooperativa de Colombia

Jairo Feria Olivares
Ingeniero civil y ganadero - Presidente - Comité de Ganaderos de Valle de San Juan

Jesús Hemberg Duarte
Magíster en Producción Animal (Ovinos y Caprinos) - Docente - Universidad del Tolima

Jorge Luis Guzmán
Tecnólogo en procesamiento de alimentos - Gerente - George's Meat and Health

Sergio Quebrada
Médico veterinario zootecnista - Auxiliar de investigación - Universidad del Tolima

Mayda Fernanda Lozano
Médico veterinario zootecnista - Auxiliar de investigación - Universidad del Tolima

Mario Vanegas
Ingeniero mecánico y ganadero - Presidente - Comité de Ganaderos de Ibagué

Manuel Barreto
Empresario - Gerente - Carnes La Sanjuanerita

Alberto Ballares
Ingeniero - Jefe de planta - Salsamentaria Tovar

Fernando Barragán
Ingeniero - Coordinador sección carnes - Mercacentro

Indira Isis García
Médico veterinario zootecnista - Docente - Universidad del Tolima

Luis Daniel Daza
Magíster en Ciencia de los Alimentos - Docente - Universidad del Tolima

Néstor Jaime Romero
Magíster en Desarrollo Rural - Docente - Universidad del Tolima

Rodrigo Serrano
Magíster en Ciencias Agrarias - Docente - Universidad del Tolima

Simón Harrison Bustos
Ingeniero forestal - Profesional de planta - Gobernación del Tolima

Juan Manuel Rojas
Especialista en Gestión Empresarial - Director de Competitividad e Innovación - Gobernación del Tolima

José Luis Arango
Médico veterinario zootecnista - Profesional Universitario - Gobernación del Tolima

Mario Fernando Hernández
Ingeniero agrónomo - Miembro Junta Directiva - Carlima

Andrés Galindez
Ingeniero agroindustrial - Contratista - Universidad del Tolima

Alfonso Cubillos
Ingeniero mecánico y ganadero - Planta de beneficio de Icononzo

Yeraldín Vásquez
Empresaria - Subgerente - George's Meat and Health

Javier Montoya
Ingeniero - Carnes La Sanjuanerita

Vladimir Tovar
Ganadero

ASESORES CONSULTORES DE LA CADENA

Henry Cárdenas
Magíster en Ciencia y Tecnología Agroindustrial - Universidad del Tolima

Teresa Santofimio
Directora Ejecutiva - Centro de Productividad del Tolima

Víctor Rubiano
Magíster en Pensamiento Estratégico y Prospectiva - Consultor - Centro de Productividad del Tolima

Jorge Andrés Barrero
Administrador agropecuario - Vigía tecnológico - Centro de Productividad del Tolima

Camila Andrea Parra
Magíster en Gestión de la Innovación Empresarial - Consultora - Centro de Productividad del Tolima

Bibiana Rojas
Especialista en Mercadeo - Coordinadora de proyectos - Centro de Productividad del Tolima

>>CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS 16
PRESENTACIÓN 18
INTRODUCCIÓN 20

1 CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA CÁRNICA-BOVINA A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL 23

1.1 ÁMBITO INTERNACIONAL 23
1.1.1 PRINCIPALES PRODUCTORES DE CARNE BOVINA A NIVEL MUNDIAL 23
1.1.2 CONSUMO MUNDIAL 24
1.1.3 TENDENCIAS DE CONSUMO MUNDIAL 25
1.1.4 PRINCIPALES PAÍSES IMPORTADORES DE CARNE BOVINA A NIVEL MUNDIAL 27
1.1.5 PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE CARNE BOVINA A NIVEL MUNDIAL 29
1.1.6 EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS A NIVEL MUNDIAL 31
1.1.7 PRODUCTOS CON VALOR AGREGADO 33

1.2 ÁMBITO NACIONAL 36
1.2.1 PRODUCCIÓN NACIONAL DE CARNE BOVINA 36
1.2.2 PRODUCCIÓN DEPARTAMENTAL DE CARNE BOVINA 38
1.2.3 PRINCIPALES SOCIOS EXPORTADORES DE CARNE BOVINA PARA COLOMBIA SEGÚN PARTIDAS 40
1.2.4 CONSUMO NACIONAL 43
1.2.5 TENDENCIAS DE CONSUMO NACIONAL 44
1.2.6 EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE CARNE BOVINA EN LOS MERCADOS MÁS IMPORTANTES PARA COLOMBIA 45
1.2.7 EMPRESAS EXPORTADORAS DE CARNE BOVINA PARA COLOMBIA SEGÚN CÓDIGO ARMONIZADO 48

1.3 LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS EN LOS ÁMBITOS NACIONAL E INTERNACIONAL 50

2 ESTRUCTURA DE LA CADENA PRODUCTIVA CÁRNICA-BOVINA EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA 53

2.1 ESLABÓN DE PROVEEDURÍA 55

2.2 ESLABÓN DE PRODUCCIÓN 55

2.2.1 PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE PRODUCCIÓN 57

2.3 ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN DE GANADO EN PIE 58
2.3.1 PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN DE GANADO EN PIE 59

2.4 ESLABÓN DE BENEFICIO Y DESPOSTE 59
2.4.1 PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE BENEFICIO Y DESPOSTE 60

2.5 ESLABÓN DE DISTRIBUCIÓN MAYORISTA 61
2.5.1 PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE DISTRIBUCIÓN MAYORISTA 62

2.6 ESLABÓN DE TRANSFORMACIÓN 62
2.6.1 PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE TRANSFORMACIÓN 63

2.7 ESLABÓN DE DISTRIBUCIÓN MINORISTA 63
2.7.1 PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE DISTRIBUCIÓN MINORISTA 64

2.8 ESLABÓN DE CONSUMO FINAL 64
2.8.1 PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE CONSUMO FINAL 65

2.9 ENTORNO ORGANIZACIONAL Y NORMATIVO 65

3 VIGILANCIA TECNOLÓGICA 70

3.1 REVISIÓN ACADÉMICA 71
3.1.1 DINÁMICA DE PUBLICACIÓN 71
3.1.2 ÁREAS DE INVESTIGACIÓN 72
3.1.3 ACTORES LÍDERES 79
3.1.4 REVISIÓN ACADÉMICA PARA COLOMBIA 82

3.2 REVISIÓN TECNOLÓGICA 84
3.2.1 DINÁMICA DE PUBLICACIÓN 84
3.2.2 ÁREAS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO 84
3.2.3 ACTORES LÍDERES 87

3.3 TECNOLOGÍAS DE RUPTURA 89

4 ANÁLISIS DE BRECHAS 91

5 PLAN PROSPECTIVO DE CARÁCTER TECNOLÓGICO CON ESCENARIOS DEFINIDOS EN EL MEDIANO Y LARGO PLAZO PARA LA CADENA CÁRNICA-BOVINA **95**

5.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES **95**

5.2 DEFINICIÓN Y ESTADO ACTUAL DE LAS VARIABLES IDENTIFICADAS **99**

5.3 PRIORIZACIÓN DE VARIABLES A FACTORES CRÍTICOS **106**

5.4 PLANO DE PRIORIZACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS SEGÚN IMPACTO EN FUNCIÓN DE LA PREVISIBILIDAD **108**

5.5 SINTAXIS LÓGICA DE LOS FACTORES CRÍTICOS **110**

5.6 ESCENARIOS AL AÑO 2030 PARA LA CADENA CÁRNICA-BOVINA **111**

5.6.1 ANÁLISIS MORFOLÓGICO – ESCENARIOS POSIBLES **112**

5.7 NARRACIÓN DE LOS ESCENARIOS **117**

5.7.1 ESCENARIO 1: MERCADO DE CARNE DE ALTO VALOR AGREGADO SOPORTADO EN I+D+i **117**

5.7.2 ESCENARIO 2: CICLO PRODUCTIVO EFICIENTE, CON MIRAS A LA AGREGACIÓN DE VALOR **118**

5.7.3 ESCENARIO 3: EL MANEJO REPRODUCTIVO EN LA CADENA NO EVOLUCIONA **119**

5.7.4 ESCENARIO 4: EL CAMBIO CLIMÁTICO PONE EN JUEGO LA CADENA **120**

5.8 SISTEMA DE MATRICES DE IMPACTO CRUZADO SMIC **120**

5.9 ESTRATEGIAS PARA ALCANZAR EL ESCENARIO APUESTA **123**

5.10 DEFINICIÓN DE LA AGENDA DE INVESTIGACIÓN **141**

5.10.1 DEMANDAS TECNOLÓGICAS **142**

5.10.2 DEMANDAS NO TECNOLÓGICAS **146**

6 CONCLUSIONES **148**

REFERENCIAS **152**

ANEXO 1. MODELO METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS AGENDAS PROSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO **167**

>>LISTA DE FIGURAS

Figura 1 *Histórico consumo per cápita de carne bovina en el mundo (kg/persona/año) 2009 – 2018* **24**

Figura 2 *Consumo per cápita de carne bovina en el mundo 2018* **25**

Figura 3 *Evolución de los precios a nivel mundial 2014 - 2018* **31**

Figura 4 *Producción nacional de carne bovina 2010 - 2018* **37**

Figura 5 *Exportaciones según tipo de producto 2018* **38**

Figura 6 *Consumo aparente per cápita anual 2010 - 2018* **44**

Figura 7 *Precio promedio de ganado gordo en pie Colombia ($ x kilo) - Precio Referencia* **45**

Figura 8 *Precios Ganado Gordo Bolsa Mercantil de Colombia 2019* **46**

Figura 9 *Modelo de la Cadena Productiva Cárnica-bovina en el departamento del Tolima* **54**

Figura 10 *Número de publicaciones relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos por año* **71**

Figura 11 *Áreas de investigación relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos* **72**

Figura 12 *Países líderes en investigaciones relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos* **79**

Figura 13 *Instituciones líderes en investigaciones relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos* **80**

Figura 14 *Instituciones líderes en investigaciones relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos durante los últimos tres años* **81**

Figura 15 *Autores líderes en investigaciones relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos* **82**

Figura 16 *Instituciones líderes en investigaciones relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos en Colombia* **83**

Figura 17 *Autores líderes en investigaciones relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos en Colombia* **83**

Figura 18 *Número de patentes relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos por año* **84**

Figura 19 *Códigos IPC relacionados con carne de bovino o productos cárnicos más patentados* **85**

Figura 20 *Principales oficinas de propiedad industrial que han publicado patentes relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos* **88**

Figura 21 *Principales aplicantes que han liderado el desarrollo de patentes relacionadas con la cadena cárnica-bovina* **88**

Figura 22 *Principales inventores que han liderado el desarrollo de patentes relacionadas con la cadena cárnica-bovina* **89**

Figura 23 *Brechas de la cadena productiva cárnica-bovina del Tolima con respecto al líder mundial* **91**

Figura 24 *Priorización de factores críticos según impacto vs previsibilidad* **109**

Figura 25 *Sintaxis lógica de las variables estratégicas priorizadas para la cadena cárnica-bovina* **111**

Figura 26 *Histograma de probabilidad de Escenarios* **123**

>>LISTA DE TABLAS

Tabla 1 *Producción mundial de carne bovina 2018* **23**

Tabla 2 *Importaciones mundiales de carne bovina 2015 - 2019* **27**

Tabla 3 *Exportaciones mundiales de carne bovina 2015 - 2019* **29**

Tabla 4 *Valores unitarios para diferentes productos de carne bovina en el mundo 2014 - 2018* **31**

Tabla 5 *Número de animales beneficiados para producción de carne en Colombia 2014 - 2018* **39**

Tabla 6 *Producción de carne en Colombia (peso en pie) 2014 - 2018* **39**

Tabla 7 *Producción de carne en Colombia (peso en canal) 2014 - 2018* **40**

Tabla 8 *Destino de las exportaciones según partida arancelaria* **41**

Tabla 9 *Destino de las exportaciones de carne colombiana 2018* **42**

Tabla 10 *Consumo aparente per cápita anual 2010 - 2018* **43**

Tabla 11 *Valores unitarios para diferentes productos de carne bovina colombiana en el mundo 2014 - 2018* **47**

Tabla 12 *Departamento origen de las exportaciones 2018* **48**

Tabla 13 *Empresas exportadoras de carne bovina colombiana por partida arancelaria* **48**

Tabla 14 *Empresas exportadoras de carne bovina colombiana por destino* **49**

Tabla 15 *Limitaciones y oportunidades identificadas a nivel nacional e internacional* **52**

Tabla 16 *Indicadores productivos por orientación del hato y nivel de tecnología en el Tolima* **56**

Tabla 17 *Limitaciones y oportunidades del eslabón de producción* **57**

Tabla 18 *Limitaciones y oportunidades del eslabón de comercialización de ganado en pie* **59**

Tabla 19 *Limitaciones y oportunidades del eslabón de beneficio y desposte* **61**

Tabla 20 *Limitaciones y oportunidades del eslabón de distribución mayorista* **62**

Tabla 21 *Limitaciones y oportunidades del eslabón de transformación* **63**

Tabla 22 *Limitaciones y oportunidades del eslabón de distribución minorista* **64**

Tabla 23 *Limitaciones y oportunidades del eslabón de consumo final* **65**

Tabla 24 *Limitaciones y oportunidades de los entornos organizacional y normativo* **69**

Tabla 25 *Áreas de investigación relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos por año* **73**

Tabla 26 *Temas específicos de estudio por área relacionados con carne de bovino o productos cárnicos* **73**

Tabla 27 *Palabras clave relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos por año* **74**

Tabla 28 *Países con dinámica de publicación creciente relacionada con carne de bovino o productos cárnicos* **80**

Tabla 29 *Descripción de códigos IPC relacionados con carne de bovino o productos cárnicos más patentados* **85**

Tabla 30 *Relación de patentes para las tecnologías con tendencia creciente* **86**

Tabla 31 *Consolidación de brechas de la cadena productiva cárnica-bovina* **93**

Tabla 32 *Consolidación de limitantes y oportunidades para la cadena cárnica-bovina del Tolima según los diferentes eslabones* **96**

Tabla 33 *Definición y estado actual de las variables identificadas* **99**

Tabla 34 *Calificación de factores críticos según impacto vs previsibilidad por parte de los expertos* **107**

Tabla 35 *Hipótesis de futuro para cada factor crítico* **112**

Tabla 36 *Hipótesis elegidas por los expertos para constituir los cuatro escenarios* **116**

Tabla 37 *Lista de hipótesis y etiquetas* **121**

Tabla 38 *Probabilidades simples ajustadas para cada hipótesis de futuro según expertos consultados* **121**

Tabla 39 *Probabilidades condicionadas netas positivas para el grupo de expertos consultados* **122**

Tabla 40 *Probabilidades condicionadas netas negativas para el grupo de expertos consultados* **122**

Tabla 41 *Escenarios más probables al año 2030 para la cadena cárnica-bovina* **123**

Tabla 42 *Reto de futuro para cada factor crítico* **124**

Tabla 43 *Árbol de pertinencia para el factor crítico Investigación, Desarrollo e innovación en sistemas de pastoreo* **126**

Tabla 44 *Árbol de pertinencia para el factor crítico Investigación y Desarrollo tecnológico en adaptación al cambio climático* **128**

Tabla 45 *Árbol de pertinencia para el factor crítico Tecnologías para el manejo reproductivo* **130**

Tabla 46 *Árbol de pertinencia para el factor crítico Investigación, Desarrollo e innovación en suplementos alimenticios* **133**

Tabla 47 *Árbol de pertinencia para el factor crítico Investigación, Desarrollo e innovación en manejo de enfermedades* **136**

Tabla 48 *Árbol de pertinencia para el factor crítico Investigación, Desarrollo e innovación en agregación de valor y carne de calidad sensorial* **138**

Tabla 49 *Demandas tecnológicas y no tecnológicas* **142**

Tabla 50 *Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo en mejoramiento genético (MEJOGEN)* **143**

Tabla 51 *Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo tecnológico en mitigación del cambio climático (MICLIMA)* **143**

Tabla 52 *Proyectos definidos para la demanda Investigación, Desarrollo e innovación en gestión y administración del recurso hídrico (INVEHIDRI)* **144**

Tabla 53 *Proyectos definidos para la demanda Tecnologías de Big Data e IoT para monitoreo y predicción de variables de producción (BIGIOT)* **144**

Tabla 54 *Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo en modelos de producción orgánica (PRODORG)* **145**

Tabla 55 *Proyectos definidos para la demanda Investigación, Desarrollo e innovación en empaque (INVEMPA)* **145**

Tabla 56 *Proyectos definidos para las demandas no tecnológicas* **146**

>>AGRADECIMIENTOS

La definición de las agendas prospectivas de Investigación y Desarrollo tecnológico para ocho cadenas productivas en el departamento del Tolima es una iniciativa desarrollada en el marco del Proyecto: “Desarrollo de ventajas competitivas mediante actividades de I+D+i en ocho cadenas del sector agropecuario en el departamento del Tolima”, financiado con recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías, que ha tenido el privilegio de contar con la participación de diversas entidades y actores, cuyo aporte al proceso ha sido fundamental para la estructuración de una reflexión colectiva sobre el futuro de las cadenas del sector agropecuario del Tolima, a través de mecanismos de articulación y apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación.

La materialización de este documento ha sido posible gracias a la participación de diferentes expertos regionales y nacionales, que han hecho parte de esta importante apuesta departamental y han puesto su experiencia y conocimiento al servicio del desarrollo de las cadenas productivas del Tolima, aportando a la construcción de esta agenda con su contribución en los diversos ejercicios de consulta a expertos y talleres participativos. A todos los miembros de la academia, la institucionalidad, la industria y el eslabón productivo, agradecemos su disposición y actitud propositiva en cada uno de los ejercicios dispuestos en las diferentes etapas metodológicas.

Extendemos nuestros sinceros agradecimientos a todos aquellos que hicieron parte de este proyecto.

INVESTIGACIÓN, CREATIVIDAD Y ACCIÓN PARA LA PRODUCTIVIDAD Y LA COMPETITIVIDAD DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

Las políticas públicas que prevalecen en el tiempo deben ser la razón de los gobiernos. La construcción institucional y social deben ser orientadas a potenciar las enormes ventajas del departamento para volverlas competitivas. La Gobernación del Tolima ha realizado una gran apuesta sobre ocho cadenas productivas, las cuales son presentadas en esta serie de documentos que, sin duda, representan un gran salto en materia de productividad y competitividad en el mercado nacional e internacional.

Este hecho, junto con el ambicioso plan del gobierno "El Tolima nos une", en el que se plantea la construcción del *Centro de Desarrollo Tecnológico, de Innovación y Emprendimiento Agroindustrial del Tolima*, nos impulsará a la vanguardia en el país y seremos el departamento con mayores apuestas en CTeI (Ciencia, Tecnología e Innovación), lo que permitirá mejorar la competitividad y la calidad de vida de los ciudadanos.

En este documento encontraremos el esfuerzo económico y de recurso humano que ha realizado la Gobernación del Tolima con sus grandes aliados, la academia, los productores y muchos otros actores que han dado lo mejor de sí en este gran proceso de construcción social, creativo y armónico para la competitividad.

José Ricardo Orozco Valero
Gobernador del departamento del Tolima

PRESENTACIÓN

Las cadenas productivas agropecuarias a nivel nacional son un eje clave para la productividad y la competitividad de las regiones y de sus pobladores, por lo que el desarrollo productivo, la modernización y el desarrollo empresarial ambientalmente sostenible y con impacto social de las zonas campesinas, son aspectos de particular interés para los diferentes actores, tanto locales como nacionales, comprometidos con la investigación, el desarrollo tecnológico, la innovación y la transferencia de tecnología y conocimiento. Lo anterior se sustenta en la complejidad de las cadenas de valor, los cambios en las tendencias de consumo y la alta volatilidad de los mercados, que plantean el desarrollo de nuevos productos y mejores procesos para impactar en los eslabones de producción, transformación y comercialización, y de esta forma, ser más competitivos en un mercado global.

Desde el año 2002 y con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación como entidad rectora del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación - SNCTI, fue promovido el "Programa nacional de prospectiva tecnológica e industrial - PNP". Esta apuesta interinstitucional buscaba fortalecer las capacidades nacionales en prospectiva tecnológica en empresas privadas, instituciones públicas, cámaras de comercio, centros de desarrollo y universidades del país, mediante la trasferencia de conocimiento sobre las herramientas y metodologías para el desarrollo y construcción de planes prospectivos de calidad e innovación (CAF, 2006).

A partir de la experiencia acumulada en el PNP, para el año 2006, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural adelantó el programa "Agendas prospectivas de Investigación y Desarrollo tecnológico para cadenas productivas". Este proyecto fue desarrollado en 3 ciclos, con un total de 19 agendas prospectivas definidas con el apoyo de más de 14 instituciones a nivel nacional. Las cadenas priorizadas fueron: lácteos, piscicultura, tilapia, forestal, cacao-chocolate, uchuva para exportación, mango criollo procesado para exportación, papa (énfasis papa criolla), palma (oleaginosas, grasas y aceites), caucho natural y su industria, fique, camarón de cultivo, aromáticas, carne bovina, panela, flores y follajes (clavel), porcicultura, ovino - caprina: cárnicos, hortalizas: salsa de ají, apicultura (énfasis miel de abejas), algodón, textil - confecciones y seguridad alimentaria en Colombia.

Sin embargo, se hace necesario identificar desde el orden regional los retos actuales y futuros que pueden enfrentar las cadenas de prioridad departamental y que pueden afectar de manera negativa o positiva el

escenario deseado para el desarrollo productivo y competitivo de las mismas. Por lo anterior, mediante el proyecto "Desarrollo de ventajas competitivas mediante actividades de I+D+i en ocho cadenas del sector agropecuario en el departamento del Tolima", financiado a través del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías, se planteó la construcción de ocho agendas prospectivas de Investigación y Desarrollo tecnológico para las siguientes cadenas productivas: aguacate, café, arroz, algodón, cárnica-bovina, cacao, caucho y cítricos.

Las agendas prospectivas de Investigación y Desarrollo tecnológico para ocho cadenas productivas en el departamento se formularon con la articulación de los grupos de investigación, los empresarios, los productores y el Estado, para reconocer las problemáticas de cada una de las cadenas desde sus diferentes eslabones bajo una mirada sistémica, focalizando esfuerzos orientados a la gestión de Ciencia, Tecnología e innovación. Estos documentos tienen como principal objetivo aumentar la competitividad a través de la transferencia y generación de conocimiento para demandas tecnológicas, así como estrategias estructurales para la solución de demandas no tecnológicas.

Estas agendas permitirán mejorar los procesos de toma de decisiones en cada uno de los eslabones, con el objetivo de aumentar la eficiencia de los procesos, mejorar la calidad de los productos intermedios y finales, desarrollar nuevas formas de agregación de valor y alcanzar nuevos nichos de mercado, con el fin último de lograr el desarrollo sostenible y competitivo de las cadenas productivas al año 2030.

>>INTRODUCCIÓN

A pesar de que el mercado mundial de la carne bovina ha sido testigo de una disminución general en los últimos años debido a la tendencia de los consumidores a buscar nuevas fuentes de proteína y opciones de alimentación más económicas, se espera un crecimiento en el mercado internacional debido al aumento de la estabilidad macroeconómica de los últimos años, que hará que muchos compradores potenciales que se habían cambiado a sustitutos debido a restricciones financieras, vuelvan a consumir carne de bovino (Stepasyuk et al., 2020).

Los ingresos totales del mercado de carne bovina a nivel mundial llegaron a USD 583,5 mil millones en 2018 (Marketline, 2019). Por otro lado, el mercado mundial de producto procesado fue valorado en USD 181.727,0 millones en 2019 y se espera que alcance los USD 227.422,6 millones para 2025 (Mordor Intelligence, 2020).

Los cinco productores de carne bovina más destacados son EE.UU., Brasil, China, India y Argentina. Colombia, por su parte ocupa el duodécimo puesto a nivel mundial y el cuarto en el continente, después de Brasil, Argentina y México (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, 2019).

Para el 2019, Colombia registró un crecimiento en el inventario bovino nacional de 820 mil cabezas comparado con 2018, ubicándose en 27.234.027 reses y para el mismo año, el PIB de la ganadería representó aproximadamente el 25% del PIB agropecuario y el 1,5% del PIB Nacional (Sectorial, 2019).

Actualmente, Colombia tiene tres acuerdos de libre comercio que le permitirían exportar carne bovina, con Estados Unidos, la Unión Europea y Canadá, sin embargo, estas son economías con un sector de producción bovina tecnificado, con un nivel de infraestructura superior, donde en algunos casos se subsidia la producción y donde el tipo de cambio está a su favor, por lo tanto, el retraso tecnológico en muchas regiones del país limita la posibilidad de acceder a los mercados internacionales (Ariza-Colpas et al., 2020).

La cadena productiva cárnica-bovina en el Tolima se caracteriza por poseer condiciones favorables para la producción de carne de calidad (ecosistemas tropicales y de planicie) (Vera y Hoyos-Garcés, 2019). Por otro lado, existe una baja adopción de nuevas tecnologías para el manejo reproductivo, y una escasa implementación de sistemas silvopastoriles (Federación Colombiana de

Ganaderos - Fedegan, 2014). Por ello, son necesarios procesos de Investigación y Desarrollo en pastoreo, suplementos alimenticios, mejoramiento genético y técnicas de reproducción más eficientes, enmarcados en avances tecnológicos en manejo de enfermedades y adaptación al cambio climático. La adopción conjunta de estas tecnologías permitirá masificar y multiplicar el ganado, mejorando la calidad de la carne. Así mismo, es necesario generar productos y procesos de mayor valor agregado que le permitan a la cadena sostenerse en el mercado nacional y mundial, para alcanzar un mayor posicionamiento en nuevos nichos de mercado.

Teniendo en cuenta que la carne del Tolima, gracias a la apertura económica, ha entrado a competir con otros actores líderes a nivel mundial, la necesidad de concentrarse en la búsqueda de ventajas competitivas basadas en el mejoramiento de los procesos de Investigación y Desarrollo Tecnológico es fundamental. En este sentido, la agenda presenta una hoja de ruta para la cadena productiva cárnica-bovina, con el fin de direccionar sus esfuerzos hacia el mejoramiento de los productos y procesos existentes en el largo plazo, con una visión compartida por los actores de la cadena, a través de la generación de estrategias y planes de acción.

La presente agenda prospectiva de Investigación y Desarrollo tecnológico para la cadena productiva cárnica-bovina en el departamento del Tolima está compuesta por seis apartados. En el primero, se caracteriza el panorama nacional e internacional de la cadena, con el fin de conocer el estado actual de la producción, los rendimientos, la balanza comercial, el comportamiento de los precios y las tendencias de consumo. Posteriormente, en la segunda parte, se presenta la estructura de la cadena productiva cárnica-bovina en el Tolima, ilustrando los flujos de materia prima y/o productos, desde el proveedor hasta el consumidor final. Seguidamente, se caracteriza cada uno de los eslabones, definiendo sus limitaciones y oportunidades, para luego describir el entorno organizacional y el marco normativo de la cadena.

El tercer apartado consiste en el estudio de vigilancia tecnológica para la cadena cárnica-bovina, que comprende las tendencias en investigación y desarrollo científico y tecnológico para el producto a nivel nacional e internacional. La cuarta parte de este estudio comprende un análisis de brechas, donde se valoró la condición del departamento respecto al líder mundial, con base en indicadores como rendimiento, desarrollo tecnológico, exportaciones, desarrollo de comercio internacional de productos con valor agregado y valor unitario promedio de exportación, permitiendo identificar las brechas presentes en la cadena productiva con respecto al mundo.

El plan prospectivo de carácter tecnológico es presentado en la quinta parte de la agenda, donde se incluyen la definición de variables estratégicas, la priorización de los factores críticos (variables de mayor impacto y menor previsibilidad), la definición del escenario apuesta al año 2030 para la cadena y las estrategias de corto, mediano y largo plazo para alcanzarlo. En el sexto y último apartado, se presentan las conclusiones y recomendaciones de este estudio. Finalmente, en el Anexo 1 se describe la propuesta metodológica de los autores, que soporta la construcción del documento.

CAPÍTULO

1

CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA CÁRNICA-BOVINA A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

1.1. ÁMBITO INTERNACIONAL

1.1.1. PRINCIPALES PRODUCTORES DE CARNE BOVINA A NIVEL MUNDIAL

En el año 2018, la producción mundial de carne bovina fue de 67,3 millones de toneladas, lo cual implica una disminución del 5,3% con respecto al 2017 (Tabla 1). Los principales países productores para el 2018 fueron Estados Unidos, con el 18% de participación, Brasil con el 15% y China con el 9%. Colombia, por su parte, aportó el 1,32% a la producción mundial con 885.929 t (FAO, 2019).

Tabla 1

Producción mundial de carne bovina 2018

País	Producción (t) 2016	Producción (t) 2017	Producción (t) 2018
Estados Unidos	11.470.607	11.907.239	12.219.203
Brasil	9.284.000	9.550.000	9.900.000
China	5.565.945	5.725.595	5.810.609
Argentina	2.644.000	2.842.000	3.066.000
Australia	2.315.994	2.048.517	2.219.103

País	Producción (t) 2016	Producción (t) 2017	Producción (t) 2018
México	1.878.705	1.926.901	1.980.846
Federación de Rusia	1.588.769	1.569.267	1.608.136
Francia	1.466.099	1.432.780	1.436.358
Canadá	1.111.992	1.167.695	1.231.352
Alemania	1.155.483	1.137.008	1.123.452
Resto del mundo	25.999.847	26.122.565	26.772.909
Total	70.033.631	71.141.147	67.367.968

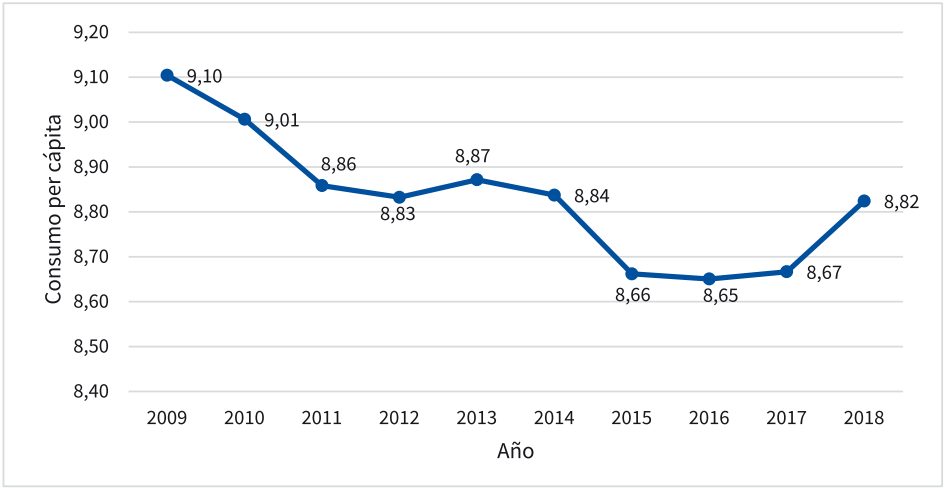
Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2019)

1.1.2. CONSUMO MUNDIAL

Durante los últimos 50 años, el consumo de productos de origen animal ha aumentado significativamente, siendo el crecimiento demográfico mundial el mayor promotor (Jareño, 2018). Sin embargo, como se observa en la Figura 1, el consumo per cápita de carne bovina en el mundo descendió significativamente del 2009 al 2015, alcanzando un valor mínimo de 6,34 kg/persona/año. A partir del 2016, este indicador empieza a incrementarse levemente, hasta llegar a los 6,51 kg/persona/año en el 2018.

Figura 1

Histórico consumo per cápita de carne bovina en el mundo (kg/persona/año) 2009 – 2018

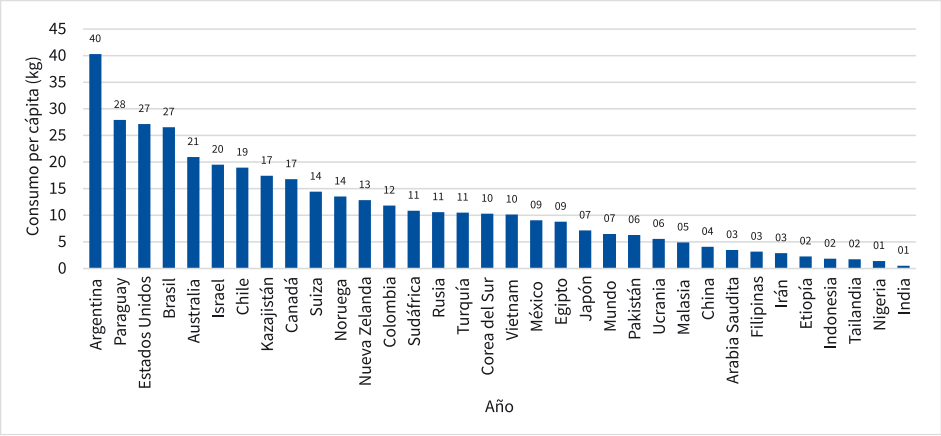


Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO (2019)

Como se observa en la Figura 2, en el año 2018, Argentina registró el mayor consumo per cápita de carne bovina a nivel mundial, alcanzando los 40,29 kg/persona/año. Paraguay se encuentra en segundo lugar, con 27,91 kg/persona/año (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - OECD, 2019). En Argentina, la producción de carne bovina alcanzó 3 millones de toneladas para el año 2018 (FAO, 2019), mientras que en Colombia se registraron cerca de 800 mil toneladas según Fedegan (2019c). Ambos países cuentan con tamaños de población similares (44 millones Argentina y 45 millones Colombia). Es decir, la producción de Argentina sobrepasa casi cuatro veces la de Colombia. Este escenario le permite a Argentina mantener una oferta local y promover una cultura del consumo de carne en su país.

Figura 2

Consumo per cápita de carne bovina en el mundo 2018



Fuente: Elaboración propia con datos de la OECD (2019)

1.1.3. TENDENCIAS DE CONSUMO MUNDIAL

A continuación, se presentan las tendencias que marcarán el mercado mundial de la carne bovina.

- *Salud y medio ambiente:* El consumo de carne es una de las actividades humanas que más contribuye al calentamiento global (Sanchez-Sabate y Sabaté, 2019), dado que la cría de ganado es intensiva en consumo de agua, alimentos y generación de gases de efecto invernadero. Un 60% de los consumidores reconocen que se esfuerzan a la hora de encontrar productos saludables y un 46% dice que intenta elegir entre aquellos que son respetuosos con el medio ambiente (Xu et al., 2019).

- *Etiquetado:* Los consumidores reclaman más información sobre los productos en el etiquetado, en particular datos sobre formas de producción, trazabilidad y formatos de envasado (Van Loo et al., 2014).

- *Millennials comprometidos:* La generación de los *millennials* está dispuesta a pagar más por los productos cárnicos si son sostenibles, tienen una mayor calidad y se apuesta por el bienestar animal (Massaglia et al., 2018). El 34% de los consumidores de productos cárnicos de Estados Unidos compran aquellos que son 100% naturales, mientras que en Brasil, exigen que los productos sean seguros y que la higiene sea un factor determinante en los procesos de producción (Mordor Intelligence, 2020).

- *Sustitutos de la carne:* La quinua, la chía, la soya y las leguminosas han empezado a ganar terreno en el mercado como sustitutos de la carne (Tziva et al., 2020). De igual manera, el aumento de productos que imitan la textura, apariencia y sabor de la carne (*meat-mimicking*) aparecen en las grandes superficies (Curtain y Grafenauer, 2019). Así mismo, nuevos productos como yogures con alto contenido proteico han empezado a consumirse como remplazo de la carne. Otro sustituto que ha venido tomando fuerza en países como Alemania es la proteína de insecto, que es una alternativa sostenible para satisfacer la demanda global de carne (Glover y Sexton, 2015).

- *Carne cultivada en laboratorio:* Es una alternativa a la presión ejercida en los ecosistemas por la crianza de ganado (costo ambiental y económico) (Cartín-Rojas y Ortiz, 2017). Esta carne es cultivada a partir de células animales, a través de procesos y equipos específicos, no depende de la producción animal o las prácticas agropecuarias derivadas de esta (Reis et al., 2020). Presenta características similares en textura, sabor y apariencia a la carne natural, por lo que actualmente, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos - USDA se encuentra adelantado esfuerzos para establecer un marco regulatorio respecto al etiquetado y métodos de producción de este tipo de productos (Reis et al., 2020).

- *Aumento de la demanda de proteína animal de alto valor:* La creciente preferencia del consumidor por una dieta baja en grasas y alta en proteínas ha llevado a un incremento notable en el consumo de proteína animal alrededor del mundo (Kumar, 2019). Esta tendencia ha sido impulsada por la influencia de la cocina occidental en África (Desiere et al., 2018), Asia-Pacífico (Ali y Pappa, 2015; Hansen & Jakobsen, 2020) y especialmente en Medio Oriente (Bahn et al., 2019).

- *Mayor demanda de desayunos que incorporan carne:* Un número cada vez mayor de consumidores en todo el mundo está implementando dietas altas en proteínas. Por ello, ha aumentado el consumo de productos cárnicos para el desayuno elaborados con ingredientes como β-glucan, que hace que se mantenga la matriz proteica en el alimento y se reduzca el contenido de grasas (Morin et al., 2004).

- *Dietas veganas:* El aumento de la conciencia del consumidor sobre los efectos negativos para la salud asociados con el consumo de carne (Graça et al., 2019), está llevando a un cambio hacia la dieta vegana (Besson et al., 2020), contribuyendo directamente a la sustitución de carnes y derivados (Hagmann et al., 2019). Además, los beneficios de la proteína libre de colesterol, con textura similar a la carne, son uno de los factores clave que promueven el crecimiento de los productos sustitutos de la carne.

1.1.4. PRINCIPALES PAÍSES IMPORTADORES DE CARNE BOVINA A NIVEL MUNDIAL

Como se observa en la Tabla 2, en el año 2019 las importaciones mundiales de carne bovina fresca o refrigerada alcanzaron 3.737.703 t. Chile fue el mayor importador con el 35% del total. China importó el 27% de carne de bovinos congelada de las 6.057.532 t importadas a nivel mundial (Trade Map, 2019).

Japón importó el 30% de las 167.669 t. de despojos de bovinos frescos o refrigerados y de las 78.262 t de lenguas de bovinos congeladas registradas en el mundo. Francia es el mayor importador de carne de bovinos, salada o en salmuera, seca o ahumada (28% de participación a nivel internacional) (Trade Map, 2019).

Tabla 2

Importaciones mundiales de carne bovina 2015 - 2019

Ranking	País	Importaciones (toneladas)				
		2015	2016	2017	2018	2019
0201 Carne de animales de la especie bovina, fresca o refrigerada						
	Mundo	3.374.618	3.448.828	3.540.882	3.664.246	3.737.703
1	Chile	370.948	430.712	474.204	511.312	1.297.450
2	Estados Unidos	0	474.222	511.279	508.451	556.105
3	Países Bajos	321.585	360.286	350.299	355.235	363.241
4	Italia	354.904	336.767	327.971	322.229	328.700
5	Alemania	286.010	298.637	303.072	306.803	285.297

Ranking	País	Importaciones (toneladas)				
		2015	2016	2017	2018	2019
0202 Carne de bovinos, congelada						
	Mundo	No hay cantidades	4.452.145	No hay cantidades	5.039.404	6.057.532
1	China	467.143	573.070	688.529	1.023.398	1.622.039
2	Vietnam	26.791	36.907	37.696	45.595	508.323
3	Estados Unidos	0	483.082	461.176	458.615	422.613
4	Corea del Sur	244.445	306.357	300.473	326.708	355.466
5	Hong Kong, China	281.125	350.998	379.472	425.130	350.888
020610 Despojos de bovinos, comestibles, frescos o refrigerados						
	Mundo	134.819	134.037	140.009	151.093	167.669
1	Japón	27.647	33.022	36.545	39.669	43.196
2	Alemania	24.135	27.543	28.137	23.936	26.256
3	Francia	23.872	23.961	23.439	23.275	22.097
4	Estados Unidos	11.895	12.151	12.934	13.943	17.422
5	Reino Unido	9.216	4.066	3.556	13.438	15.753
020621 Lenguas de bovinos, comestibles, congeladas						
	Mundo	No hay cantidades	69.314	76.612	72.736	78.262
1	Japón	22.053	21.676	23.335	22.330	23.771
2	Indonesia	1.028	11.254	13.826	16.090	16.601
3	Rusia	10.665	10.079	10.652	9.700	10.792
4	Hong Kong, China	2.190	3.702	4.069	6.126	8.132
5	Vietnam	13	27	47	36	2.189
020622 Hígados de bovinos, comestibles, congelados						
	Mundo	No hay cantidades	310.777	442.435	418.017	252.231
1	Egipto	No hay cantidades	152.012	245.854	224.189	76.290
2	Rusia	47.014	44.994	45.873	43.572	37.923
3	Sudáfrica	16.122	17.431	28.298	30.120	31.030
4	Angola	25.078	17.093	39.291	31.302	10.485
5	Ucrania	1.485	3.429	3.523	6.338	8.165
020629 Despojos de bovinos, comestibles, congelados (exc. lenguas e hígados)						
	Mundo	798.710	778.191	859.637	884.278	1.042.834
1	Hong Kong, China	242.881	267.735	319.467	348.392	321.094
2	Vietnam	3.427	5.069	2.245	3.774	137.406
3	México	45.366	49.994	51.376	50.108	50.524
4	Indonesia	1.439	16.228	26.313	27.179	49.557

Ranking	País	Importaciones (toneladas)				
		2015	2016	2017	2018	2019
5	Estados Unidos	30.965	35.478	38.325	32.317	40.095
021020 Carne de bovinos, salada o en salmuera, seca o ahumada						
	Mundo	191.213	211.945	231.550	245.539	232.794
1	Francia	52.498	60.900	60.804	67.766	64.862
2	España	20.916	28.582	20.493	28.248	38.245
3	Dinamarca	14.611	15.346	14.920	19.777	24.169
4	Alemania	21.057	17.598	20.580	20.001	19.847
5	Suiza	10007	13286	12946	15.398	13761

Fuente: Elaboración propia con datos de Trade Map (2019)

1.1.5. PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE CARNE BOVINA A NIVEL MUNDIAL

Como se observa en la Tabla 3, en el año 2019, Estados Unidos fue el mayor exportador de carne de animales de la especie bovina, fresca o refrigerada, seguido, muy de cerca, por Países Bajos. Por otro lado, Brasil, India y Australia concentran el 55% de las exportaciones de carne de bovinos congelada. En cuanto a carne de bovinos, salada o en salmuera, seca o ahumada, Países Bajos exporta el 46% del total mundial (Trade Map, 2019).

Tabla 3

Exportaciones mundiales de carne bovina 2015 - 2019

Ranking	País	Exportaciones (toneladas)				
		2015	2016	2017	2018	2019
0201 Carne de animales de la especie bovina, fresca o refrigerada						
	Mundo	3.668.565	3.815.964	3.922.799	4.080.670	No hay cantidades
1	Estados Unidos	310.001	355.379	439.456	454.373	428.535
2	Países Bajos	381.352	417.609	417.254	426.324	427.307
3	Australia	330.281	281.587	280.864	305.395	313.639
4	Canadá	213.867	247.026	258.783	280.929	308.089
5	Irlanda	262.764	285.578	300.032	298.520	290.122
0202 Carne de bovinos, congelada						
	Mundo	5.440.656	5.170.680	5.463.234	5.793.637	6.300.577
1	Brasil	962.359	938.392	1.081.279	1.163.533	1.356.639
2	India	1.274.539	1.246.721	1.300.395	1.099.118	1.100.168
3	Australia	1.005.456	778.096	782.225	887.636	1.016.961
4	Estados Unidos	409.755	460.229	478.766	559.785	537.554

Ranking	País	Exportaciones (toneladas)				
		2015	2016	2017	2018	2019
5	Argentina	76.464	91.275	137.323	285.368	478.905
020610 Despojos de bovinos, comestibles, frescos o refrigerados						
	Mundo	253.964	257.408	228.677	250.897	281.871
1	Irlanda	35.611	34.754	20.341	31.944	34.844
2	Estados Unidos	21.262	23.507	24.507	23.546	23.787
3	Austria	22.270	20.437	23.377	24.574	23.633
4	Países Bajos	29.437	35.611	34.755	20.341	32.075
5	Reino Unido	19.677	17.481	16.167	17.067	18.587
020621 Lenguas de bovinos, comestibles, congeladas						
	Mundo	68.418	67.290	70.546	75.331	81.798
1	Australia	16.011	17.229	18.698	19.202	21.563
2	Brasil	10.389	12.202	12.896	12.892	15.903
3	Estados Unidos	11.068	10.728	10.111	9.538	10.004
4	Argentina	5.481	5.138	4.594	6.761	8.193
5	Nueva Zelandia	4.237	4.826	4.768	5.842	6.342
020622 Hígados de bovinos, comestibles, congelados						
	Mundo	211.459	212.479	225.518	229.854	246.140
1	Estados Unidos	72.745	81.796	85.948	83.456	86.697
2	Argentina	27.242	21.502	26.520	30.807	30.421
3	Australia	25.164	20.887	22.985	25.982	26.082
4	Nueva Zelandia	11.698	10.259	9.008	9.675	10.425
5	India	8.216	7.626	12.676	10.355	9.861
020629 Despojos de bovinos, comestibles, congelados (exc. lenguas e hígados)						
	Mundo	1.140.052	1.140.052	1.140.052	1.140.052	1.140.052
1	Brasil	109.699	121.236	126.055	133.400	138.963
2	Hong Kong, China	125.293	44.352	33.174	127.448	135.774
3	Australia	112.637	100.568	104.268	122.310	132.188
4	Estados Unidos	148.468	152.679	127.146	124.115	123.692
5	India	27.831	36.695	64.007	83.156	91.344
021020 Carne de bovinos, salada o en salmuera, seca o ahumada						
	Mundo	31.983	31.291	35.224	33.646	34.481
1	Países bajos	12.655	12.727	14.157	15.616	15.744
2	Italia	3.192	3.670	3.917	3.941	3.803
3	Polonia	512	447	2.037	1.562	2.940
4	Dinamarca	952	1.353	1.250	728	2.366
5	Brasil	4.103	3.283	5.497	2.759	2.086

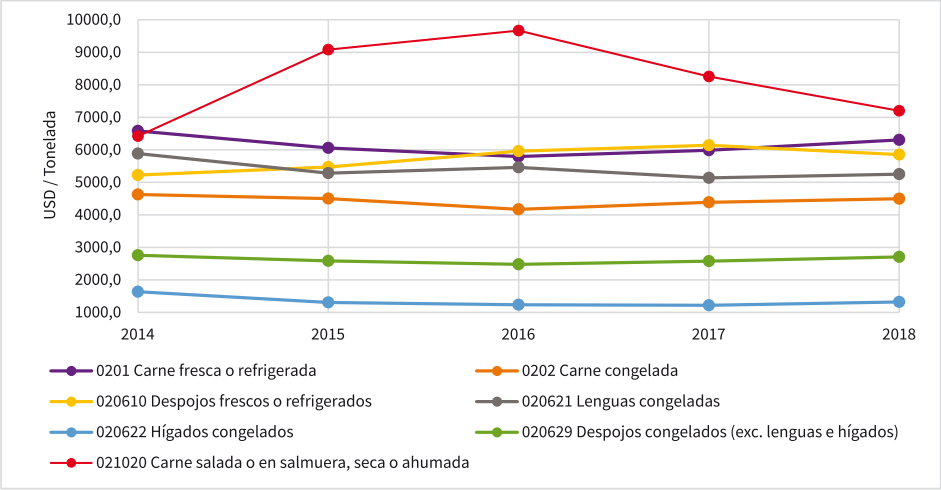
Fuente: Elaboración propia con datos de Trade Map (2019)

1.1.6. EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS A NIVEL MUNDIAL

Aunque los valores unitarios de la carne a nivel mundial no fluctúan mucho en el transcurso de los años, en la Figura 3, se observa que los productos de menor valor en el mercado (hígados congelados y despojos de bovinos congelados excepto lenguas e hígados) mantienen un precio relativamente constante, mientras que los productos con mayor valor agregado registran alta variabilidad en el precio.

Figura 3

Evolución de los precios a nivel mundial 2014 - 2018



Fuente: Elaboración propia con datos de Trade Map (2019)

En la Tabla 4, se presentan los principales países importadores que pagaron los precios más altos por cada producto en 2018.

Tabla 4

Valores unitarios para diferentes productos de carne bovina en el mundo 2014 - 2018

País	Valores unitarios (USD/tonelada)				
	2014	2015	2016	2017	2018
0201 Carne de animales de la especie bovina, fresca o refrigerada					
Mundo	6.582	6.057	5.794	5.987	6.305
Estados Unidos	6.488	6.743	5.774	5.481	6.010
Japón	7.282	7.363	7.229	7.256	7.548
Italia	6.371	5.506	5.471	5.719	6.104
Países Bajos	5.236	4.571	4.603	4.925	5.403
Alemania	7.525	6.319	6.318	6.433	6.602
0202 Carne de bovinos, congelada					
Mundo	4.626	4.501	4.169	4.386	4.497

País	Valores unitarios (USD/tonelada)				
	2014	2015	2016	2017	2018
China	4.301	4.863	4.291	4.345	4.556
Estados Unidos	5.174	5.401	4.622	4.813	4.855
Hong Kong, China	5.133	4.982	4.516	4.857	4.924
Corea del Sur	5.437	5.578	5.041	5.136	5.591
Japón	4.326	4.414	3.624	3.885	4.168
020610 Despojos de bovinos, comestibles, frescos o refrigerados					
Mundo	5.224	5.472	5.961	6.139	5.854
Japón	11.726	12.347	13.588	13.412	13.780
Francia	5.669	4.740	4.425	4.645	4.958
Estados Unidos	8.140	7.673	6.221	5.983	5.884
Corea del Sur	8.455	9.337	9.740	9.381	10.292
Alemania	1.247	1.013	949	1.333	1.208
020621 Lenguas de bovinos, comestibles, congeladas					
Mundo	5.885	5.281	5.458	5.138	5.251
Japón	8.566	7.575	10.785	10.175	8.298
Rusia	5.224	3.988	2.638	3.335	4.561
Indonesia	3.013	4.747	2.372	2.064	2.053
Hong Kong, China	3.873	2.651	1.814	2.244	2.505
Estados Unidos	8.176	7.568	3.546	4.837	6.494
020622 Hígados de bovinos, comestibles, congelados					
Mundo	1.635	1.305	1.234	1.221	1.322
Rusia	1.701	1.516	1.381	1.546	1.537
Sudáfrica	779	671	565	701	671
Bélgica	1.821	1.532	1.320	1.703	2.050
Indonesia	2.031	1.429	1.682	1.448	1.361
Colombia	1.477	1.379	1.036	938	913
020629 Despojos de bovinos, comestibles, congelados (exc. lenguas e hígados)					
Mundo	2.758	2.583	2.477	2.575	2.705
Hong Kong, China	3.282	3.344	2.947	3.067	3.251
México	3.795	3.741	2.727	3.176	3.398
Corea del Sur	4.592	4.923	4.735	5.151	4.958
Estados Unidos	5.146	5.327	4.640	3.741	4.880
China	3.153	3.237	3.404	3.601	3.759
021020 Carne de bovinos, salada o en salmuera, seca o ahumada					
Mundo	6.423	9.082	9.668	8.255	7.202
Francia	25.678	22.540	20.262	20.873	22.131
España	8.289	7.471	10.014	7.915	8.645
Alemania	22.858	18.558	17.927	18.991	17.878
Dinamarca	7.240	6.626	6.304	5.954	6.276
Hong Kong, China	8.182	15.031	14.769	4.590	4.875

Fuente: Elaboración propia con datos de Trade Map (2019)

1.1.7. PRODUCTOS CON VALOR AGREGADO

Actualmente, los clientes informados toman decisiones de compra evaluando parámetros de calidad, la ética y la inocuidad alimentaria. La ética está relacionada con el proceso productivo, el medio ambiente, el comercio, el trato con los trabajadores y el bienestar animal, entre otros aspectos que son claves para el futuro de la cadena cárnica-bovina (Verbeke y Viaene, 2000). Por su parte, las exigencias de inocuidad alimentaria surgen como consecuencia de varias crisis que afectaron la confianza de los consumidores en los alimentos (BSE, dioxinas, etc.) y como producto de ello, han aparecido numerosas legislaciones nacionales e internacionales mucho más estrictas (Shang y Tonsor, 2017).

En cuanto a calidad, en el mercado mundial de carnes vacunas se privilegia la terneza, el color, el sabor, la consistencia, la conveniencia, el uso o no de hormonas y antibióticos durante la producción, el contenido de grasa, las razas y la genética, el tipo de alimentación, el bienestar de los animales, ritos religiosos, origen, etc., siendo estos atributos los que definen el valor agregado del producto final, haciendo que el consumidor los perciba como aspectos diferenciadores por los que vale la pena pagar más dinero (Salazar, 2011).

Con base en lo anterior, a continuación, se relacionan los principales aspectos para tener en cuenta en cuanto a la generación de valor agregado en la carne vacuna.

- *Producción de carne orgánica:* Este renglón representa una solución frente a un mercado de *commodities* deprimido a nivel mundial y para el productor se constituye en la posibilidad de conseguir valor agregado con la consiguiente ventaja comparativa frente a sus pares. La producción orgánica significa mucho más que una postura en contra del uso de sustancias químicas o a favor del retorno de las viejas tradiciones agrícolas (Sans y Boizot-Szantaï, 2020). Los métodos orgánicos están basados en un minucioso estudio de la naturaleza y la consecuente colaboración con los ciclos de crecimiento, muerte y descomposición que conservan al suelo vivo y productivo. Todo campo que pretenda insertarse en este sistema de producción deberá ser certificado. Para esto hay que cumplir con lo establecido en las Normas de Producción Orgánica de Origen Animal. En la producción natural, no se usan anabólicos, hormonas ni estimulantes del crecimiento. No se permite el engorde con granos u otros alimentos concentrados, salvo en casos de extrema necesidad y temporalmente. La carne orgánica es de origen pastoril certificado. Está científicamente comprobado que los animales

criados a pasto poseen menor contenido de grasa intramuscular, menor contenido de colesterol y su carne es más liviana y saludable que la de los animales logrados a base de granos (de Mendoza et al., 2005; Schmid, Collomb, Sieber, y Bee, 2006).

- *Alimentos funcionales:* La necesidad básica de la alimentación se transforma, con la evolución del mercado, en una satisfacción primordial de los deseos de consumo de los compradores. Los alimentos enriquecidos con vitaminas, sin colesterol, con fibra dietaria y con compuestos bioactivos, entre otras opciones, son algunas de las iniciativas que esta línea presenta a los consumidores (Das et al., 2020). Estos productos proporcionan beneficios para la salud (reducen la prevalencia de enfermedades crónicas) y para la nutrición. Este objetivo pude lograrse combinando materias primas de origen vegetal para enriquecer los productos (Hayrapetyan et al., 2020). Este tipo de alimentos pretende convertirse en toda una experiencia sensorial, donde el buen sabor y la conservación de las tradiciones culinarias son características primordiales.

- *Comercio justo:* El comercio justo es un tipo de intercambio que surge de una nueva relación, libre, directa y honesta (no fraudulenta) entre tres nuevos sujetos económicos: los productores en vías de empobrecimiento, los consumidores solidarios y los intermediarios sin ánimo de lucro (Ahmed et al., 2020). En todo caso, siempre debe existir un sobreprecio para que el comercio justo se pueda dar, pues no existiría ninguna novedad en este tipo de comercio si se pagara al mismo precio que rige el mercado mundial, pues se busca promover principios como la no explotación infantil, la igualdad entre hombres y mujeres, se trabaja con dignidad respetando los derechos humanos, el precio que se paga a los productores permite condiciones de vida dignas, los compradores generalmente pagan por adelantado para evitar que los productores busquen otras formas de financiarse, se valora la calidad y la producción ecológica, se promueve el respeto al medio ambiente, se busca la manera de evitar intermediarios entre productores y consumidores y se informa a los consumidores acerca del origen del producto (Salazar, 2011).

- *Indicación geográfica:* Se refiere a la designación que identifica un producto como originario del territorio de un país, o una región o localidad de ese territorio, cuando determinada calidad u otras características del producto sean atribuibles fundamentalmente al medio geográfico (Brunoro et al., 2020). Garantiza que el producto que lleva este sello presenta un vínculo con el medio geográfico en al menos

una de las etapas de su desarrollo productivo, de transformación o de elaboración.

- *Denominación de origen:* Se refiere a la designación que identifica un producto como originario del territorio de un país, o una región o localidad de ese territorio, cuando determinada calidad u otras características del producto se deban exclusiva o esencialmente al medio geográfico, comprendidos los factores naturales y humanos. Garantiza que el producto que lleva este sello ha sido producido, transformado y elaborado en una zona geográfica determinada, con conocimientos específicos, reconocidos y comprobados (Salazar, 2011).

- *Protocolos para el Mercado Halal:* El término "Halal" hace referencia al conjunto de prácticas permitidas por la religión musulmana, que en el caso de la carne, involucran las prácticas estrictas que se deben llevar a cabo en el beneficio animal (Chandia y Soon, 2018). Aunque la palabra en sí engloba a todo tipo de prácticas, es comúnmente asociado a los alimentos aceptables según la *shariah* o ley islámica. El mercado mundial de productos se proyecta como uno de los de mayor crecimiento y se estima que alcanzará para el 2025 los 739 billones de USD (Grand View Research, 2018) y se presenta como una excelente posibilidad de desarrollar productos alimenticios de alto valor agregado orientados a la creciente comunidad musulmana alrededor del mundo y a los miles de consumidores no musulmanes, quienes cada vez optan más por este tipo de alimentos basados en sus atributos diferenciales, garantizados a través de toda la cadena de valor.

- *Protocolos para el Mercado Kosher:* El término designa a los productos que cumplen con la *kashrut*, conjunto de leyes dietéticas del judaísmo, que al igual que el Halal corresponden a técnicas y procedimiento para el sacrificio de carne (Farouk et al., 2014). Aunque muchos estudiosos han atribuido la existencia de estas pautas a necesidades de tipo higiénico-sanitarias, la *kashrut* se basa principalmente en argumentos simbólicos, principios éticos y religiosos (Farouk et al., 2014). Estos conceptos y sus implicaciones deben tenerse presentes a la hora de producir y/o comercializar productos dentro del segmento kosher, el mercado Kosher está valorado para 2020 por 20,5 billones de USD, y específicamente el segmento de carne participa con 6,6 billones de USD (Allied Market Research, 2020). La comercialización de productos kosher constituye una oportunidad comercial actual y con buenas perspectivas, dada la tendencia a reconocer a esta certificación religiosa como una garantía de calidad certificada, independientemente del marco religioso.

1.2. ÁMBITO NACIONAL

Colombia cuenta con el cuarto hato ganadero más grande de Latinoamérica (FAO, 2019), disponiendo de razas de carne por excelencia como el Cebú y el Brahmán colombiano, destacado por tener una de las genéticas con alta calidad del mundo (Fedegan, 2018). Las características del país permiten producir carnes limpias, biológicas y orgánicas de gran demanda en los mercados internacionales (Procolombia, 2019).

El estatus sanitario de Colombia ha permitido que la carne bovina colombiana llegue a mercados tan exigentes como Rusia, Egipto, Angola, Perú, Jordania, Líbano, Emiratos Árabes Unidos y Chile. La oferta está representada por carne en canal y carne deshuesada refrigerada o congelada, empacada al vacío (Trade Map, 2019).

De acuerdo con Procolombia (2019), Colombia se encuentra dividida en tres regiones productoras de ganado bovino, descritas a continuación:

La región 1 está compuesta, principalmente, por los departamentos cuyo conteo de ejemplares bovinos se encuentra entre 1 y 2,5 millones. Por tal razón, hacen parte de ella los departamentos de Antioquia, Córdoba, Casanare, Meta, Cesar, Santander, Caquetá, Magdalena, Cundinamarca y Arauca.

La región 2, por su parte, cubre los departamentos que concentran un hato bovino de entre 200.000 y 850.000 ejemplares. Por tal razón, hacen parte de esta región los departamentos de Bolívar, Sucre, Boyacá, Tolima, Huila, Valle del Cauca, Norte de Santander, Nariño, La Guajira, Caldas, Cauca, Vichada y Atlántico.

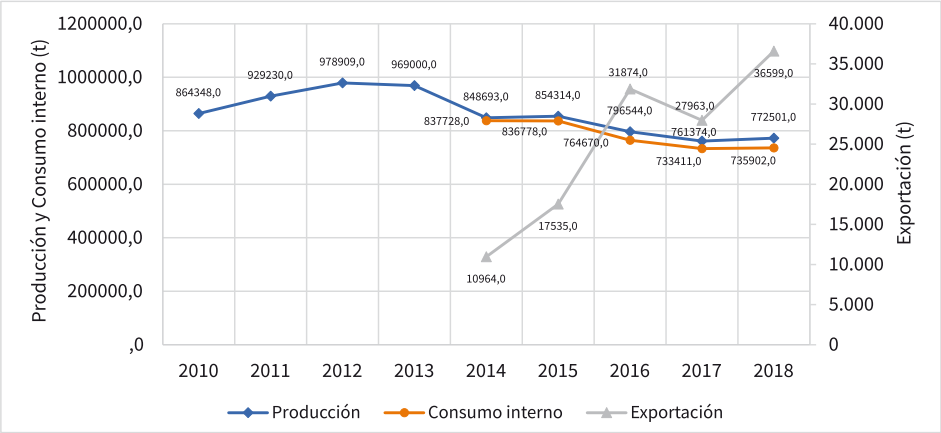
Finalmente, la región 3 está conformada por los departamentos cuya concentración de ejemplares bovinos es la más baja. Los departamentos de Putumayo, Chocó, Quindío, Guaviare, Risaralda, Amazonas, Guainía, San Andrés y Providencia y Vaupés, hacen parte de esta región.

1.2.1. PRODUCCIÓN NACIONAL DE CARNE BOVINA

Aunque la producción de carne bovina en Colombia empezó a descender desde el año 2013, tal como se observa en la Figura 4, en el año 2018, nuevamente comenzó a repuntar, pues a pesar de la disminución del consumo interno per cápita, las exportaciones se incrementaron. Por otro lado, la relación del peso en pie y el peso en canal ha mejorado, pasando de 51,8% en 2014 a 52,5% en 2018 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2019).

Figura 4

Producción nacional de carne bovina 2010 - 2018



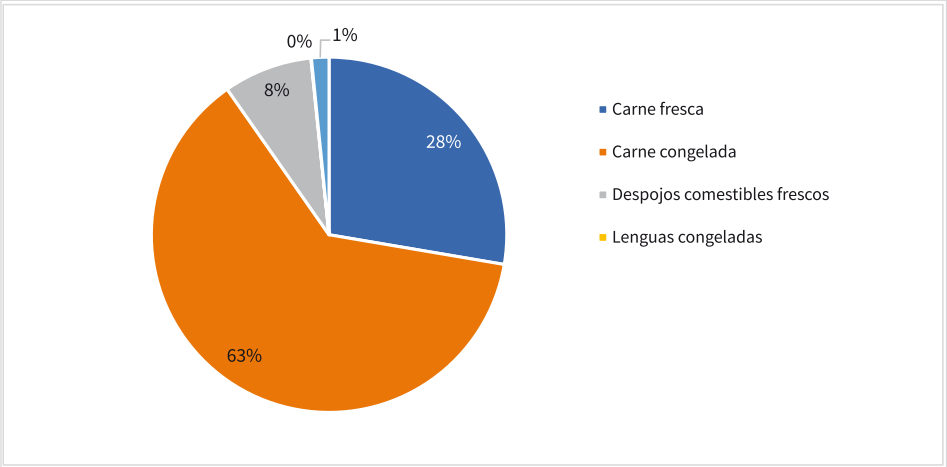
Fuente: Elaboración propia con datos de Fedegan (2019c, 2019a) y DANE (2019)

La producción nacional de carne estará directamente vinculada con el inventario bovino. De esta forma, en el corto plazo no se prevé una deficiencia en la oferta en caso de que las condiciones actuales se mantengan. Sin embargo, para el periodo de 2021 a 2022, de flexibilizarse el comercio internacional de carne vacuna, se podría evidenciar una escasez pronunciada derivada del bajo inventario que hay actualmente en el ganado macho menor a un año (2,47 millones), cifra que dista de los 3,2 millones de machos entre 1 y 2 años que se contabilizan. Sin embargo, los actuales incentivos del Gobierno y los proyectos de investigación para el mejoramiento genético y de productividad de la mano de AGROSAVIA, mitigarían en parte la escasez (Sectorial, 2019). Adicionalmente, la modificación del Decreto 1500 sobre inocuidad y abastecimiento, dinamizaría la puesta en funcionamiento de las plantas de sacrifico en varios municipios, activando la relación oferta-consumo. Desde la demanda, se podría generar un incremento derivado de estrategias publicitarias como “Créale a la carne”, lanzada por Fedegan. Entre los problemas tradicionales a enfrentar están el carneo, abigeato y contrabando de carne y ganado en pie (Sectorial, 2019).

Las exportaciones de carne bovina desde Colombia durante el año 2018 se concentraron, principalmente, en carne congelada (63%) y carne fresca (28%) (Trade Map, 2019), como se observa en la Figura 5.

Figura 5

Exportaciones según tipo de producto 2018



Fuente: Elaboración propia con datos de Legiscomex (2019)

La tendencia en las ventas de carne vacuna a nivel nacional puede presentar un leve comportamiento a la baja en 2020, ante la prioridad por atender el mercado internacional. Las autoridades de Arabia Saudita dieron la certificación de admisibilidad fitosanitaria a cuatro compañías frigoríficas de producción nacional. Con esto, Colombia entrará a formar parte de los aproximadamente 400 millones de dólares que importa el país saudí en carne bovina. Adicionalmente, gran parte del mercado internacional se podría recuperar en 2020 al obtener nuevamente el estatus sanitario que le abriría las puertas a Colombia para enviar a China cerca de 50 mil toneladas de carne, ante el problema que tienen los chinos con la fiebre porcina africana (Sectorial, 2019).

1.2.2. PRODUCCIÓN DEPARTAMENTAL DE CARNE BOVINA

Como se observa en la Tabla 5, los territorios que realizan el mayor aporte en cabezas de ganado para producción de carne en Colombia son Bogotá (15,8%), Antioquia (15,7%), Córdoba (7,6%) y Santander (7,6%). Córdoba registró el mayor aumento en la producción de ganado para carne, pasando de 196.859 cabezas en 2014 a 260.773 en 2018 (DANE, 2019).

Tabla 5

Número de animales beneficiados para producción de carne en Colombia 2014 - 2018

Territorio	Cabezas				
	2014	2015	2016	2017	2018
Bogotá	686.355	659.795	586.886	541.097	544.091
Antioquia	680.580	700.653	640.364	544.623	540.284
Córdoba	196.859	202.489	216.180	277.413	260.773
Santander	319.349	323.510	291.539	272.376	260.643
Cundinamarca	222.974	216.023	197.309	188.340	199.777
Valle del Cauca	246.841	227.538	212.779	195.573	188.735
Caldas	171.341	185.509	190.469	184.985	185.235
Huila	115.050	107.471	88.612	86.171	92.979
Boyacá	115.240	114.855	98.916	81.024	89.626
Tolima	112.454	96.940	90.127	83.744	81.794
Demás	1.115.468	1.151.898	1.039.062	952.167	995.315
Total Nacional	3.982.511	3.986.680	3.652.242	3.407.513	3.439.252

Fuente: Elaboración propia con datos del DANE (2019)

La producción en pie, como se observa en la Tabla 6, está liderada por Bogotá y Antioquia con una participación del 17,30% y el 14,47%, respectivamente. Teniendo en cuenta el número de cabezas de ganado y el peso en pie por departamento, se puede determinar que Bogotá y Córdoba son los territorios que mayor cantidad de carne por cabeza de ganado producen, con un total de 468 kg/Cabeza y 461 kg/Cabeza, respectivamente (DANE, 2019).

Tabla 6

Producción de carne en Colombia (peso en pie) 2014 - 2018

Territorio	Peso en pie (kg)					
	2014	2015	2016	2017	2018	%
Bogotá	304.043.260	300.675.390	275.854.267	255.005.151	254.677.798	17,30%
Antioquia	269.743.853	276.871.790	252.766.096	212.192.110	212.970.706	14,47%
Córdoba	86.760.779	89.611.081	95.722.187	128.980.556	120.137.709	8,16%
Santander	130.125.210	132.795.068	119.122.863	113.966.412	112.046.938	7,61%
Cundinamarca	89.838.489	88.094.223	83.336.003	79.275.765	86.028.659	5,84%
Valle del Cauca	111.441.253	101.836.323	95.741.685	89.358.940	84.764.207	5,76%
Caldas	73.257.134	80.612.250	82.823.951	81.581.168	81.646.586	5,55%
Huila	39.429.834	38.646.489	31.142.118	31.551.986	33.985.965	2,31%
Boyacá	46.021.533	46.719.821	40.217.627	33.806.843	37.946.906	2,58%
Tolima	47.027.850	40.590.418	37.230.896	35.330.743	35.339.656	2,40%
Demás	440.577.451	454.605.793	413.445.549	388.542.351	412.505.181	28,02%

Fuente: Elaboración propia con datos del DANE (2019)

Tal como se observa en la Tabla 7, la producción de carne en canal la lideran Bogotá y Antioquia, con una participación del 17,69% y el 14,90%,

respectivamente. Aunque Bogotá y Córdoba lideran en la producción de carne en canal por cabeza de ganado, produciendo 251,2 kg/Cabeza y 239,9 kg/Cabeza, son Antioquia y Bogotá los territorios que obtienen mayor relación de peso de carne en canal a partir del peso en pie (54,04% y 53,67%, respectivamente) (DANE, 2019).

Tabla 7

Producción de carne en Colombia (peso en canal) 2014 - 2018

Territorio	Peso en canal (kg)					
	2014	2015	2016	2017	2018	%
Bogotá	156.441.681	152.626.289	145.202.992	136.702.456	136.687.959	17,69%
Antioquia	143.057.415	149.170.466	136.943.977	115.146.864	115.080.273	14,90%
Córdoba	45.241.808	46.475.164	49.663.223	68.005.261	62.567.077	8,10%
Santander	67.736.102	69.123.521	62.136.162	59.837.816	58.772.656	7,61%
Cundinamarca	46.677.057	44.808.736	41.903.651	40.037.217	43.382.636	5,62%
Valle del Cauca	57.418.670	52.394.766	49.269.980	45.745.344	44.320.509	5,74%
Caldas	38.449.959	42.386.980	43.544.414	43.210.537	43.016.871	5,57%
Huila	20.463.722	19.890.351	15.994.035	16.158.108	17.462.622	2,26%
Boyacá	24.744.971	25.097.499	21.418.977	17.914.506	19.976.443	2,59%
Tolima	24.304.181	20.847.596	19.183.686	18.203.727	18.259.201	2,36%
Demás	224.157.671	231.492.719	211.283.673	200.413.020	212.975.111	27,57%

Fuente: Elaboración propia con datos del DANE (2019)

En el año 2018, el Tolima aportó el 2,38% de la producción de cabezas de ganado; el 2,4% de peso en pie, y el 2,36% de carne en canal. La producción de peso en pie por cabeza de ganado equivale a 432 kg/Cabeza. La producción de peso en canal por cabeza de ganado, a 223,2 kg/Cabeza, y la relación de peso que se obtiene de carne en canal a partir del peso en pie, es de 51,67% (DANE, 2019).

1.2.3. PRINCIPALES SOCIOS EXPORTADORES DE CARNE BOVINA PARA COLOMBIA SEGÚN PARTIDAS

Como se observa en la Tabla 8, Colombia exporta ocho productos diferentes a partir de la carne bovina: cortes finos de carne deshuesada fresca (0201300010); las demás carnes deshuesadas frescas (0201300090); trozos de carne congelada sin deshuesar (0202200000); cortes finos de carne deshuesada congelada (0202300010); las demás carnes deshuesadas congeladas (0202300090); despojos comestibles frescos (0206100000); lenguas congeladas (0206210000), y los demás despojos comestibles congelados (0206290000) (Legiscomex, 2019).

Tabla 8

Destino de las exportaciones según partida arancelaria

Partida arancelaria	Descripción	Curazao	Egipto	Emiratos Árabes Unidos	Hong Kong	Jordania	Líbano	Rusia	Vietnam
0201300010	Cortes finos de carne de animales de la especie bovina, deshuesada, fresca o refrigerada.	X		X			X		
0201300090	Las demás carnes de animales de la especie bovina, fresca o refrigerada, deshuesada.	X		X		X	X	X	
0202200000	Los demás cortes (trozos) de carne de animales de la especie bovina congelada, sin deshuesar.								X
0202300010	Cortes finos de carne de animales de la especie bovina, deshuesada, congelada.	X						X	
0202300090	Las demás carnes de animales de la especie bovina, congelada, deshuesada.	X	X		X			X	X
0206100000	Despojos comestibles de animales de la especie bovina, frescos o refrigerados.				X				X
0206210000	Lenguas de animales de la especie bovina, congeladas.							X	
0206290000	Los demás despojos comestibles de animales de la especie bovina, congelados.	X			X			X	X

Fuente: Elaboración propia con datos de Legiscomex (2019)

Rusia es el principal destino de las exportaciones de carne colombiana, con un valor total de USD 42.987.595 en el año 2018, equivalente al 54,6% de participación en el valor total, seguido por Vietnam, con el 14,2%, y Líbano con el 11,6% (Legiscomex, 2019).

En la Tabla 9, se relaciona el valor de las exportaciones por país para cada producto. El principal destino para los cortes finos de carne deshuesada fresca es Líbano; para las demás carnes deshuesadas frescas es Jordania; para los trozos de carne congelada sin deshuesar y despojos comestibles frescos es Vietnam; para los cortes finos de carne deshuesada congelada es Curazao; para las demás carnes deshuesadas congeladas y lenguas congeladas es Rusia y para los demás despojos comestibles congelados, Hong Kong (Legiscomex, 2019).

Tabla 9
Destino de las exportaciones de carne colombiana 2018

Cortes finos de carne de animales de la especie bovina, deshuesada, fresca o refrigerada. Partida arancelaria: 201300010	
País de destino	**Valor (USD)**
Curazao	127.778,6
Emiratos Árabes Unidos	557.521,3
Líbano	2.210.702,7
Total	2.896.002,6
Las demás carnes de animales de la especie bovina, fresca o refrigerada, deshuesada. Partida arancelaria: 0201300090	
País de destino	**Valor (USD)**
Curazao	305.177,1
Emiratos Árabes Unidos	1.439.846,3
Jordania	7.289.912,1
Líbano	6.907.091,7
Rusia	2.951.935,5
Total	18.893.962,7
Los demás cortes (trozos) de carne de animales de la especie bovina congelada, sin deshuesar. Partida arancelaria: 202200000	
País de destino	**Valor (USD)**
Vietnam	62.066,5
Cortes finos de carne de animales de la especie bovina, deshuesada, congelada Partida arancelaria: 202300010	
País de destino	**Valor (USD)**
Curazao	43.317,0
Rusia	54,9
Total	43.371,9
Las demás carnes de animales de la especie bovina, congelada, deshuesada. Partida arancelaria: 202300090	
País de destino	**Valor (USD)**
Curazao	527.093,0
Egipto	257.076,5
Hong Kong	3.990.684,0
Rusia	39.775.092,5
Vietnam	4.642.800,6
Total	49.192.746,6
Despojos comestibles de animales de la especie bovina, frescos o refrigerados. Partida arancelaria: 0206100000	
País de destino	**Valor (USD)**
Hong Kong	236.149,0
Vietnam	6.130.476,8
Total	6.366.625,8

Lenguas de animales de la especie bovina, congeladas. Partida arancelaria: 0206210000	
País de destino	**Valor (USD)**
Rusia	33.052,5
Los demás despojos comestibles de animales de la especie bovina, congelados. Partida arancelaria: 0206290000	
País de destino	**Valor (USD)**
Curazao	9.672,3
Hong Kong	666.589,1
Rusia	227.459,9
Vietnam	347.777,6
Total	1.251.498,9

Fuente: Elaboración propia con datos de Legiscomex (2019)

1.2.4. CONSUMO NACIONAL

El consumo de proteína animal en Colombia ha presentado un crecimiento constante durante los últimos años, tal como se observa en la Tabla 10, principalmente por la diversidad en la oferta para la alimentación. Aun cuando existe una tendencia creciente en el consumo de proteína animal, el consumo nacional de carne de res ha disminuido, por el precio de otras fuentes de proteína animal como el pollo, el cerdo y el pescado (Fedegan, 2019a)

Tabla 10

Consumo aparente per cápita anual 2010 - 2018

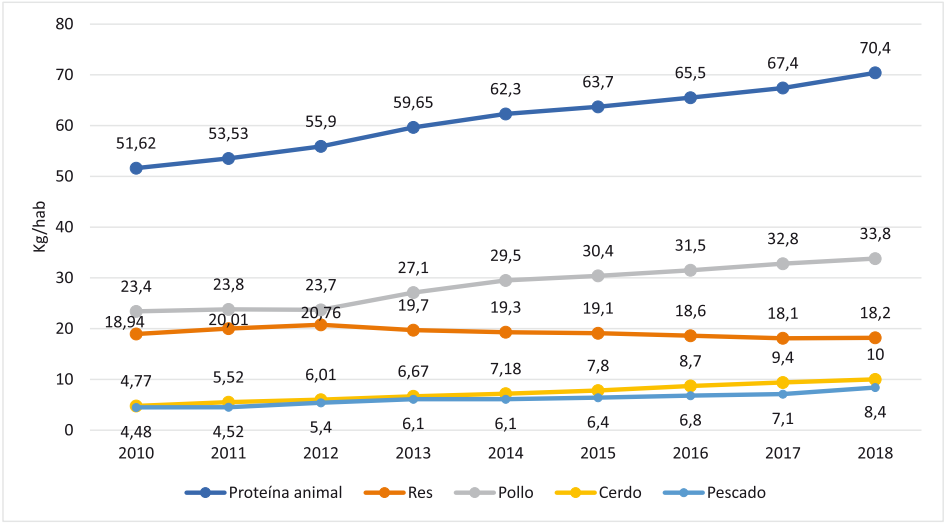
Año	Consumo aparente per cápita anual (kg/hab)				
	Proteína animal	Res	Pollo	Cerdo	Pescado
2010	51,62	18,94	23,4	4,77	4,48
2011	53,53	20,01	23,8	5,52	4,52
2012	55,9	20,76	23,7	6,01	5,4
2013	59,65	19,7	27,1	6,67	6,1
2014	62,3	19,3	29,5	7,18	6,1
2015	63,7	19,1	30,4	7,8	6,4
2016	65,5	18,6	31,5	8,7	6,8
2017	67,4	18,1	32,8	9,4	7,1
2018	70,4	18,2	33,8	10	8,4

Fuente: Elaboración propia con cifras de Fedegan (2019a)

Tal como se observa en la Figura 6, es claro que la carne de res, frente a las otras fuentes de proteína, es la única cuyo consumo per cápita ha disminuido. El pollo es la principal fuente de proteína animal para los colombianos (Fedegan, 2019a).

Figura 6

Consumo aparente per cápita anual 2010 - 2018



Fuente: Elaboración propia con cifras de Fedegan (2019a)

1.2.5. TENDENCIAS DE CONSUMO NACIONAL

El consumo de carne de res ha presentado una tendencia decreciente en los últimos años, pasando de 20,8 kg/persona/año en 2012, a 18,2 kg/persona/año en 2018. A pesar de algunas tendencias de consumo en contra de las llamadas "carnes rojas", la preferencia de los consumidores colombianos sigue orientada a la "carne de res", en lo cual la tradición y el gusto juegan un papel importante, aunque la variable precio representa una restricción (Fedegan, 2019a).

En cuanto a los sustitutos, en el mercado interno, el consumo de pollo presenta una tendencia creciente durante los últimos años, llegando a 33,8 kg/persona/año en 2018, casi duplicando el consumo de carne bovina. El consumo de carne de cerdo también presenta una tendencia creciente, pasando de 3,3 kg/persona/año en 2005, a 10 kg/persona/año en 2018 (Federgan, 2019a).

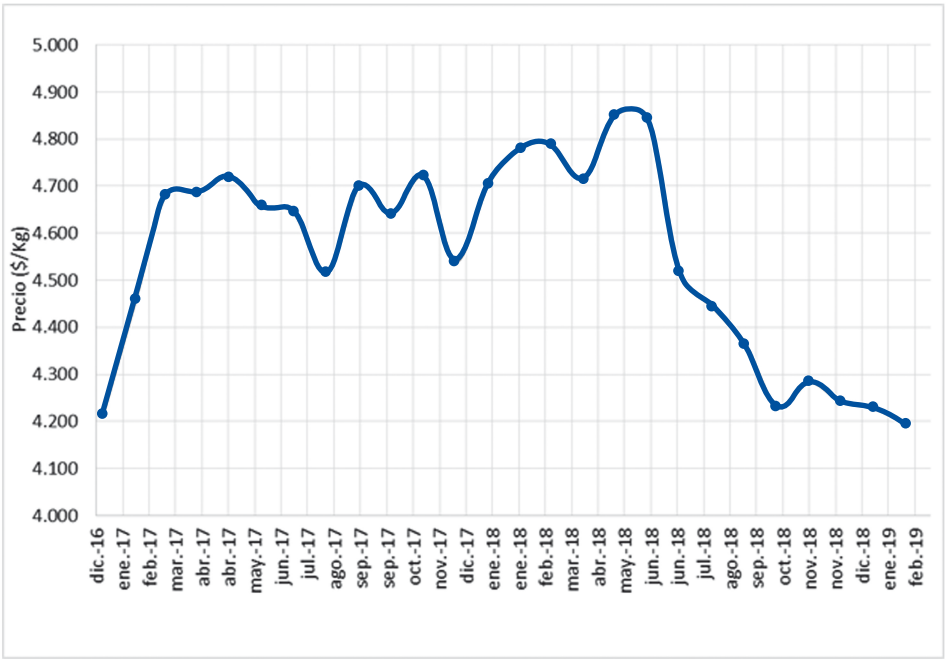
La tendencia a reemplazar el consumo de carne bovina por pollo o cerdo, se debe principalmente, al menor precio en el mercado, resultado de una menor complejidad productiva, menores costos de producción y menor dependencia de la tierra, además de un esfuerzo sostenido y exitoso de promoción mediática del consumo (Sectorial, 2019).

1.2.6. EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE CARNE BOVINA EN LOS MERCADOS MÁS IMPORTANTES PARA COLOMBIA

En Colombia, el precio promedio del ganado gordo en pie, de diciembre de 2016 a febrero de 2019, fluctuó entre los $4.195 y los $4.851, alcanzando su punto más alto en mayo de 2018 (Fedegan, 2019b). A partir de este mes, el precio de referencia empezó a bajar hasta alcanzar su punto mínimo en febrero de 2019, tal como se observa en la Figura 7.

Figura 7

Precio promedio de ganado gordo en pie Colombia ($ x kilo) - Precio Referencia

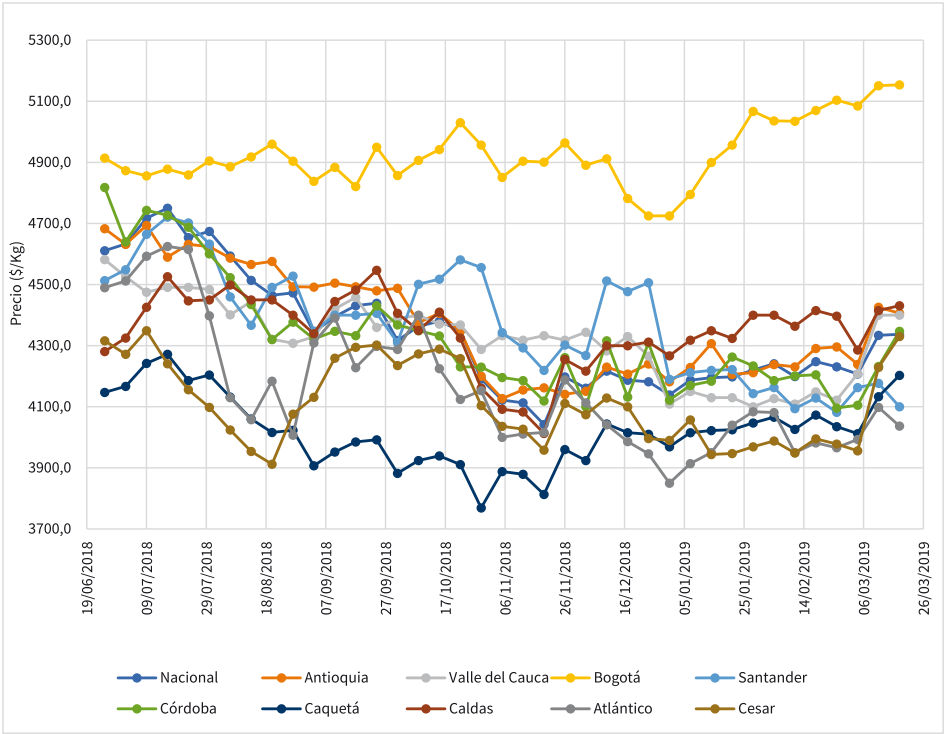


Fuente: Elaboración propia con datos de Fedegan (Fedegan, 2019b)

En cuanto al precio del ganado gordo en la Bolsa Mercantil de Colombia, en la Figura 8 se observa que es en Bogotá donde el ganado presenta mayor valor ($4.725 - $5.154 entre el 25 de junio de 2018 y el 18 de marzo de 2019), mientras que en el departamento de Caquetá, se presentan los menores valores ($3.769 - $4.272 en el mismo periodo de tiempo) (Fedegan, 2019b).

Figura 8

Precios Ganado Gordo Bolsa Mercantil de Colombia 2019



Fuente: Elaboración propia con datos de Fedegan (2019b)

En cuanto a los precios de carne bovina en los mercados más importantes para Colombia, tal como se observa en la Tabla 11, es claro que para el caso de la carne fresca, el valor ha aumentado constantemente, logrando su mayor precio de venta en Emiratos Árabes Unidos en el año 2018, con un valor promedio de 5.107 USD/t (Trade Map, 2019).

Para el caso de la carne congelada, aunque el valor disminuyó entre 2014 y 2016, durante 2017 y 2018, los valores unitarios han aumentado constantemente, logrando su mayor precio de venta en Hong Kong en el año 2018, con un valor promedio de 3.805 USD/t. El valor de los despojos de bovinos comestibles congelados excepto las lenguas e hígados, ha disminuido constantemente. Para el caso particular de Hong Kong, principal destino de este producto colombiano, el valor unitario pasó de 3.717 USD/t a 3.254 USD/t (Trade Map, 2019).

Tabla 11

Valores unitarios para diferentes productos de carne bovina colombiana en el mundo 2014 - 2018

País	Valores unitarios (USD/tonelada)				
	2014	2015	2016	2017	2018
0201 Carne de animales de la especie bovina, fresca o refrigerada					
Mundo	4.509	4.159	4.267	4.473	4.642
Líbano			4.914	4.912	4.894
Jordania		4.250	4.121	4.180	4.241
Rusia	4.184	3.069	3.217	4.171	4.656
Emiratos Árabes Unidos					5.107
Curaçao	4.923	4.550	4.352	4.300	4.920
0202 Carne de bovinos, congelada					
Mundo	5.088	3.166	2.937	3.285	3.678
Rusia	3.836	3.074	2.770	3.051	3.702
Vietnam		2.446	3.713	3.703	3.514
Hong Kong, China	3.506	3.571	3.693	3.587	3.805
Curaçao	3.247	3.407	2.807	2.983	3.497
Egipto		3.973		3.185	2.380
020610 Despojos de bovinos, comestibles, frescos o refrigerados					
Mundo			2.761	4.096	6.557
Vietnam			2.761	4.068	6.507
Hong Kong, China					8.138
020621 Lenguas de bovinos, comestibles, congeladas					
Mundo					4.714
Rusia					4.714
020629 Despojos de bovinos, comestibles, congelados (exc. lenguas e hígados)					
Mundo	10.279	6.747	15.915	10.046	2.930
Hong Kong, China	2.157	2.236	1.789	3.717	3.254
Vietnam				3.319	2.900
Rusia					2.441
Curazao	879	722	793	882	1.111

Fuente: Elaboración propia con datos de Trade Map (2019)

Se espera que la tendencia al alza de los precios para 2020 continúe, debido a la pérdida de participación en el mercado mundial de China, que pasaría de exportar a importar, generando oportunidades comerciales para Colombia. A lo anterior, se suma la deficiencia de los suelos africanos, que verían un notoria caída en la producción de carne, finalmente se encuentra el incremento demográfico, que jugará en favor del sector. A nivel interno, los precios seguirán mostrando variaciones según la región, dado el impacto desigual del clima y la disposición de venta de los productores. Bajo este escenario, tomará relevancia el fortalecimiento de otras líneas ganaderas como la bufalina, ovina, caprina y sustitutos como la piscicultura y la avicultura (Sectorial, 2019).

1.2.7. EMPRESAS EXPORTADORAS DE CARNE BOVINA PARA COLOMBIA SEGÚN CÓDIGO ARMONIZADO

Durante el año 2018, se exportaron 36.599 t de carne (un incremento del 30,8% con respecto a las 27.963 t exportadas en 2017). Desde el nivel regional, tal como se observa en la Tabla 12, las exportaciones fueron lideradas por el departamento de Córdoba, que aporta el 66,1% del total, seguido por Antioquia con un 30,5% de participación (Legiscomex, 2019). El departamento del Tolima no aportó en 2018 a las exportaciones colombianas de carne bovina.

Tabla 12

Departamento origen de las exportaciones 2018

Departamento	Valor (USD)
Córdoba	52.066.727
Antioquia	24.026.707
Atlántico	1.072.471
Santander	926.760
Cundinamarca	349.829
Bogotá	198.613
Bolívar	98.166
Caldas	55
Total	78.739.327

Fuente: Elaboración propia con datos de Legiscomex (2019)

En la Tabla 13, se relacionan las empresas que realizaron exportaciones de carne bovina durante 2018 y el valor exportado.

Tabla 13

Empresas exportadoras de carne bovina colombiana por partida arancelaria

Empresa exportadora	Valor exportado por partida arancelaria (miles USD)							
	0201300010	0201300090	0202200000	0202300010	0202300090	0206100000	0206210000	0206290000
AGRO INDUSTRIAS LA ESTANCIA S.A.S. (Bogotá D.C.)				0,1				
AGROPECUARIA EL BÚFALO S.A. (Bogotá D.C.)		97,3			360,2			
ALIMENTOS CÁRNICOS S.A.S. (Medellín)	2.768,2	11.074,6			2.516,7			
CAMAGUEY S.A. (Barranquilla)	127,8	305,2		43,3	716,0			39,2
CG EXPORT S.A.S. (Bogotá D.C.)					160,3			
COMERCIALIZADORA DERIVADOS CÁRNICOS S.A.S. (Bogotá D.C.)						5.818,2		

Empresa exportadora	Valor exportado por partida arancelaria (miles USD)							
	0201300010	0201300090	0202200000	0202300010	0202300090	0206100000	0206210000	0206290000
CURTIDOS DE COLOMBIA GROUP S.A.S. (Bogotá D.C.)						349,8		
GRUPO AGB S.A.S. (Medellín)					935,2			
LE CURTIERE COLOMBIA S.A.S. (Bogotá D.C.)						116,4		
RED CÁRNICA S.A.S. (Medellín)		7.416,9	62,1		44.504,3		33,1	1.212,3
SEAFOOD MARKET INTERNATIONAL TRADING S.A.S. (Bogotá D.C.)						82,2		

Fuente: Elaboración propia con datos de Legiscomex (2019)

En la Tabla 14, se observan los destinos a los que cada una de las empresas exportadoras de carne colombiana envían su producto.

Tabla 14

Empresas exportadoras de carne bovina colombiana por destino

Empresa exportadora	Destino de las exportaciones							
	Curazao	Egipto	Emiratos Árabes Unidos	Hong Kong	Jordania	Líbano	Rusia	Vietnam
AGRO INDUSTRIAS LA ESTANCIA S.A.S.							X	
AGROPECUARIA EL BÚFALO S.A.					X		X	
ALIMENTOS CÁRNICOS S.A.S.			X		X	X	X	X
CAMAGUEY S.A.	X						X	X
CG EXPORT S.A.S.							X	
COMERCIALIZADORA DERIVADOS CÁRNICOS S.A.S.				X				X
CURTIDOS DE COLOMBIA GROUP S.A.S.								X
GRUPO AGB S.A.S.							X	
LE CURTIERE COLOMBIA S.A.S.								X
RED CÁRNICA S.A.S.		X	X	X	X	X	X	X
SEAFOOD MARKET INTERNATIONAL TRADING S.A.S.								X

Fuente: Elaboración propia con datos de Legiscomex (2019)

1.3. LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS EN LOS ÁMBITOS NACIONAL E INTERNACIONAL

Las formas de consumo han cambiado, los compradores se fijan más en el empaque, el color, la terneza y el precio (Garmyn, 2020; Miller, 2020) y como consecuencia, la carne continúa siendo percibida como un producto costoso. Por otro lado, teniendo en cuenta que en Colombia cerca del 56% de la población sufre de exceso de peso y el 18,7% de obesidad (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018), se han especulado presuntos efectos nocivos de la carne sobre la nutrición y la salud humana, lo que hace que el comprador deje de consumir cierto tipo de productos buscando cuidar su salud. Esto hace que el consumidor busque carnes mucho más saludables, por la relación directa que sostienen el bienestar y la salud animal con la salud humana, haciendo imprescindible la disminución en la aplicación de antibióticos y la mejora en las condiciones de vida de los animales. A esto se suma la tendencia del consumidor ecológico y consciente del impacto de la producción animal en el cambio climático.

A pesar de estas limitaciones, el contexto general para el sector ganadero es positivo, debido al crecimiento de la producción de Brasil y Estados Unidos, así como a la fuerte demanda de China y otros países asiáticos (FAO, 2019).

La situación actual y las tendencias del mercado expuestas en las secciones anteriores, dejan ver un aumento significativo en la producción de carne, previendo que China, India y América del Sur (principalmente Brasil y Argentina), incrementen su capacidad productiva constantemente hasta 2022, mientras esta disminuya en la Unión Europea (Marketline, 2019).

Asia (en particular China), Medio Oriente, África del Norte, Rusia, la Unión Europea, Sudamérica, Estados Unidos y Canadá son los principales importadores de carne bovina a nivel mundial, mientras que las exportaciones son lideradas por Australia, India, Brasil y Estados Unidos. (Trade Map, 2019).

En zonas emergentes, el consumo de carne aún es muy bajo, por lo cual, se identifican como regiones de alto potencial de crecimiento, mientras que, en países muy desarrollados como Estados Unidos, Japón, Australia y la Unión Europea, el consumo de carne se ha estabilizado y ha empezado a decrecer en los últimos años (FAO, 2019).

China es un actor de gran relevancia, pues ha reconocido no suplir la demanda interna con las importaciones actuales y está buscando abrir su red de proveedores a otros países, pues actualmente se abastecen principalmente

de India y Brasil, aunque Australia, Nueva Zelanda, Uruguay y Argentina se posicionan también (Marketline, 2019).

La producción de carne bovina en África crece a pasos muy lentos, principalmente por el bajo nivel de desarrollo, estado sanitario, baja eficiencia y débil estructuración del sector. El 70% de las importaciones se ven concentradas en Angola, Ghana, Gabón, Costa de Marfil y el Congo (FAO, 2019).

Aunque la tendencia muestra un aumento en los costos de producción en la mayoría de los países, el precio del kilo de novillo gordo en Colombia es una ventaja competitiva casi que estructural (Fedegan, 2018, p. 24). No obstante, esa ventaja se pierde a lo largo de las imperfecciones (Fedegan, 2018, p. 32), también estructurales (logística, intermediación, incentivos por calidad, inspección y vigilancia, entre otras) de la cadena cárnica-bovina. Adicionalmente, aunque se conserva esa ventaja competitiva en la exportación de animales vivos y de carne a mercados de bajas exigencias de admisibilidad (y de menores precios), continúa totalmente cerrado el acceso a los mercados de alto precio, con los cuales el país ha suscrito TLC. A manera de compensación, esa misma competitividad por precio del eslabón primario ha permitido que el país no sea un gran importador de carne, a pesar de estar abierto al comercio internacional. Dentro de ese orden de ideas, la superación de las imperfecciones estructurales frente a la admisibilidad sigue siendo un reto y prioridad para la ganadería colombiana (Fedegan, 2018, p. 35). La pérdida del estatus sanitario, además de las enormes pérdidas para la ganadería, representa un grave retroceso para el proyecto exportador ganadero (Fedegan, 2018, p. 35). La ganadería no se puede conformar con los mercados alternativos, teniendo oportunidades ilimitadas en los países con los que tiene TLC suscritos.

En la Tabla 15, se presenta la consolidación de limitaciones y oportunidades identificadas a nivel nacional e internacional.

Tabla 15

Limitaciones y oportunidades identificadas a nivel nacional e internacional

Limitaciones	Oportunidades
– Bajo cumplimiento de condiciones sanitarias para acceder a mercados diferenciados. – Imperfecciones estructurales de la cadena cárnica-bovina. – La carne de res es un producto percibido como de alto costo. – Se han vuelto constantes presuntos efectos nocivos de la carne sobre la nutrición y la salud humana. – En Estados Unidos, Japón, Australia y la Unión Europea, el consumo de carne se ha estabilizado y ha empezado a decrecer en los últimos años.	– La tendencia muestra aumento en los costos de producción en la mayoría de los países, mientras que en Colombia el precio del kilo de novillo gordo es una ventaja competitiva casi que estructural. – Debido a la competitividad del precio del eslabón primario, Colombia no es un gran importador de carne. – Fuerte demanda de China y otros países asiáticos, que actualmente están ampliando su red de proveedores. – La Unión Europea disminuirá su capacidad productiva. – El consumidor busca carnes más saludables relacionando el bienestar y la salud animal con la salud humana, haciendo imprescindible la disminución en la aplicación de antibióticos y la mejora en las condiciones de vida de los animales. – Existe una megatendencia del consumidor ecológico. – En zonas emergentes, el consumo de carne aún es muy bajo, por lo cual se identifican como territorios de alto potencial de crecimiento. – Oportunidades en los países con TLC suscritos.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO

2

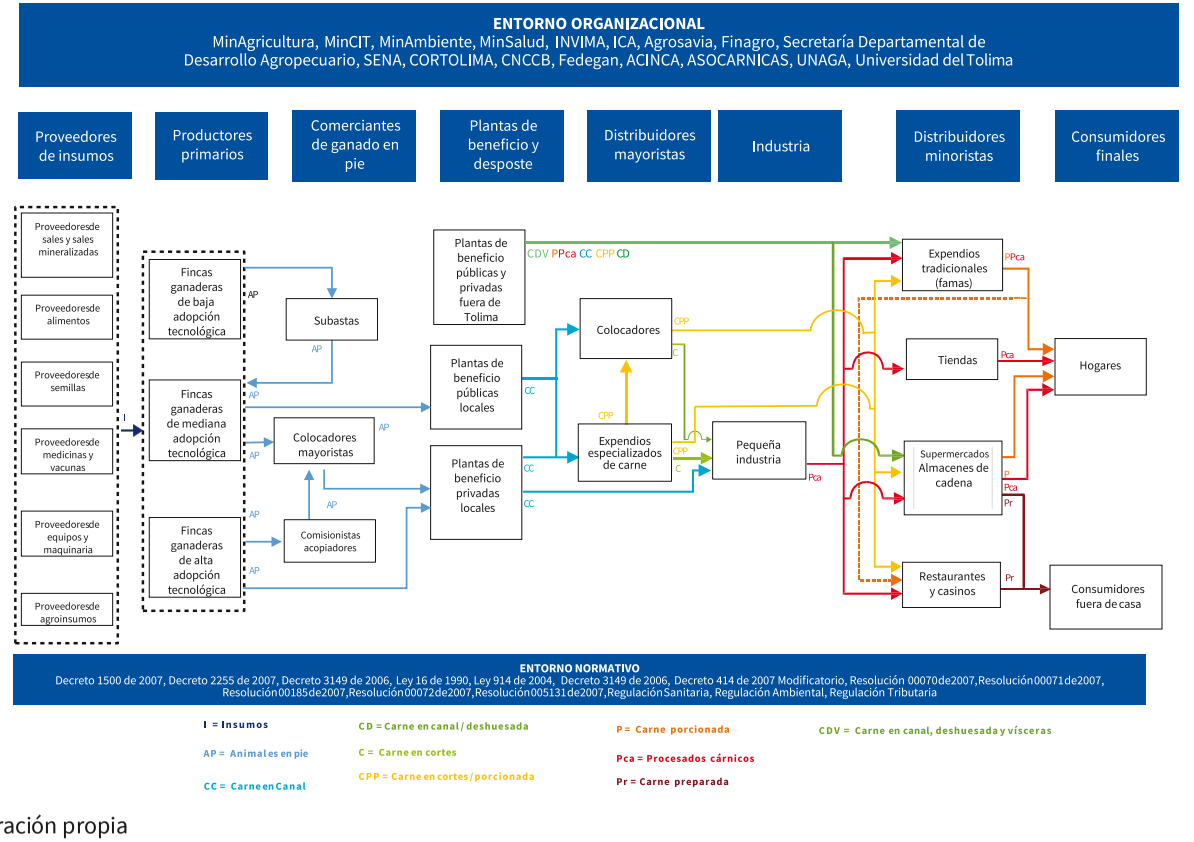
ESTRUCTURA DE LA CADENA PRODUCTIVA CÁRNICA-BOVINA EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

La cadena productiva constituye la articulación de los diferentes actores en cada uno de los eslabones que componen los procesos productivos y las actividades que permiten generar un producto deseado al consumidor final. La dinámica y complejidad de una cadena obedece a las relaciones entre los diferentes segmentos de acuerdo con el flujo de materiales y capital que circulan en el esquema, en términos de eficiencia, calidad y competitividad.

A partir del análisis de las fuentes primarias y secundarias, se ha definido la estructura actual de la cadena cárnica-bovina para el departamento del Tolima, presentada en la Figura 9. En el esquema se identificaron ocho eslabones: proveedores de insumos, productores primarios, comerciantes de ganado en pie, plantas de beneficio y desposte, distribuidor mayorista, industria, distribuidor minorista y consumidor final. Dentro del modelo, se encuentran además los entornos organizacional e institucional.

Figura 9

Modelo de la Cadena Productiva Cárnica-bovina en el departamento del Tolima



Fuente: Elaboración propia

2.1. ESLABÓN DE PROVEEDURÍA

El eslabón de proveeduría de insumos lo conforman todos aquellos agentes económicos que suministran la materia prima utilizada para la producción de carne de manera eficiente, como pajillas de semen congelado, comederos, bebederos, saladeros, tanques, medicamentos, agujas, cercas eléctricas y accesorios, agroquímicos, fumigadoras, fertilizantes, maquinaria pequeña y mediana como guadañas, motosierras, pica pastos, molinos, trituradores, motobombas, riego, semillas de pastos, cereales y alimento concentrado. Los proveedores de insumos se segmentaron de la siguiente manera, teniendo como referencia el tipo de producto que suministran para el proceso productivo: proveedores de sales y sales mineralizadas, proveedores de alimento, proveedores de semilla, proveedores de medicinas y vacunas, proveedores de equipos y maquinaria y proveedores de agroinsumos.

2.2. ESLABÓN DE PRODUCCIÓN

La orientación productiva de la ganadería bovina del departamento del Tolima se distribuye entre las actividades de doble propósito (43%), cría (29%) y ceba (19%), mientras que la actividad lechera abarca tan solo el 8% del hato. En cuanto al tamaño de los hatos, de 17.429 fincas con ganado bovino, el 83% tienen entre 1 y 50 bovinos; el 10%, entre 51 y 100; el 6,2%, entre 101 y 500, y el 0,4%, más de 501 (Fedegan, 2017).

El proceso productivo inicia con las labores en los hatos en donde se realiza la cría y levante del ganado para la obtención del ganado en pie. Este proceso abarca la reproducción a través de la inseminación de la hembra durante su periodo fértil, la cría y el levante, el engorde o ceba hasta lograr pesos entre 450 y 500 kg, para realizar finalmente la comercialización del ganado en pie.

La segmentación del eslabón de productores primarios se encuentra dada por el nivel de adopción tecnológica definido por Fedegan, el cual puede ser bajo, medio o alto. Los criterios definidos se describen a continuación:

- *Sistemas de riego:* Que la finca aplique riego a las pasturas y forrajes.
- *Pastos mejorados:* Que en la finca existan pastos mejorados.
- *Suplementación alimenticia:* Que a los animales se les suministren suplementos alimenticios producidos en la finca o adquiridos.
- *Material genético:* Que se empleen reproductores(as) puros o de alta selección, se cuente con programas bioreproductivos como la

Inseminación Artificial (IA) o la Transferencia de Embriones (TE).

- *Mecanización de praderas:* Que existan procesos de mecanización de praderas.
- *Rotación de praderas:* Que se realice una rotación de potreros, entendida como una rotación programada.
- *Registros:* Que se lleven registros técnicos, reproductivos y/o contables y ellos se utilicen para la toma de decisiones de la explotación.

Así entonces, para que una finca ganadera sea considerada de baja tecnología, debe cumplir al menos uno de los parámetros anteriores; para que se clasifique como hato de mediana tecnología, debe cumplir más de dos y para que se considere de alta adopción tecnológica, más de cuatro, siendo "material genético" y "registros", de obligatorio cumplimiento.

El nivel de adopción tecnológica determina la productividad del hato. Es así como en la Tabla 16, se presenta un comparativo entre los diferentes niveles de adopción tecnológica, en relación con la tasa de natalidad, capacidad de carga, ganancia diaria de peso y edad de beneficio para el departamento del Tolima.

Tabla 16

Indicadores productivos por orientación del hato y nivel de tecnología en el Tolima

Orientación	Indicador	Nivel tecnológico
Cría	Tasa de natalidad	Bajo: menos del 50%
		Medio: 51% - 55%
		Alto: 61% - 65&
	Capacidad de carga (UGG/Ha/año)	Bajo: 0,4 – 0,7
		Medio: 0,71 – 0,9
		Alto: mayor a 0,91
Engorde	Ganancia diaria de peso	Bajo: 101 – 200 gr.
		Medio: 201 – 400 gr.
		Alto: mayor a 401 gr.
	Edad de beneficio	Bajo: 43 – 48 meses
		Medio: 37 – 42 meses
		Alto: menos de 36 meses

Fuente: Fedegan (2017)

Desde el año 2012, el peso de los animales llevados al beneficio ha aumentado constantemente, pasando de 396 kg/Cabeza en 2012 a 432 kg/Cabeza en enero de 2019, generando mayores rendimientos a los ganaderos. La tasa de extracción para 2018 fue del 17%, lo que denota una oportunidad

para abrir más mercados y generar una rotación mucho más rápida del inventario, buscando alcanzar indicadores del 38% como en Estados Unidos, o del 46% como en la Unión Europea (Fedegan, 2019c).

2.2.1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE PRODUCCIÓN

Actualmente, una de las limitaciones más pronunciadas es el manejo reactivo de enfermedades reproductivas, infectocontagiosas, carenciales, metabólicas y parasitarias. Por otro lado, es necesario implementar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, debido a la alta influencia de este aspecto en la producción.

En el departamento del Tolima, los precios del mercado se fijan en función de los costos de producción de la gran mayoría de los ganaderos y teniendo en cuenta que muchos productores tienen un bajo nivel tecnológico, los costos de producción son altos. Esto hace que la cadena no sea competitiva en los mercados internacionales. En la Tabla 17, se presentan otras limitaciones del eslabón, además de las oportunidades identificadas.

Tabla 17

Limitaciones y oportunidades del eslabón de producción

Limitaciones	Oportunidades
– Bajas tasas de natalidad. – Altos índices de morbimortalidad por diarreas en animales jóvenes, terneros débiles, mortalidad de neonatos, y prevalencia de endo y ecto parásitos. – Insuficiencia en cantidad y calidad de la alimentación animal. – Limitaciones de la oferta de crédito para el mejoramiento tecnológico y el crecimiento de la producción. – Alto costo de insumos. – Desarrollo incipiente del mercado de carnes de alta calidad. – Reducido tamaño de las explotaciones ganaderas. – Altos costos en la mano de obra directa. – La raza predominante (cebú) tiene características inferiores en terneza y marmóreo en relación con razas europeas. – Baja escolaridad y capacitación técnica del trabajador en las fincas. – Escasa aplicación de sistemas de buenas prácticas.	– Disponibilidad de razas adaptadas al medio colombiano con características superiores al cebú. – Tecnologías de manejo reproductivo como la Inseminación Artificial y la Transferencia Embrionaria. – Investigación o transferencia en tecnología genética para el mejoramiento en conversión y estructura en las razas ganaderas predominantes. – Aplicación de las especies forrajeras más apropiadas para cada microrregión ganadera. – Capacidad instalada para la investigación. – Optimización en el manejo de sistemas de pastoreo rotacional. – Producción de ganado bajo sistemas de certificación orgánicos, permitiendo aumentar el precio de venta. – Cruce de razas para mejorar la calidad de la carne.

Limitaciones	Oportunidades
– Si bien el consumo aparente de carne registró una ligera recuperación, es evidente que la producción de origen ilegal o clandestino ha ganado espacio, afectando a la industria cárnica legal. – Después de las problemáticas de aftosa terminaron cerrándose diferentes mercados internacionales. – Parte de la carne que se consume es de baja calidad, debido a que proviene de vacas de despaje.	– Promoción de sistemas asociativos. – Genética aplicada para la producción de carnes. – Transferencia de conocimiento y tecnología a trabajadores en temas de sanidad zoosanitaria, rendimiento de forrajes y selección de animales.

Fuente: Elaboración propia

2.3. ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN DE GANADO EN PIE

Este eslabón lo conforman aquellos agentes intermediarios a través de los cuales se realiza el mayor porcentaje de comercialización del ganado en pie en el departamento del Tolima y su función es conectar al productor primario con las plantas de beneficio y desposte, pero también conectar a los productores primarios entre sí. Se encuentra segmentado en subastas, colocadores mayoristas y comisionistas acopiadores.

- *Subastas:* Son organizaciones en donde se encuentran productores o intermediarios para vender, principalmente, ganado flaco a ganaderos cebadores, utilizando el mecanismo de subastas, brindando garantías de pago a través de la empresa propietaria de la subasta.

- *Comisionistas y acopiadores:* La principal función de los comisionistas es relacionar al productor primario con el colocador mayorista y obtener una comisión sobre el valor de la compraventa. En el caso de los acopiadores, su función es comprar animales en pie de diferentes productores primarios para comercializarlos con los colocadores mayoristas.

- *Colocadores mayoristas:* Son aquellos agentes que negocian lotes de ganado con productores primarios, comisionistas y acopiadores, principalmente en las plazas de ferias, con el objetivo de comercializar los animales en pie a las plantas de beneficio privadas.

En el caso de la comercialización de ganado en pie, el precio varía dependiendo del lugar donde se realiza la transacción, la distancia al centro de beneficio, el sexo, la raza, el peso y el tipo de ganado.

2.3.1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN DE GANADO EN PIE

Se presentan fallas significativas en las prácticas de transporte para garantizar el bienestar animal y la calidad de la carne durante la carga y movilización del ganado de la finca a la planta de beneficio. Por ejemplo, los espacios entre animales no son los adecuados dentro de los camiones y no se toman las medidas necesarias para evitar choques y peleas. Así mismo, los tiempos de ayuno son inadecuados. En la Tabla 18, se presentan otras limitaciones del eslabón, además de las oportunidades identificadas.

Tabla 18

Limitaciones y oportunidades del eslabón de comercialización de ganado en pie

Limitaciones	Oportunidades
– Alta presencia de intermediarios. – Variabilidad e incertidumbre en los precios del ganado. – Múltiples entes de control involucrados y baja eficiencia en los procesos de comercialización y transporte de ganado – Inexistencia de prácticas objetivas o estandarizadas para determinación de valor del ganado en pie. – No existe respaldo patrimonial en los acuerdos de compra venta por parte del intermediario, provocando en algunos casos pérdidas a los productores primarios. – Deficientes prácticas que garanticen el bienestar animal y la calidad de la carne durante la carga y movilización del ganado desde las fincas hasta las plantas de beneficio. – No existe retroalimentación al productor primario sobre rendimiento y calidad, que se miden en la planta de beneficio, lo que limita el mejoramiento productivo.	– Agremiación de los intermediarios para garantizar seguridad en las operaciones de compra-venta. – Articulación entre productor primario, comercializador mayorista y plantas de beneficio para establecer medidas objetivas para calcular el valor de la compraventa. – Simplificación de trámites que faciliten la venta y movilización del ganado. – Desarrollo de mercados de futuros y de contratos de suministro, que permitan planificar la producción y comercialización.

Fuente: Elaboración propia

2.4. ESLABÓN DE BENEFICIO Y DESPOSTE

Este eslabón tiene como función el beneficio del ganado en pie para obtener carne en canal, despojos comestibles y despojos no comestibles.

En el departamento del Tolima, no existe ninguna planta de beneficio que cumpla con la reglamentación técnica, requisitos sanitarios y de inocuidad para la producción primaria, beneficio, desposte, desprese, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, expendio, importación o exportación establecida en los Decretos 1500 de 2007 y 2270 de 2012, aunque hay nueve plantas de beneficio que cuentan con autorización sanitaria provisional de acuerdo al Decreto 1282 de 2016, relacionadas a continuación (Invima, 2019).

- Planta de beneficio animal de Cajamarca (autoconsumo)
- Planta de beneficio animal del municipio de Chaparral - Saprama (Categoría nacional)
- Fondo Ganadero del Tolima S.A. - Frigoespinal (Categoría nacional)
- Matadero municipal de Honda (Categoría nacional)
- Fondo Ganadero del Tolima S.A. - Carlima (Categoría nacional)
- Planta de beneficio animal de Icononzo- Frigocarnes Santa Inés S.A.S. (autoconsumo)
- Planta de beneficio animal del Líbano (autoconsumo)
- Planta de beneficio animal de Purificación (Categoría nacional)
- Planta de beneficio animal matadero municipal San Sebastián de Mariquita (Categoría nacional)

Se evidencia una fuerte relación entre la naturaleza jurídica de las plantas de beneficio y el tamaño de estas, pues las más grandes son de carácter privado. Adicionalmente, en el Tolima las plantas de beneficio no están autorizadas para realizar diferentes procesos de valor agregado a la carne, sino únicamente para la producción de carne en canal. Por esta razón, la segmentación del eslabón está dada por la naturaleza jurídica de las plantas y el lugar de operación, de la siguiente manera:

- Plantas de beneficio públicas y privadas fuera del Tolima
- Plantas de beneficio públicas locales
- Plantas de beneficio privadas locales

A diferencia de las plantas de beneficio públicas y privadas locales, que solo están autorizadas para comercializar carne en canal, las plantas de beneficio públicas y privadas que se encuentran fuera del Tolima comercializan, adicionalmente, carne deshuesada, carne en cortes, carne porcionada, procesados cárnicos y vísceras.

2.4.1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE BENEFICIO Y DESPOSTE

Debido a las varias manipulaciones que sufre el producto antes de llegar al consumidor final, es necesario un mayor control sobre la normatividad que debe regir cada uno de los procesos. Por otro lado, hay oportunidades en la formación y capacitación del talento humano encargado de los procesos en

las plantas de beneficio y desposte para garantizar la calidad e inocuidad del producto. En la Tabla 19, se presentan otras limitaciones y oportunidades del eslabón.

Tabla 19

Limitaciones y oportunidades del eslabón de beneficio y desposte

Limitaciones	Oportunidades
– Las plantas de beneficio se encuentran cerca de las zonas de consumo y no en las zonas de producción, lo cual repercute en altos costos de transporte del ganado en pie, fomenta la intermediación y limita la retroalimentación sobre la calidad de su ganado al productor primario. – Baja implementación de sistemas automatizados de control de producción y trazabilidad. – Bajo nivel tecnológico implementado en el proceso de beneficio. – Plantas de beneficio no autorizadas para comercialización de subproductos como carne deshuesada, carne en cortes, carne porcionada, procesados cárnicos y vísceras. – Baja capacidad de refrigeración y congelación en la mayoría de las plantas. – Escasa oferta educativa de los oficios relacionados con el proceso de beneficio.	– Articulación con el SENA para formar por competencias laborales la mano de obra requerida en las plantas de beneficio. – Certificación de plantas de beneficio con HACCP. – Cooperación entre las plantas de beneficio y los productores primarios para retroalimentar información sobre la calidad del ganado. – Articulación de las plantas de beneficio con los productores primarios para planear la producción y comercializar carnes con valor agregado (orgánica, comercio justo, mercado Halal, mercado kosher, etc.). – La comercialización de otros productos diferentes a la carne en canal permite obtener mejores rendimientos y mayor valor en el mercado.

Fuente: Elaboración propia

2.5. ESLABÓN DE DISTRIBUCIÓN MAYORISTA

En el departamento del Tolima, el eslabón de distribuidores mayoristas se encuentra segmentado en colocadores y expendios de carne especializados, que son los encargados de conectar las plantas de beneficio y desposte públicas y privadas locales con la pequeña industria y los distribuidores minoristas. En este eslabón, se genera valor agregado a la carne en canal, pues se comercializa carne en cortes y porcionada.

- *Colocadores:* El colocador es un actor de gran relevancia en la cadena, pues además de comercializar ganado en pie, también hace uso de las plantas de beneficio privadas locales y de los expendios de carne especializados para obtener carne en canal y porcionada, para posteriormente comercializar tanto a la industria como a los distribuidores minoristas. Los colocadores, generalmente, operan en grandes carnicerías ubicadas en las plazas de mercado de mayor importancia o cerca a zonas residenciales.

- *Expendios de carne especializados:* Este segmento se abastece de carne en canal de las plantas de beneficio locales y comercializa carne en cortes y porcionada a los colocadores, a la pequeña industria y a los distribuidores minoristas. Este segmento es el principal proveedor del sector institucional, en el que se encuentra el segmento de restaurantes y casinos, excluyendo a los restaurantes de menú diario. Estos expendios de carne especializados cuentan con cuarto frio, infraestructura de procesamiento, planta de deshuese, porcionado y empaque.

2.5.1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE DISTRIBUCIÓN MAYORISTA

Una de las principales limitantes de este eslabón es el deficiente manejo de la cadena de frío. En la Tabla 20, se presentan otras limitaciones, así como las oportunidades identificadas.

Tabla 20

Limitaciones y oportunidades del eslabón de distribución mayorista

Limitaciones	Oportunidades
– Existe bajo nivel de profesionalización y capacitación en el eslabón. – Bajo desarrollo tecnológico debido a los bajos márgenes de utilidad. – Infraestructura de procesamiento y transporte deficiente, lo que afecta la calidad de los productos cárnicos.	– Diversificación del portafolio de productos para competir con las plantas de beneficio de otros departamentos que distribuyen en el Tolima. – Articulación con los distribuidores minoristas para ajustar productos, logística, especializar funciones y optimizar recursos para hacer más eficiente la cadena.

Fuente: Elaboración propia

2.6. ESLABÓN DE TRANSFORMACIÓN

En el departamento del Tolima, el eslabón industrial está representado por pequeñas industrias procesadoras de carne que preparan embutidos y en algunas ocasiones, realizan otros procesos industriales como inyección y cocción.

La pequeña industria se abastece de carne en canal de las plantas de beneficio privadas locales, y de sobrantes de carne en corte de los colocadores y expendios de carne especializados. Su comercialización se realiza de manera directa a expendios tradicionales, tiendas, supermercados y, en menor proporción, a restaurantes y casinos.

2.6..1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE TRANSFORMACIÓN

En la Tabla 21, se presentan las principales limitaciones del eslabón, además de las oportunidades identificadas.

Tabla 21

Limitaciones y oportunidades del eslabón de transformación

Limitaciones	Oportunidades
– No existe innovación ni generación de valor agregado – Existe bajo nivel de profesionalización y capacitación. – Baja implementación de tecnología de punta. – Escaso reconocimiento de marca y baja cobertura de distribución. – Los productos carecen de información nutricional y de trazabilidad en los empaques. – Las películas y recubrimientos usados son plásticos, por lo que aumentan la contaminación ambiental	– Explorar nuevos empaques y presentación de los productos. – Diversificación del portafolio de productos. – Articulación con los distribuidores minoristas para ajustar productos de acuerdo con sus necesidades.

Fuente: Elaboración propia

2.7. ESLABÓN DE DISTRIBUCIÓN MINORISTA

El eslabón de distribuidores minoristas es el encargado de comercializar los productos cárnicos al consumidor final y está segmentado de la siguiente manera:

- *Expendios tradicionales (famas):* Este segmento, aunque se encuentra en zonas residenciales, se diferencia de las tiendas de barrio por especializarse en comercializar únicamente carnes y procesados cárnicos. Las famas se abastecen de quien ofrezca mejor relación precio-calidad. Por tal razón compran a colocadores, expendios de carne especializados, pequeña industria o plantas de beneficio fuera del Tolima. Sus principales clientes son hogares y en ocasiones los restaurantes de menú diario cercanos a su ubicación.

- *Tiendas:* En este segmento se comercializan principalmente procesados cárnicos como salchichas, jamones, mortadelas, chorizos y salchichones, entre otros y su gran ventaja es la cercanía al consumidor final.

- *Supermercados:* Este segmento está compuesto por cadenas nacionales y locales. Su abastecimiento depende principalmente del cumplimiento de las condiciones de calidad y requisitos sanitarios, sus proveedores son colocadores, expendios de carne especializados, pequeña industria o plantas de beneficio fuera del Tolima. Sus clientes son hogares de

estratos medio y alto, que no realizan sus compras con base en el precio, sino en comodidad y percepción de higiene.

- *Restaurantes y casinos:* Este segmento está compuesto por todo tipo de establecimientos que realizan preparaciones alimenticias para la comercialización dirigida a los consumidores fuera de casa. Aquí se incluyen restaurantes de carta, restaurantes de menú diario, hoteles, empresas, hospitales, colegios y demás entes de carácter institucional. Sus proveedores son colocadores, expendios de carne especializados, pequeña industria o plantas de beneficio fuera del Tolima.

2.7.1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE DISTRIBUCIÓN MINORISTA

Una de las principales limitaciones de este eslabón es la competencia basada en el precio por encima de la calidad. Así mismo, es necesario garantizar el cumplimiento de la normatividad en el manejo del producto en los expendios de carne para asegurar su inocuidad. En la Tabla 22, se presentan otras limitaciones del eslabón, además de las oportunidades identificadas.

Tabla 22

Limitaciones y oportunidades del eslabón de distribución minorista

Limitaciones	Oportunidades
– Los expendios tradicionales disponen de personal con bajo nivel de capacitación técnica. – Malas prácticas de manipulación en algunos expendios minoristas. – La fidelización de clientes en los expendios tradicionales está ligada en gran parte al precio. – Bajo nivel de adopción tecnológica en expendios tradicionales. – Prácticas inadecuadas de algunos expendios de carne en el manejo de productos, higiene, desinfección y refrigeración. – Escasa oferta de productos diversificados y novedosos.	– Oferta de productos industrializados con excelente calidad a precios justos. – Los supermercados son una excelente vitrina para promocionar y posicionar productos cárnicos locales. – Fidelización de clientes por calidad. – Integración hacia atrás para reducir costos y bajar precios de venta manteniendo calidad.

Fuente: Elaboración propia

2.8. ESLABÓN DE CONSUMO FINAL

La segmentación de este eslabón se da por el tipo de producto y lugar de consumo. Es así como se clasifica en hogares, todos aquellos consumidores que adquieren un producto crudo para realizar su preparación en casa y consumidores fuera de casa.

2.8.1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE CONSUMO FINAL

En la Tabla 23, se presentan las limitaciones del eslabón de consumo final, además de las oportunidades identificadas.

Tabla 23

Limitaciones y oportunidades del eslabón de consumo final

Limitaciones	Oportunidades
– Tendencia mundial de evitar el consumo de carnes rojas para prevenir problemas de salud. – La incertidumbre de la terneza de la carne al momento de compra hace que en ocasiones se consuma otro tipo de carne. – El precio de compra de la carne es superior al de los productos sustitutos directos.	– Promoción de carnes saludables (naturales y orgánicas) para contrarrestar las percepciones negativas para la salud. – Oferta de productos alimenticios a partir de carne que requieran un menor nivel de preparación en los hogares.

Fuente: Elaboración propia

2.9. ENTORNO ORGANIZACIONAL Y NORMATIVO

El entorno organizacional de la cadena cárnica-bovina corresponde a las instituciones públicas y privadas que apoyan los programas relacionados con el sector productivo y los renglones económicos importantes para el departamento, entre los cuales se encuentran:

- *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural:* Es la institución de orden nacional encargada de formular las políticas para el desarrollo del sector agropecuario, pesquero y de desarrollo rural. En la cadena cárnica-bovina, se articula con la producción primaria y la comercialización de ganado.

- *Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - MinCIT:* Es la institución del orden nacional encargada de apoyar la actividad empresarial y productora de bienes y servicios, promocionar las exportaciones y realizar la normalización técnica de alimentos.

- *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial:* Es la institución del orden nacional encargada de regular el manejo de recursos naturales, la producción y manejo de residuos sólidos y líquidos y emisión de gases en los procesos de faenado, industrialización, transporte y expendio.

- *Ministerio de Salud y Protección Social:* Es la institución del orden nacional encargada de formular políticas de promoción de la salud,

la prevención, el tratamiento y la rehabilitación de la enfermedad y el aseguramiento, y regula y controla el procesamiento y distribución de los alimentos.

- *Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos - Invima:* Su misión es proteger y promover la salud de la población, mediante la gestión del riesgo asociada al consumo y uso de alimentos, medicamentos, dispositivos médicos y otros productos objeto de vigilancia sanitaria.

- *Instituto Colombiano Agropecuario - ICA:* Es el encargado de contribuir al desarrollo sostenido del sector agropecuario, pesquero y acuícola, mediante la prevención, vigilancia y control de los riesgos sanitarios, biológicos y químicos para las especies animales y vegetales, la investigación aplicada y la administración, con el fin de proteger la salud de las personas, los animales y las plantas y asegurar las condiciones del comercio.

- *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia:* Es una entidad pública descentralizada, de carácter científico y técnico, cuyo objeto es desarrollar y ejecutar actividades de investigación, tecnología y transferir procesos de innovación tecnológica al sector agropecuario.

- *Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario - FINAGRO:* Actúa como una entidad de segundo piso para otorgar recursos en condiciones de fomento a las entidades financieras para que otorguen créditos a proyectos productivos, promoviendo de esta manera la inversión y el desarrollo del sector rural.

- *Secretaría Departamental de Desarrollo Agropecuario y Producción Alimentaria:* Es la dependencia de la Gobernación del Tolima encargada de promover las fuerzas productivas del sector agropecuario, a través de la orientación, cofinanciación y coordinación para el desarrollo de proyectos.

- *Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA:* Es un establecimiento público del orden nacional, que ofrece formación gratuita en programas técnicos, tecnológicos y complementarios que permite fortalecer las actividades productivas del sector cárnico y de su industria.

- *Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA:* Es la máxima autoridad ambiental del departamento. Ejecuta programas, planes y proyectos, con el fin de consolidar al Tolima como una región habitable

en condiciones de biodiversidad, puntualizando en cómo producir y consumir en forma ambientalmente responsable.

- *Consejo Nacional de la Cadena Cárnica Bovina - CNCCB:* Actúa como cuerpo consultivo del Gobierno Nacional en materia de política para el subsector de carne bovina.

- *Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan:* Tiene dentro de sus funciones la representación gremial, el análisis sectorial, información y política ganadera, el recaudo y administración de la parafiscalidad ganadera y la prestación de servicios al ganadero.

- *Asociación Colombiana de Industriales de la Carne - ACINCA:* Asesora y coordina las gestiones de la industria, y colabora con el Gobierno en todos los procesos tendientes a garantizar la inocuidad, calidad, sanidad y competitividad de la carne y productos que resultan del beneficio de animales.

- *Asociación Nacional de Empresas Cárnicas - ASOCARNICAS:* Es una asociación sin ánimo de lucro que agrupa un importante número de plantas de beneficio de bovinos y porcinos y de desposte con cobertura nacional.

- *Unión Nacional de Asociaciones Ganaderas Colombianas - UNAGA:* Fomenta el uso de las tecnologías más recientes en la aplicación de los esquemas de selección, por tanto, fomenta, promueve y difunde la selección de las razas puras y su aplicación para el desarrollo social, económico y tecnológico de la ganadería nacional.

- *Universidad del Tolima:* Es una institución de educación superior de carácter público que promueve el desarrollo de capacidades humanas y profesionales. Oferta programas de pregrado en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Maestría en Ciencias Pecuarias y Maestría en Desarrollo Rural.

- *Universidad Cooperativa de Colombia:* Es una universidad multicampus de propiedad social que tiene como objetivo formar profesionales con las competencias para responder a las dinámicas del mundo y contribuir a la construcción y difusión del conocimiento y al desarrollo competitivo del país. En la ciudad de Ibagué, oferta el pregrado de Medicina Veterinaria y Zootecnia (Universidad Cooperativa de Colombia, 2020).

- *Fondo Ganadero del Tolima:* Tiene como misión fomentar el desarrollo del sector agropecuario de la región a través de la producción, industrialización y comercialización de bienes y servicios agropecuarios de excelente calidad.

- *Comité de Ganaderos del Tolima:* Es una entidad sin ánimo de lucro, dedicada a defender los intereses de los ganaderos, incluyendo los de las especies menores, y a prestar servicios conexos al sector, generando rentabilidad social en los productores del departamento.

El entorno normativo corresponde a las políticas, normas, leyes y reglas que regulan e influyen la cadena productiva. Entre ellas se encuentran:

- *Decreto 1500 de 2007:* Tiene como propósito modernizar y actualizar las normas internas que regulan el beneficio de animales para consumo humano, de manera que coincidan con los estándares internacionales, lo que representa un factor de competitividad, al permitir eliminar barreras hoy existentes para el ingreso de la carne colombiana a mercados internacionales.

- *Resolución 00070 de 2007:* Determina los requisitos que habilitan a las Organizaciones Gremiales Ganaderas para expedir Bonos de Venta y registros de hierros.

- *Resolución 00185 de 2007, que modificó la Resolución 00071 de 2007:* Determina las condiciones y forma de expedición de los Bonos de Venta.

- *Resolución 00072 de 2007:* Por la cual se adopta el Manual de buenas prácticas de manejo para la producción y obtención de la piel de ganado bovino y bufalino.

- *Resolución 005131 de 2007:* Donde se establecen las condiciones para el registro de los Transportadores de Ganado Bovino y Bufalino y la Guía de Transporte Ganadero.

- *Decreto 2255 de 2007:* Hace referencia a la Cuota de Fomento Ganadero y Lechero, con el fin de controlar la evasión y la elusión de la contribución parafiscal.

- *Decreto 414 de febrero 15 de 2007 Modificatorio:* Dicta las disposiciones sobre la comercialización, transporte, beneficio de ganado bovino y bufalino y expendio de carne en el territorio nacional.

- *Decreto 3149 de 2006:* Crea el Sistema de Movilización y Comercialización del Ganado Bovino y Bufalino.

- *Decreto 3149 - septiembre 13 de 2006:* Dicta las disposiciones sobre la comercialización, transporte, beneficio de ganado bovino y bufalino y expendio de carne en el territorio nacional.

- *Ley 914 de 2004:* Por la cual se crea el Sistema Nacional de Identificación e Información de Ganado Bovino.

- *Regulación Tributaria:* Ley 788 de 2002; Decreto Reglamentario 522 de 2003.

- *Regulación Ambiental:* Competencias Entes Territoriales Tema Ambiental (Ley 60 de 1993).

- *Ley 16 del 22 de enero de 1990:* Creó el Sistema Nacional de Crédito Agropecuario - SNCA, que tiene como objetivos principales la formulación de la política de crédito para el sector agropecuario y la coordinación y racionalización del uso de sus recursos financieros y como entidad ejecutiva a Finagro.

- *Regulación Sanitaria:* Estatuto Sanitario (Ley 09 de 1979); Normas Mataderos (Decreto 2278/82 y Decreto 1072/95); Aseguramiento Calidad Alimentos (Decreto 3075 de 1997).

En la Tabla 24, se presenta la consolidación de limitaciones y oportunidades identificadas en los entornos organizacional e institucional.

Tabla 24

Limitaciones y oportunidades de los entornos organizacional y normativo

Limitaciones	Oportunidades
– Eventos de inseguridad que limitan el ejercicio de la actividad ganadera y la inversión en el sector rural. – Infraestructura vial en mal estado. – Escasa transferencia tecnológica por parte de los organismos de investigación, tanto públicos como privados. – La baja utilización de instrumentos de cobertura de riesgo en la actividad primaria. – Altos intereses de los créditos bancarios.	– Compromiso de la institucionalidad ganadera en temas de alto impacto: planeación sectorial, investigación, sanidad animal, legislación y control sanitario, capacitación, modernización de la cadena, eficiencia de la producción, apertura de mercados y la sinergia del trabajo conjunto. – Apalancamiento de recursos para los programas de sanidad, ciencia y tecnología del sector ganadero y el liderazgo de Fedegan a través de los parafiscales. – Existencia del Consejo Nacional de la Cadena Cárnica Bovina como entidad coordinadora de políticas y proyectos para evitar duplicidad de esfuerzos y el uso ineficiente de recursos.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO

3

VIGILANCIA TECNOLÓGICA

En el presente apartado de vigilancia tecnológica, se identifican las principales tecnologías de ruptura que pueden generar transformaciones positivas en la competitividad, la eficiencia y la calidad de los productos finales de la cadena productiva cárnica-bovina en el Tolima.

La utilidad de la vigilancia tecnológica radica en detectar los avances generados del proceso investigativo o de desarrollo tecnológico por parte de universidades, centros de investigación y/o empresa privada, y de esta manera, identificar temas relevantes de investigación. Así, esta herramienta permite tomar decisiones con un menor grado de incertidumbre y detectar nuevas tecnologías, colaboradores y proveedores, entre otras acciones estratégicas para garantizar la sostenibilidad de la cadena a largo plazo.

A continuación, se presenta el comportamiento de las labores de Investigación y Desarrollo tecnológico relacionadas con la cadena cárnica-bovina del departamento del Tolima, con el objetivo de definir líneas estratégicas sobre las cuales la cadena debe fortalecer iniciativas. Adicionalmente, se identifican los actores líderes a nivel mundial para cada tema particular, con el objeto de tener una referencia de soporte una vez sean definidas las líneas estratégicas de Investigación y Desarrollo tecnológico.

3.1. REVISIÓN ACADÉMICA

La vigilancia y el monitoreo del entorno que se generan alrededor de un área temática permiten captar, analizar y utilizar la información oportuna para una acertada gestión tecnológica. Por lo tanto, la revisión académica se realizó con base en un barrido de artículos científicos a partir de criterios de selección general, por medio de los cuales se pretende identificar las áreas de conocimiento, las temáticas más estudiadas y las tendencias de investigación a nivel mundial en temas relacionados con el ganado bovino y sus productos derivados.

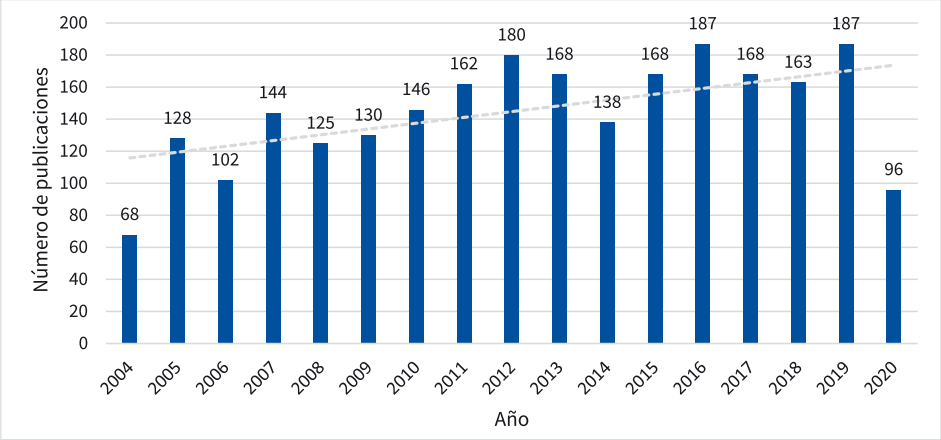
La ecuación de búsqueda utilizada para abarcar todas las áreas relacionadas con la cadena productiva cárnica-bovina es la siguiente:

TI=((beef OR meat OR cattle) AND (bovine OR "bos taurus"))
Periodo de tiempo: 2004 – 2020

3.1.1. DINÁMICA DE PUBLICACIÓN

Una vez realizada la búsqueda en la Colección Principal de *Web of Science*, se obtuvieron 2.460 publicaciones del 2004 al 5 de agosto de 2020. Tal como se observa en la Figura 10, las publicaciones presentan una tendencia creciente, lo que demuestra el interés a nivel mundial por estudiar temas relacionados con la cadena cárnica-bovina.

Figura 10
Número de publicaciones relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos por año



Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2020)

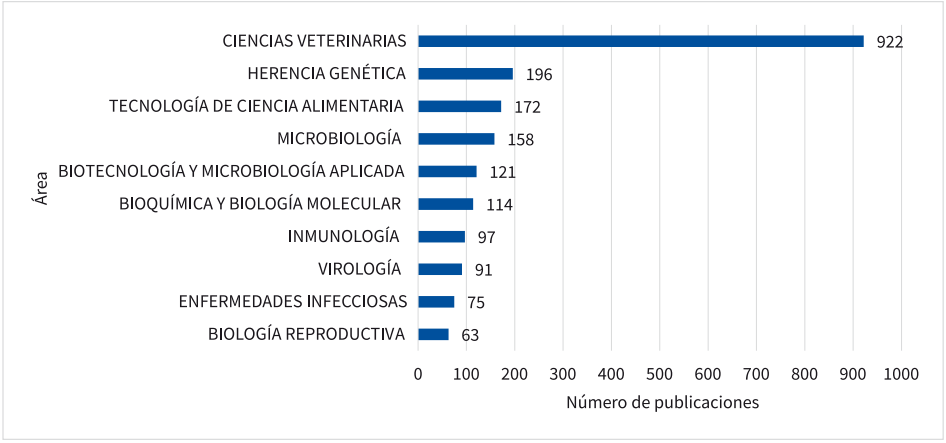
3.1.2. ÁREAS DE INVESTIGACIÓN

Tal como se observa en la Figura 11, las áreas en las que más se han desarrollado las investigaciones son:

- *Ciencias veterinarias:* La investigación se centra en inseminación artificial, virus de la leucemia bovina, enfermedades respiratorias y diarrea viral, entre otros temas.
- *Herencia genética:* Las publicaciones se orientan al análisis de efectos genéticos en el contenido de grasa intramuscular y al análisis mitocondrial.
- *Ciencia y tecnología de los alimentos:* Las investigaciones se relacionan con temas como la detección de carne de origen equino (caballo y burro) en productos cárnicos de bovino procesados; la relación entre la ingesta de carne bovina con los perfiles metabólicos en humanos, y características volátiles y sensoriales de la carne de res.

Figura 11

Áreas de investigación relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos



Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2020)

Como se evidencia en la Tabla 25, las áreas de investigación que presentan tendencia creciente durante los últimos años son Ciencias veterinarias; Microbiología; Enfermedades infecciosas; Medicina tropical; Ciencias de la computación, y Biodiversidad y conservación.

Tabla 25

Áreas de investigación *relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos por año*

Área	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ciencias veterinarias	23	54	37	54	58	59	48	69	83	73	57	66	83	54	74	24	38
Microbiología	6	11	8	7	7	10	8	11	14	10	12	5	10	20	12	6	10
Enfermedades infecciosas	1	0	1	0	0	1	1	0	0	2	0	2	1	2	3	3	3
Ciencias de la computación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Biodiversidad y conservación	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0

Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2020)

En la Tabla 26, se relacionan los temas específicos de estudio para cada una de las áreas que presentan tendencia creciente.

Tabla 26

Temas específicos de estudio por área relacionados con carne de bovino o productos cárnicos

Área	Subárea	Temas específicos de estudio
Ciencias veterinarias	Enfermedades infecciosas	Enfermedad respiratoria bovina
		Virus de la leucemia bovina
		Eliminación del virus y el tratamiento de la enfermedad respiratoria bovina
		Paratuberculosis
		Tuberculosis bovina
		Virus de la diarrea viral bovina
		Tricomonosis bovina
		Staphylococcus aureus bovino
		Encefalopatía espongiforme bovina
		Anaplasmosis bovina
		Besnoitiosis bovina
	Mejoramiento genético	Sincronización de la ovulación y la inseminación artificial programada
Microbiología	Tratamiento de enfermedades	Tratamiento del Herpesvirus bovino tipo 5
		Análisis de la microbiota bacteriana en terneros con enfermedad respiratoria bovina
		Tratamiento de la enfermedad respiratoria bovina
		Respuestas inmunitarias para el virus de la parainfluenza bovina
	Genómica	Secuencia genómica de *Mycoplasma wenyonii*

Área	Subárea	Temas específicos de estudio
Medicina tropical	Genética	Detección de la presencia de especies de hemoplasma bovino
	Parasitología	La carga de garrapatas y el efecto sobre el rendimiento del ganado
		Vigilancia molecular y características filogenéticas de *Babesia bigemina* y *Babesia bovis*
	Epidemiología	Análisis epidemiológico de la infección por el virus de la diarrea viral bovina
		Prevalencia del virus del herpes bovino 1
Ciencias de la computación	Modelos predictivos	Algoritmos para clasificar ganado según el riesgo de enfermedad respiratoria bovina en los primeros 14 días de alimentación
		Comparación de algoritmos de clasificación para predecir los resultados del ganado de engorde identificado y tratado para la enfermedad respiratoria bovina
Biodiversidad y conservación	Genómica	Obtención del genoma mitocondrial completo
		Interacciones genoma-microbioma bovino para la selección de productividad eficiente en sistemas de ganado

Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2020)

En la Tabla 27, se observa que las temáticas que presentan tendencia creciente en el interés de publicaciones a nivel mundial se relacionan con enfermedades respiratorias; engorde en corral y sus efectos en la carne; diversidad genética; detección molecular; *Bos taurus* coreano; coronavirus bovino; genoma mitocondrial completo; norovirus bovino, y factores de riesgo a nivel de manada.

Tabla 27

Palabras clave relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos por año

Palabra clave	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Tuberculosis bovina	6	7	8	6	9	14	5	8	17	15	11	11	18	15	12	4	15
Enfermedad respiratoria bovina	0	4	1	3	2	2	5	0	1	3	5	4	13	5	9	0	12
Ganado de engorde	1	4	2	1	2	1	4	0	3	1	4	5	4	8	2	0	0
Diversidad genética	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	3	3	1	1	1
Detección molecular	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	2	1	2	1	7
Bos taurus coreanae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	0	
Coronavirus bovino	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	2	1	
Bos taurus x Bos indicus	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0
Genoma mitocondrial completo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0
Ganglio linfático	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0

Palabra clave	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Vacuna Bovina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1
Norovirus bovinos	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Factor de riesgo a nivel de manada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0

Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2020)

Otras temáticas relevantes de interés en la comunidad científica se relacionan con análisis sensorial de la carne de bovino, alimentación animal, productos procesados, prácticas en las plantas de beneficio, prácticas de transporte de carne en canal, uso de subproductos del proceso de beneficio animal y empaques. A continuación, se describen algunas de las investigaciones más sobresalientes en los diferentes temas en los últimos años.

Análisis sensorial de la carne de bovino

López-Pedrouso et al. (2020) desarrollaron un estudio para evaluar los parámetros fisicoquímicos y el perfil sensorial de tres razas bovinas españolas (Asturiana de los Valles, Retinta y Rubia Gallega) bajo diferentes sistemas de producción ganadera (extensiva e intensiva) y distintas condiciones de manejo previas al beneficio (transporte, tiempo de espera), concluyendo que el efecto más evidente y fuerte fue el tipo de raza. El sistema de producción ganadera fue el segundo parámetro más importante, afectando significativamente el olor, el sabor y el perfil de textura (fibrosidad).

Así mismo, Smaldone et al. (2019) evaluaron los efectos de un largo periodo de maduración en las características microbiológicas, reológicas y fisicoquímicas de la carne bovina. Los resultados indican que la maduración prolongada tiene un efecto negativo en cuanto a la pérdida de peso, pero mediante la estandarización de los parámetros de maduración en seco, reduce la oxidación de lípidos y mejora la terneza.

Por otro lado, Aroeira et al. (2016) estudiaron los efectos de la congelación, descongelación y la maduración sobre la terneza de la carne de ganado vacuno *Bos indicus* y *Bos Taurus*, encontrando que el proceso de ablandamiento de la carne por congelación antes de la maduración puede contribuir al ablandamiento de la carne en las primeras semanas de maduración, dependiendo de la raza del animal.

Finalmente, Cho et al. (2015) analizaron el efecto de la edad de sacrificio sobre la actividad enzimática antioxidante, el color y la estabilidad oxidativa

de la carne de vaca coreana Hanwoo (*Bos taurus coreanae*), encontrando que la carne de las vacas más viejas era más oscura y tenía una menor estabilidad de color.

Alimentación animal

Cruz Carrillo et al. (2020) y Godoy Padilla et al. (2020) han estudiado y caracterizado la composición nutricional de algunos subproductos agroindustriales. Godoy Padilla et al. (2020) encontraron que la cáscara de naranja tiene un alto potencial nutricional, mientras que los resultados de Cruz Carrillo et al. (2020) mostraron que los insumos con la mayor contribución de proteínas fueron la torta de coco y la cáscara de cacao.

Por otro lado, Luciano et al. (2011) estudiaron el equilibrio entre los componentes antioxidantes y prooxidantes y la estabilidad oxidativa de la carne de ganado alimentado exclusivamente con pastos y con un concentrado a base de cebada ofrecido en interiores, confirmando un efecto positivo de los sistemas de alimentación a base de hierba en la estabilidad del color de la carne en comparación con las estrategias nutricionales basadas en concentrados.

Así mismo, Mezgebo et al. (2017) analizaron los ácidos grasos, compuestos volátiles y atributos sensoriales de la carne de res de toros alimentados solo con concentrados (c), con ensilaje de hierba, con ensilaje de hierba y concentrado (GSC) y con ensilaje de hierba seguido de 100 días en pastura y concentrado (GSPC), encontrando que la grasa intramuscular total (FMI) fue menor para GSPC que para GSC y C y que las diferencias en los atributos sensoriales (sensibilidad, sabor, gusto general) se correlacionaron más fuertemente con el FMI.

Por otro lado, Delosière et al. (2020) evaluaron el efecto de la suplementación con vitamina E y extractos de plantas antes del beneficio para disminuir el estrés previo en el animal.

Productos procesados

Rodriguez Furlán et al. (2014) desarrollaron una carne molida reducida en grasa usando inulina y proteínas de plasma bovino como sustitutos de grasa. Por otro lado, Rahman et al. (2019) han estudiado el desarrollo de salchichas bajas en grasa reemplazando el sebo de res con corazón bovino desgrasado producido por CO_2 supercrítico y hexano.

Prácticas en la planta de beneficio

El inspector veterinario de la planta de beneficio debe realizar una cuidadosa inspección post mortem de la carne en canal. Alberghini et al. (2015) encontraron que la medición de la temperatura de los músculos inmediatamente después del sacrificio del ganado puede ser una ayuda diagnóstica útil para el inspector, como un primer examen a la espera de un juicio más completo.

Por otro lado, Freitas et al. (2016) desarrollaron un estudio que arrojó como resultado que el almacenamiento hiperbárico a temperatura ambiente no solo permite un alto ahorro de energía en la planta, sino que además tiene el potencial de extender la vida útil de la carne en comparación con la refrigeración.

Prácticas de transporte de carne bovina en canal

Ferreira et al. (2020) evaluaron el número de contusiones en carne bovina en canal y su relación con las tasas de carga en diferentes modelos de vehículos (camiones rectos y tráilers para ganado). Se analizaron los porcentajes de hematomas en las regiones del cuarto trasero, cuarto delantero y costillas cortas. Como resultado, se encontró una relación entre las altas tasas de hematomas y la tasa de carga practicada.

Uso de subproductos del proceso de beneficio animal

La industria de la carne produce muchos subproductos, que contienen grandes cantidades de compuestos orgánicos y nutrientes con potencial para la extracción de biomateriales (Etemadzadeh y Emtiazi, 2020). Conti-Silva et al. (2011) investigaron el uso de la proteína del rumen bovino (crudo y extruido) como reemplazo del concentrado de proteína de soja extruido en tres productos cárnicos (salchicha de cerdo, hamburguesa de pollo y kibbe). Como resultado, encontraron que la sustitución de la proteína de soja por la proteína del rumen bovino fue factible en función de los resultados sensoriales, dependiendo de su forma y del tipo de producto cárnico al que se agregue.

Por otro lado, Harris et al. (2018) evaluaron el uso de la bilis bovina como una opción de pretratamiento bio-surfactante para la digestión anaerobia de los desechos de plantas de beneficio con alto contenido de grasa. Así mismo, Etemadzadeh y Emtiazi (2020) desarrollaron un biopolímero a partir de un subproducto cárnico útil en la desalinización del agua y eliminación de metales pesados.

Finalmente, Álvarez-Castillo et al. (2019) desarrollaron un material bio absorbente a partir de los subproductos de la industria cárnica (plasma sanguíneo).

Empaques

Uno de los enfoques de la investigación en empaques se orienta a la producción de embalajes biodegradables para reemplazar los plásticos a base de petróleo. El embalaje activo mejora las propiedades organolépticas de los alimentos, prolonga la vida útil de los mismos y aumenta la seguridad alimentaria (Hosseinzadeh et al., 2020). Alizadeh-Sani et al (2020) prepararon un material de empaque a base de biopolímero utilizando nanofibras de celulosa con partículas de dióxido de titanio y aceite esencial de romero como componentes funcionales. El empaque activo redujo significativamente el crecimiento microbiano, la oxidación de lípidos y la lipólisis de la carne durante el almacenamiento, lo que condujo a un aumento en la vida útil de alrededor de 6 a 15 días. Aunque este estudio se llevó a cabo con carne de cordero, es una base para futuras investigaciones en carne de ganado bovino.

Así mismo, Krichen et al. (2020) evaluaron las propiedades biológicas potenciales y el efecto conservante natural del aceite esencial de epicarpio y mesocarpio del pistacho en el almacenamiento de carne de res molida. Sus resultados sugirieron que este subproducto puede usarse como conservante natural para aplicaciones futuras en la industria cárnica, debido a que reduce la oxidación de los lípidos, estabiliza el color de la carne e inhibe el crecimiento bacteriano.

Por su parte, Hosseinzadeh et al. (2020) evaluaron las propiedades físico-mecánicas de una película de aceite esencial de quitosano, nanopartículas de óxido de titanio y *Cymbopogon citratus* como material de envasado de alimentos y sus efectos sobre la calidad microbiana, química y organoléptica de la carne molida durante la refrigeración, encontrando que el producto extendió la vida útil del alimento.

Por otro lado, Gheorghita Puscaselu et al. (2020) y Umaraw et al. (2020) orientaron sus investigaciones hacia la economía circular y al desperdicio cero, describiendo los beneficios de los empaques activos consumibles y desarrollando un nuevo material de empaque natural basado en biopolímeros, completamente comestible, con función en la extensión de la vida útil con aplicación en la industria de la carne. Wulandari et al. (2018), estudiaron el efecto del recubrimiento de película comestible derivada de la gelatina de piel bovina y glicerol sobre la inhibición de los daños microbiológicos y las

propiedades de albóndigas de carne, encontrando que este recubrimiento puede extender su tiempo de almacenamiento.

En cuanto a empacado al vacío, Gedarawatte et al. (2020) estudiaron la aplicación de celulosa bacteriana (CB) como material de envoltura para la carne de vacuno envasada al vacío. Como resultado, se encontró que la CB tiene una buena capacidad de retención de agua que se puede utilizar para absorber el exudado de la carne, ayudando a mejorar la apariencia y la aceptación del consumidor de la carne de vacuno envasada al vacío.

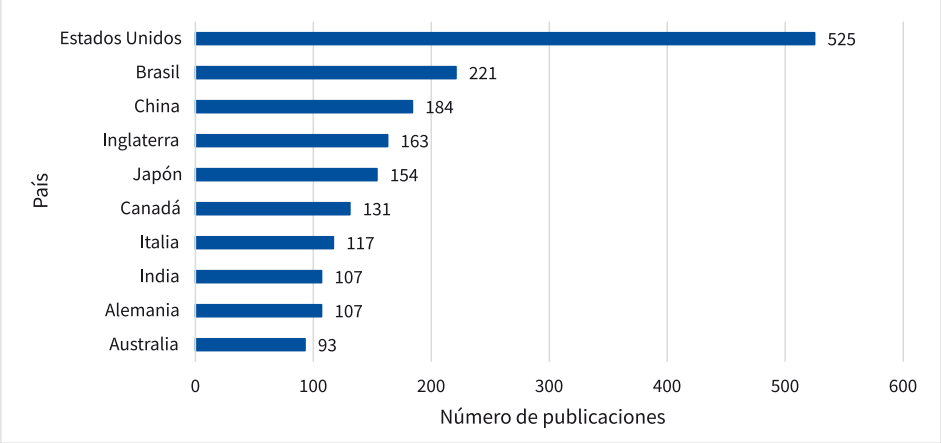
Finalmente, en cuanto a empacado en atmósferas modificadas, Yang et al. (2020) analizaron la influencia de la microbiota en la estabilidad del color de la carne de los filetes de res enfriados bajo dos sistemas de envasado en atmósfera modificada. Sus hallazgos contribuyen a la comprensión de la estabilidad del color en los filetes CO-MAP en comparación con los filetes HiOx-MAP según la influencia de la comunidad microbiana.

3.1.3. ACTORES LÍDERES

La Figura 12 muestra los países con más producción científica relacionada con el tema de interés, identificando a Estados Unidos como el principal productor de conocimiento, con un 21% sobre el total de las publicaciones analizadas, seguido por Brasil y China, con el 9% y el 7%, respectivamente.

Figura 12

Países líderes en investigaciones relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos



Fuente: Elaboración propia con base en información de Web Of Science (2020)

En la Tabla 28, se observa que Estados Unidos y Brasil, además de ser los países con mayor número de publicaciones, también, junto con India, Turquía, Nueva Zelanda, Etiopía, Holanda, Noruega y Nigeria, son los países que presentan un interés creciente en este tema durante los últimos años.

Tabla 28

Países con dinámica de publicación creciente relacionada con carne de bovino o productos cárnicos

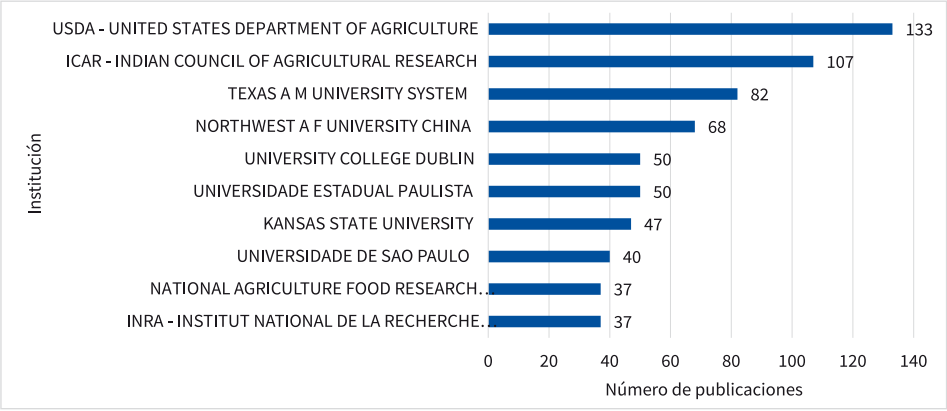
País	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Estados Unidos	19	41	18	31	23	26	27	23	37	35	30	42	38	39	35	12	16
Brasil	4	4	5	16	10	10	13	15	14	26	17	10	15	18	18	5	10
India	1	3	1	7	10	3	4	6	3	5	13	10	9	6	14	2	5
Turquía	1	2	4	2	5	2	1	4	5	2	5	4	9	1	5	2	0
Nueva Zelanda	0	4	1	5	3	1	1	2	0	4	3	1	5	5	3	2	3
Etiopía	1	0	2	2	2	4	1	2	2	5	2	1	1	1	4	1	0
Países Bajos	0	3	3	0	0	1	3	2	1	1	0	0	2	4	6	0	0
Noruega	1	1	1	1	2	4	2	1	2	2	0	0	3	1	3	1	2
Nigeria	1	0	0	1	0	0	1	0	1	2	1	1	4	2	4	1	0

Fuente: Elaboración propia con base en información de Web Of Science (2020)

Como se observa en la Figura 13, las principales instituciones que realizan labores de investigación en el tema de interés son el Departamento de Agricultura de Estados Unidos - USDA; el Consejo Indio de Investigación Agrícola; la Universidad de Texas A&M, de Estados Unidos, y la Northwest A&F University, de China.

Figura 13

Instituciones líderes en investigaciones relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos

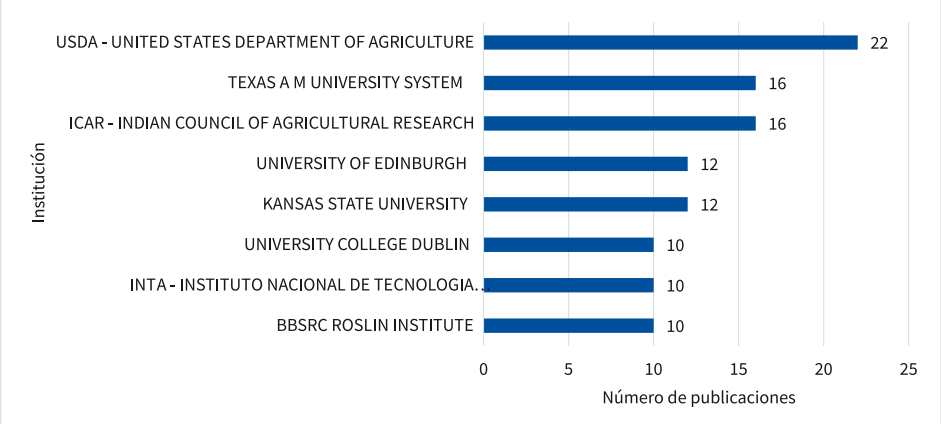


Fuente: Elaboración propia con base en información de Web Of Science (2020)

Tal como se observa en la Figura 14, durante los últimos tres años, el USDA ha sido la institución que más publicaciones ha realizado, enfocando sus estudios en el tratamiento del coronavirus bovino, desarrollo de una vacuna vectorizada contra el herpesvirus 4 bovino y tratamientos contra el virus de la diarrea viral bovina, la enfermedad respiratoria bovina y la leucemia bovina. Por su parte, la Universidad de Texas A&M, desarrolla estudios enfocados a la identificación de complementos pos inseminación artificial para aumentar el éxito de embarazo y el uso de somatotropina bovina recombinante antes de la inseminación artificial, antes del destete y después del destete para mejorar el rendimiento. Por último, el Consejo Indio de Investigación Agrícola ha enfocado sus investigaciones en el área de la genética, para identificar y caracterizar los genes asociados a la paratuberculosis, a la leucemia bovina, y a la diarrea viral bovina.

Figura 14

Instituciones líderes en investigaciones relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos durante los últimos tres años



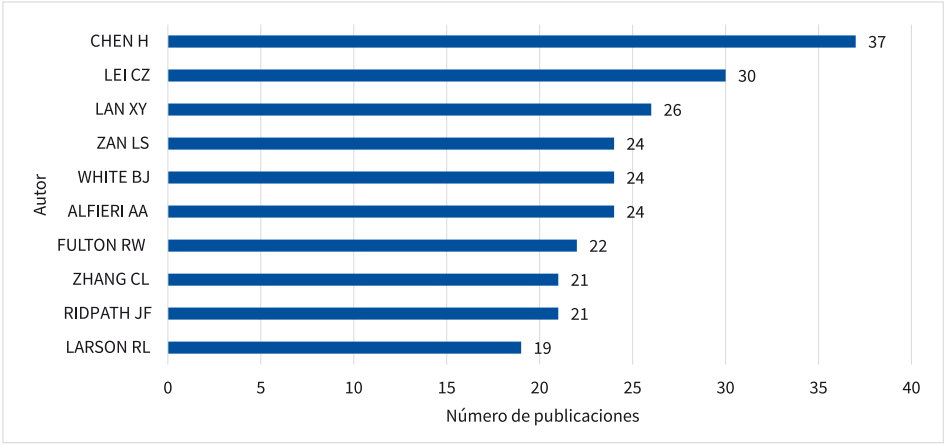
Fuente: Elaboración propia con base en información de Web Of Science (2020)

De acuerdo con la Figura 15, el autor que mayor número de publicaciones registra es Hong Chen, quien junto con Chuzhao Lei y Xianyong Lan, de Northwest A&F University, han concentrado sus estudios en áreas como la Herencia genética, la Biología molecular y la Biotecnología. Por otro lado, Linsen Zan, de la misma institución, enfoca sus estudios, principalmente, en el área de la Biología molecular. Por su parte, Brad J White y Robert L. Larson, de Kansas State University en Estados Unidos, han centrado sus investigaciones en temas relacionados con las Ciencias veterinarias, específicamente, en la enfermedad respiratoria bovina. En el caso de Amauri A. Alfieri, de la Universidade Estadual de Londrina, en Brasil, sus investigaciones se

concentran en el estudio de enfermedades respiratorias, meningoencefalitis por herpesvirus bovino 5, virus del papilomavirus bovino, rotavirus y diarrea viral.

Figura 15

Autores líderes en investigaciones relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos



Fuente: Elaboración propia con base en información de Web Of Science (2020)

3.1.4. REVISIÓN ACADÉMICA PARA COLOMBIA

Para el caso específico de Colombia, las instituciones que mayor número de publicaciones han realizado en temas relacionados con sector cárnico bovino, tal como se presenta en la Figura 16, son la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Antioquia, la Universidad de Caldas y Agrosavia.

La Universidad Nacional de Colombia ha enfocado sus labores de investigación en el herpes bovino; la determinación de factores bióticos y abióticos en las cargas de garrapatas; la detección de residuos de antimicrobianos en la carne; el análisis de parámetros reproductivos; parámetros genéticos, y diversidad bovina.

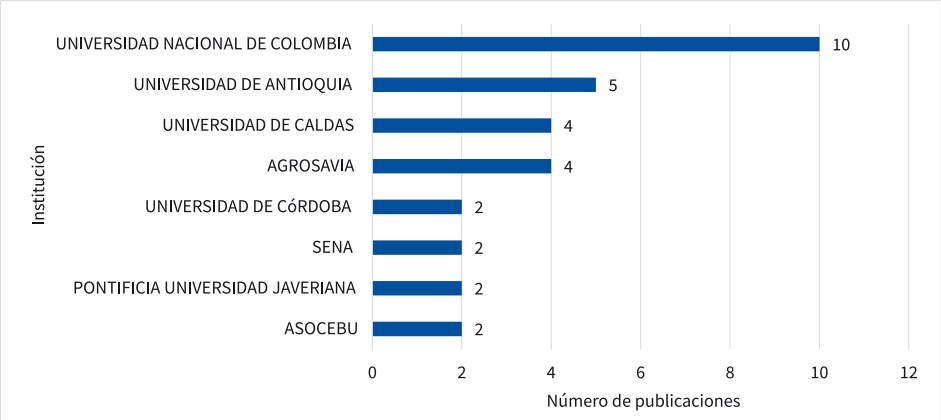
Por su parte, la Universidad de Antioquia se ha centrado en la vigilancia y dinámica de transmisión de parásitos como la *Babesia bigemina*, *Babesia bovis* y *Trypanosoma spp.* en bovinos y en la situación de la Paratuberculosis bovina en Colombia.

En la Universidad de Caldas, los estudios se basan, específicamente, en el análisis y detección del virus del herpes bovino 5 (BoHV-5).

Finalmente, Agrosavia ha orientado sus investigaciones al análisis de la carga de garrapata y su relación con el estrés por calor, la diarrea viral bovina, la evaluación serológica del virus del herpes bovino 1 y 5 y el origen y evolución de las razas de ganado criollo en Colombia.

Figura 16

Instituciones líderes en investigaciones relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos en Colombia

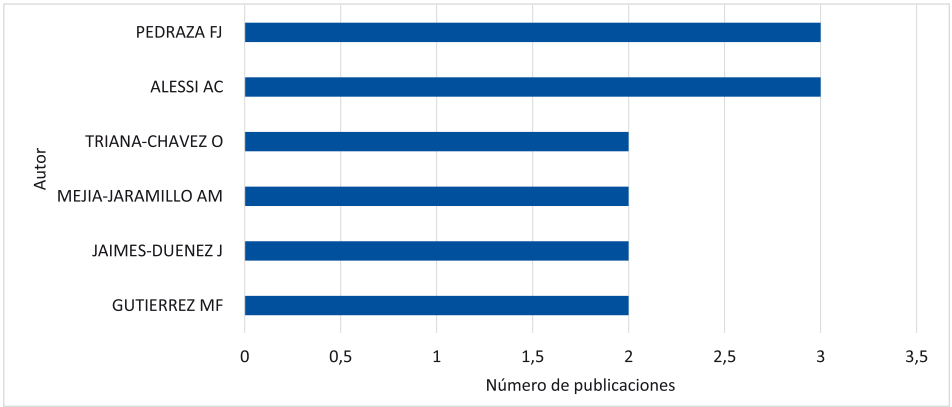


Fuente: Elaboración propia con base en información de Web Of Science (2020)

En Colombia, de acuerdo con la Figura 17, el investigador que mayor número de publicaciones ha realizado es Francisco J. Pedraza, de la Universidad de Caldas, quien ha enfocado sus investigaciones al análisis del herpes bovino tipo 1 (BoHV-1) y su relación con la encefalitis.

Figura 17

Autores líderes en investigaciones relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos en Colombia



Fuente: Elaboración propia con base en información de Web Of Science (2020)

3.2. REVISIÓN TECNOLÓGICA

La revisión de patentes se realizó en la base de datos PatentScope, de la Organización Mundial de Propiedad Intelectual, con el objetivo de identificar las tendencias de desarrollo tecnológico relacionadas específicamente con carne de bovino y productos cárnicos.

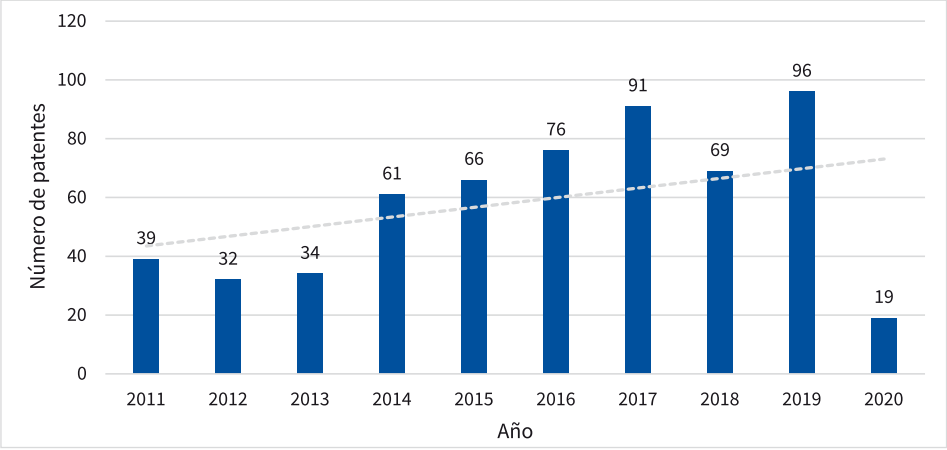
Para la revisión tecnológica, se utilizó la siguiente ecuación de búsqueda:

(TI: ((beef OR meat OR cattle) AND (bovine OR "bos taurus")) OR (AB: ((beef OR meat OR cattle) AND (bovine OR "bos taurus")))) AND DP:[2011 to 2020]
Periodo de tiempo: 2011 – 2020

3.2.1. DINÁMICA DE PUBLICACIÓN

Como resultado de la búsqueda, se obtuvieron 583 patentes del 2011 al 7 de agosto del 2020. Tal como se observa en la Figura 18, la actividad de patentamiento relacionada con carne de bovino o productos cárnicos presenta una tendencia creciente, hasta llegar a su punto máximo de 96 patentes en el año 2019.

Figura 18
Número de patentes relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos por año



Fuente: Elaboración propia con datos de PatentScope

3.2.2. ÁREAS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

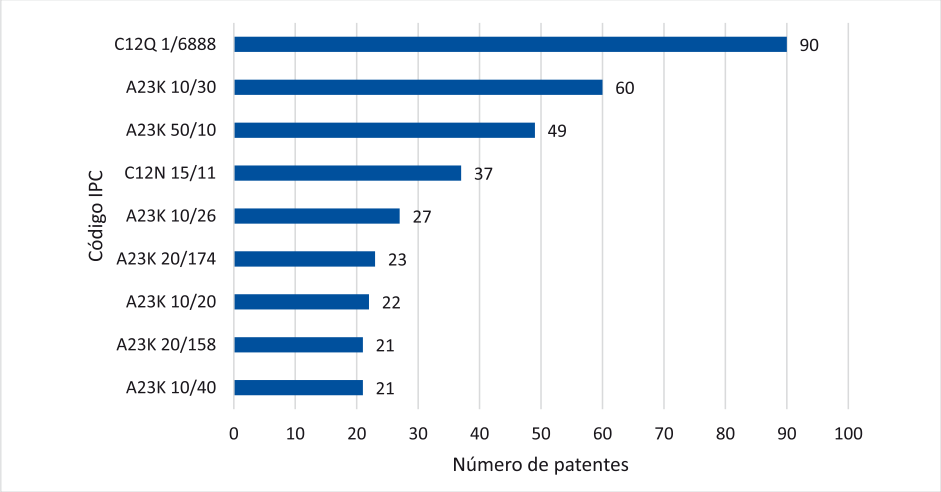
Los códigos IPC más patentados relacionados con carne de bovino o productos cárnicos se observan en la Figura 19. En el área de "Procesos

de medida, investigación o análisis en los que intervienen enzimas o microorganismos en los que intervienen ácidos nucleicos para la detección de organismos vivos" (C12Q 1/6888) se destacan métodos para identificar cuantitativamente, derivados de carne bovina en productos carne (adulteración o falsificación), aplicando PCR (reacción cadena polimerasa rápida)

Otra área de interés en la producción tecnología, se relaciona con la sublcase A23K "Alimentos para animales; métodos especialmente adaptados para su producción", donde se destaca específicamente los subgrupos: Productos alimenticios para animales a partir de sustancias de origen vegetal (A23K 10/30); a partir de residuos, p. ej. plumas, huesos o piel (A23K 10/26), y obtenidos por procesos microbiológicos o bioquímicos (A23K 10/20)

Figura 19

Códigos IPC relacionados con carne de bovino o productos cárnicos más patentados



Fuente: Elaboración propia con datos de PatentScope

En la Tabla 29 se puede observar la descripción de cada uno de los códigos IPC relacionados en la Figura 19.

Tabla 29

Descripción de códigos IPC relacionados con carne de bovino o productos cárnicos más patentados

Código IPC	Descripción
C12Q 1/6888	Procesos de medida, investigación o análisis en los que intervienen enzimas o microorganismos en los que intervienen ácidos nucleicos para la detección de organismos vivos

Código IPC	Descripción
A23K 10/30	Productos alimenticios para animales a partir de sustancias de origen vegetal, p. ej. raíces, semillas o heno; a partir de sustancias de origen fúngico, p. ej. setas (obtenidos por procesos microbiológicos o bioquímicos, p. ej. usando levaduras o enzimas
A23K 50/10	Sustancias alimenticias especialmente adaptadas para animales particulares (para rumiantes)
C12N 15/11	Técnicas de mutación o de ingeniería genética; ADN o ARN relacionado con la ingeniería genética (Fragmentos de ADN o de ARN)
A23K 10/26	Productos alimenticios para animales a partir de materia de origen animal (obtenida por procesos microbiológicos o bioquímicos (a partir de residuos, p. ej. plumas, huesos o piel)
A23K 20/174	Factores alimenticios complementarios para alimentos de animales (Vitaminas)
A23K 10/20	Productos alimenticios para animales a partir de materia de origen animal (obtenida por procesos microbiológicos o bioquímicos
A23K 20/158	Factores alimenticios complementarios para alimentos de animales (Ácidos grasos; Grasas; Productos que contienen aceites o grasas)
A23K 10/40	Productos alimenticios para animales Minerales para lamer, p. ej. bloques de sal

Fuente: Elaboración propia con datos de PatentScope

En la Tabla 30 se relacionan algunas de las patentes más valiosas (tamaño de familia y citas) para cada una de las áreas tecnológicas que presentan tendencia creciente.

Tabla 30

Relación de patentes para las tecnologías con tendencia creciente

Tecnología	Número de patente	Nombre de la patente
Preparaciones para fines médicos y dentales	JP2017014113	Agente para prevenir o tratar la enfermedad gastrointestinal en bovinos con citrato de mosapride
	EP2712624	Vacuna combinada para el virus de la diarrea viral de bovino
	WO2014159052	Vacunación de bovinos para elicitar una respuesta inmunitaria protectora contra las infestaciones en recién nacidos
	RU0002623063	Método de prevención y tratamiento de leucosis ganadera bovina
Microorganismos o enzimas; composiciones de los mismos Procesos de medición o de ensayo con enzimas o microorganismos	CN106929570	Método para identificar las razas Bull con marcadores genéticos de mononucleótidos de cromosomas y de *Bos Taurus*
	CN110760592	Locus SNP relacionado con el peso del hueso en el cromosoma 6 de la carne bovino *Simmental* y aplicación de locus SNP
	RU0002683029	Método para detectar y cuantificar el contenido de ADN de *ureaplasma diversum* mediante método de PCR en tiempo real en material de ganado adulto
	KR101277798	Método para identificar la mezcla de ingredientes de carne en un ingrediente alimentario

Tecnología	Número de patente	Nombre de la patente
Materias de alimentación adaptadas especialmente para animales; métodos especialmente adaptados para la producción de los mismos	US20160022694	Método para mejorar la eficiencia de la producción de carne de bovino
	106982985	Pienso bovino para el periodo de engorde y método de alimentación para engorde
	2016217852	Método para mejorar la digestibilidad de alimentos en bovinos
	WO2019163855	Método de fabricación de concentrado de fosfolípido
	IN201648033499	Método de preparación de la composición que contiene amilasas bacterianas en la alimentación de animales bovinos
Alimentos o productos alimenticios; su tratamiento	CN107432399	Método de preparación de desecante alimentario a partir de huesos de bovino para decocción de sopa de res
	CN106923233	Carne deshebrada y método de preparación de la misma
	CN104543928	Esencia con sabor a carne a base de sebo de bovino
	CN104187835	Salsa de carne de res compuesta nutritiva a base de sebo de bovino y método de elaboración de la misma
	CN104738662	Método para preparar albóndigas rellenas utilizando subproductos de procesamiento de carne de res (pulpa de tendón de res)
	CN107467528	Hígados bovinos con sabor a mariscos con efecto de conservación de la frescura de larga duración y método de preparación de los mismos
	CN104256639	Complemento nutricional para alimentos a base de calcio de la médula ósea bovina
	CN104187734	Alimentos sanos compuestos de médula ósea bovina

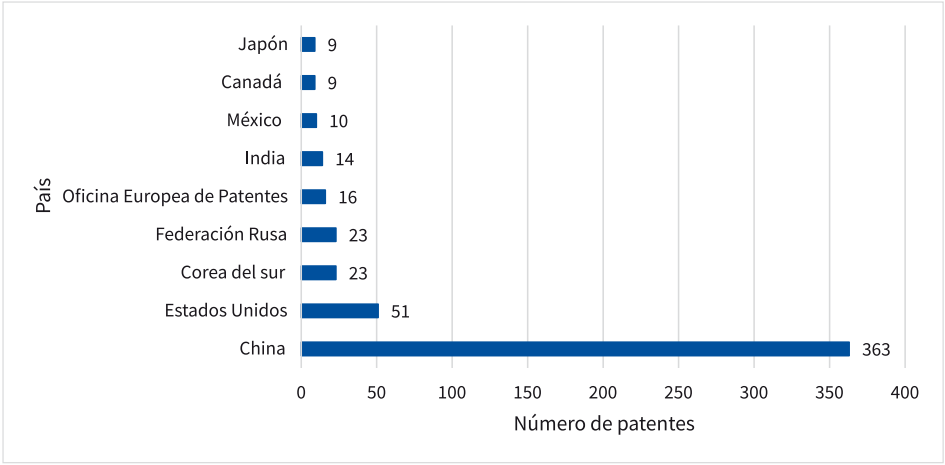
Fuente: Elaboración propia con datos de PatentScope

3.2.3. ACTORES LÍDERES

Como se observa en la Figura 20, China es el país en donde mayor número de patentes relacionadas con la cadena cárnica-bovina se protegen a nivel mundial, seguido por Estados Unidos. En China, las patentes se centran en la prevención y tratamiento de enfermedades y el desarrollo de productos para la industria alimenticia con innovaciones a nivel sensorial y nutricional. En Estados Unidos, los desarrollos se orientan a métodos y sistemas de producción para incrementar la productividad.

Figura 20

Principales oficinas de propiedad industrial que han publicado patentes relacionadas con carne de bovino o productos cárnicos

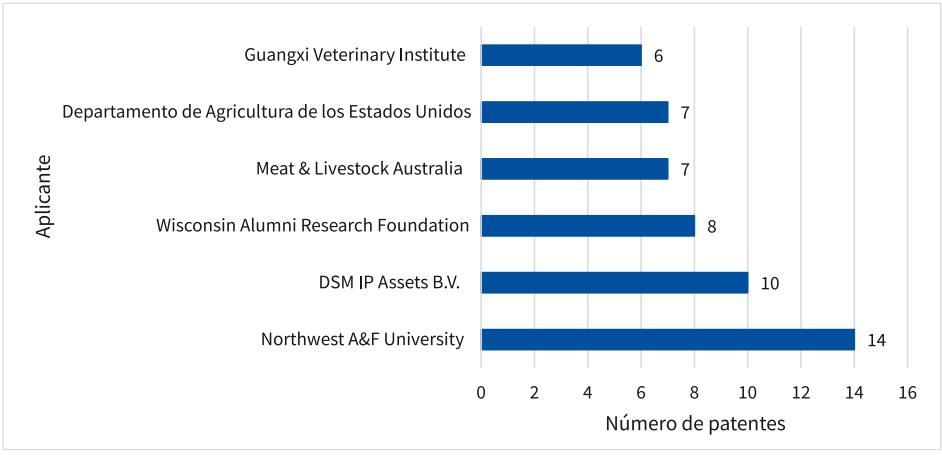


Fuente: Elaboración propia con datos de PatentScope

En la Figura 21, se pueden observar los principales aplicantes que han liderado el desarrollo de patentes. Se destaca la participación de Northwest A&F University, cuyas patentes se orientan a la alimentación animal.

Figura 21

Principales aplicantes que han liderado el desarrollo de patentes relacionadas con la cadena cárnica-bovina

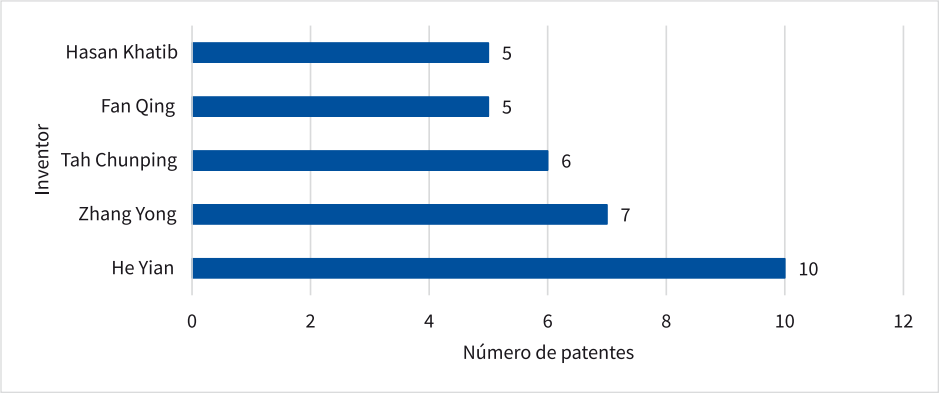


Fuente: Elaboración propia con datos de PatentScope

Como se observa en la Figura 22, los principales inventores son He Yian, con patentes relacionadas con suplementos y aditivos alimenticios para ganado y Zhang Yong, con desarrollos tecnológicos en mejoramiento genético y reproducción animal.

Figura 22

Principales inventores que han liderado el desarrollo de patentes relacionadas con la cadena cárnica-bovina



Fuente: Elaboración propia con datos de PatentScope

3.3. TECNOLOGÍAS DE RUPTURA

A partir del análisis de la revisión académica y tecnológica, se identificaron las siguientes apuestas tecnológicas de ruptura para la cadena productiva cárnica-bovina en el departamento del Tolima:

- Caracterización y evaluación de la productividad y la calidad de las razas de ganado criollo del Tolima.
- Adopción de tecnologías basadas en sensores colocados en dispositivos como collares y podómetros para analizar los movimientos y hábitos alimenticios del ganado y detectar el estado de salud del bovino, la entrada en labor de parto y el momento oportuno de inseminación (BIS Research, 2020).
- Uso de métodos y sistemas asistidos por computadora para mejorar la eficiencia de producción de los especímenes con mejores indicadores en productividad y calidad.
- Investigación y Desarrollo en composiciones alimenticias a base de residuos agrícolas y agroindustriales de las cadenas productivas del

Tolima para mejorar los valores de calidad y nutrición de la carne, fomentando la economía circular.

- Investigación en el uso de proteínas de plasma bovino como sustitutos de grasa para el desarrollo de productos cárnicos procesados bajos en grasa que contribuyan a reducir la obesidad y las enfermedades crónicas.
- Desarrollo de empaques activos biodegradables o consumibles a base de biopolímeros para productos cárnicos utilizando como materia prima residuos agroindustriales de diferentes empresas del Departamento.
- Acciones de Investigación y Desarrollo para determinar los efectos genéticos del ganado del Tolima en el contenido de grasa intramuscular.
- Construcción de una base de datos epidemiológica con las principales enfermedades que se presentan en el ganado en el Departamento del Tolima.
- Modelos predictivos basados en algoritmos, combinados con el uso de tecnologías IoT, para el control de las variables de reproducción.

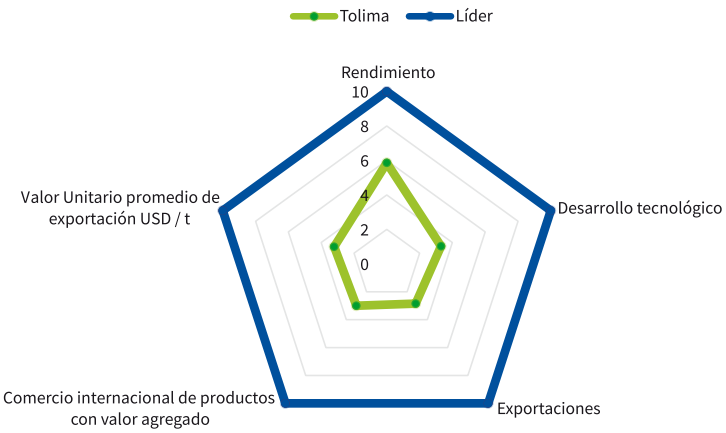
CAPÍTULO

4 ANÁLISIS DE BRECHAS

Con base en la información recopilada en la caracterización de la cadena productiva cárnica-bovina a nivel mundial y nacional, con el objetivo de identificar el foco estratégico del departamento, se valoró en una escala de 1 a 10, siendo 1 la peor condición y 10 la mejor, el estado de los siguientes indicadores en el Tolima con respecto al país líder, teniendo en cuenta el concepto de los expertos de diferentes eslabones de la cadena: rendimiento, desarrollo tecnológico, exportaciones, desarrollo de comercio internacional de productos con valor agregado y valor unitario promedio de exportación. La Figura 23 muestra las brechas identificadas.

Figura 23

Brechas de la cadena productiva cárnica-bovina del Tolima con respecto al líder mundial



Fuente: Elaboración propia

Los datos de producción de carne en canal por animal se relacionan directamente con el rendimiento de producción, la genética y el sistema productivo en cada país. En Estados Unidos, se obtiene un rendimiento de 550 kg en 22 meses, lo que equivale a 25 kg/mes, mientras en Colombia, este indicador es de 428 kg en 36 meses, es decir 11,8 kg/mes y para el caso específico del Tolima, 12 kg/mes (Agronet, 2019b)

El desarrollo tecnológico basado en la dinámica de patentamiento evidencia el liderazgo de China (24 patentes) y Estados Unidos (21 patentes) a nivel mundial. Las patentes se enfocan en mejoramiento genético, fertilización *in vitro*, mejoramiento de la calidad de la carne, detección temprana y prevención de enfermedades, conservación de la carne, alimentos especializados para el ganado y preparaciones alimenticias. En Colombia, las patentes relacionadas con la cadena cárnica-bovina no aportan al mejoramiento del sistema productivo (Web of Science, 2019).

En 2018, aunque Colombia exportó 4.694 t de carne fresca; 13.405 t de carne congelada; 971 t de despojos comestibles y 7 t de lenguas congeladas, las cifras de exportación de los países líderes son mucho mayores, pues Estados Unidos exportó 452.499 t de carne fresca; India, 1.099.118 t de carne congelada; Irlanda, 44.721 t de despojos comestibles y Australia, 19.202 t de lenguas congeladas (Trade Map, 2019).

Las exportaciones de países como Estados Unidos, India, Irlanda y Australia se ven privilegiadas, principalmente, por la terneza, el sabor, la consistencia, la conveniencia, el uso o no de hormonas y antibióticos, el contenido de grasa, las razas y la genética, el tipo de alimentación, el bienestar de los animales, ritos religiosos, origen, etc., siendo estos atributos los que definen el valor agregado del producto final, haciendo que el consumidor los perciba como aspectos diferenciadores por los que vale la pena pagar más dinero (Trade Map, 2019).

El bajo volumen de exportación que se genera en Colombia no es compensado por el valor unitario, pues el promedio de venta a nivel mundial de carne fresca es de USD 6.114/t, mientras que Colombia la comercializa a USD 4.642/t (un 30% menos). Para el caso de carne congelada, el valor promedio mundial es de USD 4.249/t, mientras que Colombia la vende a USD 3.678/t (un 15% menos). Esto se debe, principalmente a que la carne colombiana no presenta características diferenciadas de terneza, contenido de grasa, razas y genética. Caso contrario sucede con Japón, que exporta carne de ganado Wagyu a USD 63.842/t (Trade Map, 2019). En la Tabla 31 se muestra el consolidado de brechas para los diferentes indicadores de la cadena productiva cárnica-bovina.

Tabla 31

Consolidación de brechas de la cadena productiva cárnica-bovina

Rendimiento			
Condición local (Tolima)	Condición en país líder (Estados Unidos)	Valoración	Brecha
(12 kg/mes)	25 kg/mes	5,86	4,13
Desarrollo tecnológico			
Condición local (Colombia)	Condición en país líder (China - Estados Unidos)	Valoración	Brecha
Dispositivo para cortar carne. Triturador manual de carne. Mezcla para cocinar carne. Contenedor para transporte de ganado en aviones.	Mejoramiento genético. Fertilización *in vitro*. Método para determinar rápidamente el contenido de ácido inosínico en la carne después del beneficio. Método para mejorar y predecir la calidad de la carne. Detectores tempranos de fiebre bovina. Prevención de la dermatitis nodular bovina. Preparaciones alimenticias a partir de carne. Métodos de conservación de la carne. Alimentos especializados para ganado vacuno.	3,31	6,68
Exportaciones			
Condición local (Colombia)	Condición en país líder (Estados Unidos - India - Irlanda - Australia - Países Bajos)	Valoración	Brecha
Carne fresca o refrigerada: 4.694 t Carne congelada: 13.405 t Despojos comestibles, frescos o refrigerados: 971 t Lenguas congeladas: 7 t Hígados congelados: 0 Carne salada o en salmuera, seca o ahumada: 0	Estados Unidos: 452.499 t (Carne fresca o refrigerada) India: 1.099.118 t (Carne congelada) Irlanda: 44.721 t (Despojos comestibles, frescos o refrigerados) Australia: 19.202 t (Lenguas congeladas) Estados Unidos: 83.527 t (Hígados congelados) Países Bajos: 17.182 t (Carne salada o en salmuera, seca o ahumada)	2,85	7,14
Comercio internacional de productos con valor agregado			
Condición local (Colombia)	Condición en país líder (Estados Unidos - India - Irlanda - Australia)	Valoración	Brecha
Carne orgánica Protocolos para el Mercado Halal (musulmanes): Red Cárnica. Protocolos para el Mercado Kosher (judíos): Red Cárnica, Frigocolanta, Ganadería Manzanares, Frigorífico Río Frío y la planta de desposte de alimentos Cárnicos	Carne orgánica Alimentos funcionales Comercio Justo Denominación de Origen Protocolos para el Mercado Halal (musulmanes) Protocolos para el Mercado Kosher (judíos)	3	7
Valor Unitario promedio de exportación USD / t			
Condición local (Colombia)	Condición en país líder (Japón)	Valoración	Brecha
USD 4.642 / t	USD 63.842 / t	3,21	6,78

Fuente: Elaboración propia

El país y el departamento tienen la oportunidad de disminuir las brechas descritas anteriormente a través de acciones de Investigación y Desarrollo que conduzcan al mejoramiento de la eficiencia del sistema productivo en aspectos como tasas de natalidad, reducción de los índices de morbimortalidad por diarreas en animales jóvenes, terneros débiles, mortalidad de neonatos, prevalencia de endo y ecto parásitos, y cantidad y la calidad de la alimentación animal.

Así mismo, la transferencia de los resultados de investigación en el mejoramiento de la calidad de la carne y la generación de productos de alto valor agregado, son fundamentales para aumentar la competitividad de la cadena.

CAPÍTULO

5

PLAN PROSPECTIVO DE CARÁCTER TECNOLÓGICO CON ESCENARIOS DEFINIDOS EN EL MEDIANO Y LARGO PLAZO PARA LA CADENA CÁRNICA-BOVINA

La prospectiva como herramienta de construcción participativa presenta diversos objetivos, entre ellos la identificación y análisis de alternativas de futuro para cadenas productivas agropecuarias, a través de elementos claves precursores de los cambios en el mediano y largo plazo en los diferentes eslabones de los que estas se componen, y que permiten la construcción de visiones compartidas en torno al futuro de dichas cadenas priorizadas en el ámbito departamental.

5.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Con base en el análisis de la información recopilada en las etapas de caracterización de la cadena cárnica-bovina, vigilancia tecnológica y análisis de brechas, se logró establecer un total de 18 variables que inciden en el comportamiento de la cadena productiva cárnica-bovina en el Tolima en el mediano y largo plazo, a partir de las principales limitantes y oportunidades identificadas (Castellanos, Torres, y Domínguez, 2009; Orjuela-Garzon, Mendez-Arteaga, y Castro, 2017; Lima et al., 2001). Las variables fueron agrupadas en dos categorías: tecnológicas[1] y no tecnológicas. La Tabla 32 muestra la consolidación de las limitantes y oportunidades para la definición de variables.

1 Las **Variables tecnológicas** son aquellas que pueden encontrar solución a partir del desarrollo o incorporación de conocimiento, por lo que implican actividades propias de I+D+i o transferencia de tecnología.
Las **Variables no tecnológicas** parten de problemáticas relacionadas con el entorno institucional y organizacional de la cadena, por lo que muestran acciones que deben realizarse para ir construyendo un espacio político y de programación que favorezca el fortalecimiento productivo y competitivo de la misma.

Cada una de las variables identificadas en esta etapa fue validada mediante la consulta a un experto regional, con el objetivo de establecer imprecisiones técnicas, redundancias o ambigüedades y de este modo realizar el ajuste pertinente previo al desarrollo de las siguientes etapas.

Tabla 32

Consolidación de limitantes y oportunidades para la cadena cárnica-bovina del Tolima según los diferentes eslabones

Eslabón que influye	Oportunidades y limitaciones relacionadas	Nombre de la variable
	Variables tecnológicas	
Productores	**Oportunidades:** Implementación de reproductores puros o de alta selección. **Limitaciones:** Falta de investigación y transferencia en tecnología genética para el mejoramiento en conversión y estructura en las razas ganaderas predominantes.	Investigación y Desarrollo en mejoramiento genético
Productores	**Oportunidades:** Programas bio-reproductivos como la Inseminación Artificial (IA) o la Transferencia de Embriones (TE). Sincronización de la ovulación y la inseminación artificial programada. **Limitaciones:** Cobertura de la transferencia de tecnología.	Tecnologías para el manejo reproductivo
Productores	**Oportunidades:** Manejo preventivo, programas de sanidad, alternativas orgánicas, resistencia parasitaria y microbiológica. **Limitaciones:** El ganado bovino se encuentra expuesto a numerosas enfermedades reproductivas, infectocontagiosas, carenciales, metabólicas y parasitarias.	Investigación, Desarrollo e innovación en manejo de enfermedades
Productores	**Oportunidades:** Investigaciones en metanogénica y alimentación para reducir la producción de gas metano del ganado. **Limitaciones:** El principal gas de efecto invernadero es el metano, producido por la ganadería. En la mayoría de las zonas de trópico bajo o seco predominan las especies C4, ricas en carbohidratos estructurales, que causan una mayor producción de metano.	Investigación y Desarrollo tecnológico en mitigación del cambio climático
Productores	**Oportunidades:** Investigación y Desarrollo tecnológico en pastoreo (monocultivos y modelos silvopastoriles). **Limitaciones:** Escasas acciones de Investigación y Desarrollo en ganadería y cambio climático en el Tolima.	Investigación y Desarrollo tecnológico en adaptación al cambio climático
Productores	**Oportunidades:** El pastoreo racional se usa como estrategia para ingresar los animales a comer en el momento donde haya una menor producción de carbohidratos estructurales. Investigación y Desarrollo en rotación de pastoreo, labranzas, descompactación del suelo, fertilización y ajustes de carga animal. **Limitaciones:** En los sistemas de pastoreo no racionales no hay un análisis de los periodos de descanso y edad de las plantas (las más viejas tienen mayor cantidad de carbohidratos estructurales, nocivos para el medio ambiente).	Investigación, Desarrollo e innovación en sistemas de pastoreo

Eslabón que influye	Oportunidades y limitaciones relacionadas	Nombre de la variable
Variables tecnológicas		
Productores	**Oportunidades:** Aplicación de sistemas de riego en pasturas y forrajes de las fincas. **Limitaciones:** Baja disponibilidad de agua.	Investigación, Desarrollo e innovación en gestión y administración del recurso hídrico
Industria	**Oportunidades:** Suministro de suplementos alimenticios orgánicos producidos en la finca. Evaluación de subproductos del sector agroindustrial que puedan ser implementados en la alimentación de los animales. Uso de semillas de especies nativas o frutos y semillas. **Limitaciones:** Escasez de suplementos alimenticios para las épocas de sequía.	Investigación, Desarrollo e innovación en suplementos alimenticios
Productores	**Oportunidades:** Monitoreo de las variables medioambientales de las pasturas. Tecnologías para la medición de temperatura del animal. Generación de analítica de datos e información predictiva acerca del comportamiento del ganado. Detección de enfermedades. Determinación del momento del parto. Conocimiento del momento exacto en el que el animal está en celo para ser montado. **Limitaciones:** Tecnologías incipientes, altos costos, transferencia de tecnología, adopción y conectividad.	Tecnologías de Big Data e IoT para monitoreo y predicción de variables de producción
Productores	**Oportunidades:** Las características del país permiten producir carnes limpias, biológicas y orgánicas. Posibilidad de conseguir valor agregado y ventaja competitiva a través de la diferenciación. **Limitaciones:** Falta de investigación en métodos orgánicos. Acceso a las certificaciones. Cumplimiento de las Normas de Producción Orgánica de Origen Animal. No uso de anabólicos, hormonas, estimulantes del crecimiento, engorde con granos u otros alimentos concentrados. Falta de estudios de identificación de mercados de nicho. Disminución de la productividad.	Investigación y Desarrollo en modelos de producción orgánica
Industria	**Oportunidades:** La comercialización de otros productos diferentes a la carne en canal permite obtener mejores rendimientos. Diversificación del portafolio de productos para competir con las plantas de beneficio de otros departamentos que distribuyen en Tolima. Investigación y Desarrollo en alimentos cárnicos funcionales. **Limitaciones:** Acceso a registros INVIMA. Falta de Investigación, Desarrollo e innovación en nuevos productos producidos a partir de la carne. No hay carnes o embutidos madurados (se comercializan en fresco o semimadurados). Falta de Investigación y Desarrollo en alimentos cárnicos funcionales.	Investigación, Desarrollo e innovación en agregación de valor y carne de calidad sensorial
Comercialización	**Oportunidades:** Empaques con información que permita la trazabilidad del producto. Empaques sostenibles. Implementación de atmósferas modificadas y empaques activos e inteligentes y mejores métodos de conservación de la vida útil y las cualidades sensoriales. **Limitaciones:** Los productos cárnicos tienen varias manipulaciones antes de llegar al consumidor final. Falta de información nutricional y de trazabilidad en el empaque. Empaques contaminantes a base de plástico.	Investigación, Desarrollo e innovación en empaque

Eslabón que influye	Oportunidades y limitaciones relacionadas	Nombre de la variable
	Variables tecnológicas Variables no tecnológicas	
Industria - Comercialización	**Oportunidades:** Garantizar el bienestar animal para asegurar la calidad de la carne en los procesos de carga y transporte. Formalización y estandarización de las prácticas de carga y transporte. Mejoramiento de las prácticas para el proceso de beneficio. Mejoramiento de las instalaciones y las cajas de beneficio. Aplicación de prácticas eficientes de maduración de carne. Implementación de sistemas de inocuidad de la carne como BPM, HACCP e ISO 22000.**Limitaciones:** Deficientes prácticas para garantizar el bienestar animal y la calidad de la carne durante la carga y movilización del ganado desde las fincas hasta las plantas de beneficio. Inadecuados tiempos de ayuno, suministro de agua, prácticas de recepción en la planta, espacios en los camiones, corrales para el beneficio, y medidas para evitar choques y peleas.	Adopción de normatividad para transporte, beneficio, maduración y almacenamiento de carnes para garantizar la calidad y la sanidad zoosanitaria
Productores	**Oportunidades:** Implementación de denominación geográfica para productos cárnicos del Tolima. Obtención de BPG (Buenas prácticas Ganaderas), Carne Selecta Colombiana Certificada, y el sello de la Asociación Angus y Brangus de Colombia, Asobrangus, entre otros relacionados con el uso de razas, y de mercados de nicho como el kosher. **Limitaciones:** Escasa aplicación de BPG en las fincas y sellos de calidad de productores y expendios.	Adopción de certificaciones de calidad y distinciones geográficas
Productores	**Oportunidades:** Incentivos tributarios para los productores de insumos. Sistemas de información y análisis para el manejo de la información contable y financiera de las fincas. **Limitaciones:** Alto costo de los insumos y de la mano de obra directa.	Optimización de los costos de producción
Productores	**Oportunidades:** Formación especializada en normas técnicas para el manejo del forraje, el ganado y las normas sanitarias. **Limitaciones:** Baja escolaridad y capacitación técnica del trabajador en las fincas. Capacitación a los trabajadores en temas de sanidad zoosanitaria, rendimiento de forrajes y selección de animales.	Disponibilidad de mano de obra calificada
Productores	**Oportunidades:** Asistencia técnica y transferencia de tecnología a pequeños productores. **Limitaciones:** El pequeño productor no cuenta con asistencia técnica, haciendo un manejo empírico del cultivo.	Asistencia y transferencia de tecnologías
Comercialización	**Oportunidades:** Exportaciones de ganado en pie y productos cárnicos diferenciados por calidad. **Limitaciones:** Disminución del consumo de carne. Contrabando de ganado desde Venezuela.	Capacidad exportadora

Fuente: Elaboración propia

5.2. DEFINICIÓN Y ESTADO ACTUAL DE LAS VARIABLES IDENTIFICADAS

A partir de la validación, se procedió a establecer una definición y estado actual de cada una de las variables (Tabla 33), con el fin de facilitar la argumentación por parte de los expertos en las etapas de consulta. Cada una de estas variables identificadas tiene la capacidad de influir en el desempeño de la cadena.

Tabla 33

Definición y estado actual de las variables identificadas

Nombre de la variable	Definición de la variable	Estado actual
Investigación y Desarrollo en mejoramiento genético	Investigación para el desarrollo y selección de las razas más adecuadas o pertinentes que tendrán una mayor productividad.	En Colombia, algunas de las investigaciones más relevantes en el campo en los últimos años son la detección de rasgos de selección en genes candidatos y locus de rasgos cuantitativos - QTL para los rasgos reproductivos en una población de Nellore (Montes et al., 2019), el desarrollo de una base de datos para la recuperación directa de información sobre genes involucrados en la formación del músculo esquelético, enfermedades neuromusculares, envejecimiento y trastornos neurodegenerativos (Baig et al., 2019), la metilación de ADN diferencial de todo el genoma en ganado criollo adaptado tropicalmente y sus antepasados ibéricos (Sevane et al., 2019) y la asociación de genes CAST2, HSP90AA1, DNAJA1 y HSPB1 con la terneza en carne de vacas Nellore (Malheiros et al., 2018). Actualmente, en el Tolima priman el Brahman rojo, el Brahman gris y algunos cruces con Angus, con Simmental y en menor medida, con Blonde de Aquitania. Aún falta mucho para alcanzar buenos indicadores en el mejoramiento de la genética, ya que no solo es necesario introducir nuevas razas, sino también solucionar la problemática de los abundantes casos de consanguinidad dentro de los reproductores, cuyo efecto es la disminución de los parámetros productivos (Baldo et al., 2010; Bara et al., 1992; Verde, 2016). El Tolima tiene una baja actividad de producción de carne derivada de levante y ceba de animales (su vocación se basa en producir terneros para el engorde en otros departamentos, principalmente en los Llanos Orientales y el Magdalena Medio) (Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan, 2014). Por ello, se debe trabajar en el fomento de la ceba de animales y beneficio de estos siendo jóvenes y con las calidades necesarias.

Nombre de la variable	Definición de la variable	Estado actual
Tecnologías para el manejo reproductivo	Tecnologías para masificar y multiplicar el ganado (Programas bioreproductivos como la Inseminación Artificial (IA), Transferencia de Embriones (TE), Sincronización de la Ovulación, la Inseminación Artificial Programada, montas naturales, sincronizaciones y detecciones de celo).	En Colombia, la investigación en este tema en los últimos años se ha centrado en temas como el efecto de la sincronización del celo entre los donantes y receptores de embriones, la calidad y el estado del embrión en la tasa de preñez (Rodrigues et al., 2018) y modelos para la regresión o mantenimiento del cuerpo lúteo durante la gestación (Baez et al., 2017). El Tolima cuenta con una amplia adopción de la Inseminación Artificial. Sin embargo, la Transferencia de Embriones aún es reducida debido a los costos de transferencia del embrión y de transporte, especialmente en el caso de los pequeños productores (Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan, 2014).
Investigación, Desarrollo e innovación en manejo de enfermedades	Tecnologías para evitar o disminuir la incidencia de enfermedades reproductivas, infectocontagiosas, carenciales, metabólicas y parasitarias.	Las acciones de Investigación y Desarrollo a nivel nacional se centran en la detección, epidemiología y vigilancia serológica y molecular de Coxiella burnetii (Orrego et al., 2020), Babesia bigemina y Babesia bovis (Jaimes-Dueñez et al., 2018), leucemia bovina (Úsuga-Monroy et al., 2018), diarrea bovina natal (Pardo-Mora et al., 2018) y diarrea viral bovina (Benavides et al., 2020; Quintero Barbosa et al., 2019).
Investigación y Desarrollo tecnológico en mitigación del cambio climático	Existen dos políticas planteadas por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Mitigación y Adaptación. La Mitigación se refiere a atacar el problema de la generación de gases de efecto invernadero resultantes de la ganadería.	La producción de carne de vaca tiene un impacto significativo en el cambio climático, ya que esta actividad es responsable de una gran proporción de los gases de efecto invernadero - GEI emitidos en el sector agropecuario, siendo el principal el metano (Rivera et al., 2019). En el Tolima, como en la mayoría de las zonas de trópico bajo o seco, predominan las especies de pastos C4, ricas en carbohidratos estructurales, donde hay mayor producción de metano (Ku-Vera et al., 2018). Es importante realizar investigaciones en el mejor aprovechamiento del alimento por parte del animal, con el fin de reducir la emisión de los GEI y aumentar la eficiencia productiva.

Nombre de la variable	Definición de la variable	Estado actual
		El aumento en la productividad animal haciendo uso eficiente de los recursos naturales es una estrategia relevante en la adaptación de los efectos del cambio climático por parte de la producción bovina, y los sistemas silvopastoriles se convierten en la herramienta fundamental para lograrlo (Buitrago-Guillen et al., 2018). El principal efecto climático que sufren los animales en el Tolima es el estrés por calor, condición que se presenta cuando la temperatura corporal del animal excede el umbral superior de la zona termoneutral (Belhadj Slimen et al., 2016). El estrés por calor tiene un gran impacto en muchos aspectos de los animales. No solo reduce la productividad, sino que también influye en los procesos fisiológicos y moleculares. Este fenómeno provoca la reducción de la síntesis proteica (Liu et al., 2020), afecta la calidad del esperma y la fertilidad (Garcia-Oliveros et al., 2020), influye negativamente en el crecimiento y los rasgos reproductivos, reduce la resistencia a las enfermedades e induce infertilidad (Ahmad Para et al., 2020). Existe una gran posibilidad para investigar en aspectos de confort animal, sistemas silvopastoriles, conservación de suelos, cosecha de agua y más aspectos que pueden alivianar el impacto del cambio climático en la ganadería. Así mismo, es importante realizar labores de I+D en razas, cruces, proteómica, genómica y nutrigenómica que ayuden a la adaptación de los bovinos a los cada vez más fuertes impactos del cambio climático en esta región.
Investigación y Desarrollo tecnológico en adaptación al cambio climático	Existen dos políticas planteadas por el IPCC: Mitigación y Adaptación. La Adaptación se refiere a la implementación de medidas para que el sistema de ganadería se adapte a la variabilidad climática.	
Investigación, Desarrollo e innovación en sistemas de pastoreo	Alternativas de uso de las pasturas para alcanzar la máxima eficiencia productiva, teniendo en cuenta la sostenibilidad ambiental.	Existen diferentes sistemas de pastoreo: extensivos (los animales están todo el tiempo en el potrero), alternos (el potrero se divide en dos, los animales acaban con uno y luego pasan al siguiente), rotacionales (el terreno se divide en subpotreros) (Undersander et al., 1991) y Pastoreo Racional Voisin (no solo se rotan los animales, sino que se tienen en cuenta los días de ocupación y tiempos de descanso del terreno para que el ganado vuelva a pastorear, así como la composición química para el momento óptimo del pastoreo) (Agronet, 2019a). Por otro lado, la implementación de sistemas silvopastoriles contribuye a la reducción de las emisiones de GEI de los pastizales en contraste con los sistemas de pastoreo tradicionales (Rivera et al., 2019). Las principales necesidades de I+D+i en el departamento se enfocan en rotación de pastoreo, labranzas, descompactación del suelo, fertilización, ajustes de carga animal y sistemas silvopastoriles.

Nombre de la variable	Definición de la variable	Estado actual
Investigación, Desarrollo e innovación en gestión y administración del recurso hídrico	Tecnologías para la conducción eficiente del agua al lote.	Debido a que el mantenimiento de las pasturas y el uso para beber son algunas de las actividades que demandan mayor consumo de agua, son necesarios mayores avances para mejorar la eficiencia de alimentación y reducir el uso del agua por unidad de cultivo forrajero y producción de pastos (Legesse et al., 2018). En Colombia, la gestión hídrica comprende pozos profundos, represas, cosechas de agua y sistemas de riego. En el Tolima, el manejo hídrico que más se implementa consiste en sistemas de riego por gravedad, aspersiones y goteo. Es necesario innovar en tecnologías más limpias, eficaces y eficientes que incrementen la productividad y disminuyan el impacto de la ganadería en las fuentes hídricas.
Investigación, Desarrollo e innovación en suplementos alimenticios	Desarrollo de nuevos y mejores suplementos para compensar las deficiencias de las raciones ingeridas por el ganado, ricos en energía, nitrógeno, vitaminas y minerales, orientados a la productividad.	La investigación en Colombia se centra en suplementación con dosis supranutricionales de selenito de sodio o levadura enriquecida con selenio (Silva et al., 2019), resveratrol (Madrid Gaviria et al., 2019), L-carnitine (Carrillo-González y Maldonado-Estrada, 2020) y follaje de *Gliricidia sepium* mezclado con vainas de *Enterolobium cyclocarpum* (Pandey et al., 2020), con propósitos como el aumento en la taza de preñez, el mejoramiento del metabolismo, el incremento del rendimiento y la mejora de la calidad de la carne. En el Tolima se siguen utilizando como suplementos alimenticios harina de arroz, mogolla, gluten de maíz, glicerol y almizcle. El departamento demanda evaluar el uso de subproductos del sector agroindustrial que puedan ser implementados en la alimentación de los animales, así como el uso de semillas de especies nativas o frutos(Cruz Carrillo et al., 2020). Se requiere investigación en nutrición, alimentación estratégica en momentos precisos (programación nutricional en fases específicas de la vida del animal) y nanonutrición.
Tecnologías de Big Data e IoT para monitoreo y predicción de variables de producción	Big Data e Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés), son tecnologías basadas en la gestión de grandes volúmenes de datos y la interconexión de dispositivos como sensores y computadores.	En Colombia, las investigaciones más recientes se relacionan con sensores para estimar el patrón dinámico individual de las emisiones de metano del ganado (Muñoz-Tamayo et al., 2019) y tecnologías de georreferenciación y detección de celo (Ariza-Colpas et al., 2020; Salauyou y Zabrocki, 2019). La tecnología más usada en el país son las estaciones o relojes meteorológicos. Por otro lado, el programa nacional IdentifICA ha permitido la adopción de chips de monitoreo para la trazabilidad del ganado (Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, 2020).

Nombre de la variable	Definición de la variable	Estado actual
Investigación y Desarrollo en modelos de producción orgánica	Sistema de producción que se caracteriza por la alimentación del hato con productos agrícolas 100% orgánicos y el no uso de agroquímicos para los métodos de limpieza y control de plagas de instalaciones, transporte y almacenamiento.	A nivel internacional, los consumidores perciben que la carne orgánica tiene propiedades nutricionales superiores en comparación con la carne convencional, aunque la evidencia disponible es escasa (O'Donoghue et al., 2018; Schjøll, 2017). Ribas-Agustí et al. (2019) compararon la composición nutricional de carne orgánica y convencional vendida al por menor (coenzima Q 10, carnosina, anserina, creatina y taurina). Los resultados mostraron que la carne orgánica tenía 17% menos colesterol, 32% menos grasa, 16% menos ácidos grasos, 24% menos ácidos grasos monoinsaturados, 170% más ácido α-linolénico, 24% más α-tocoferol, 53% más β-caroteno, 34% más coenzima Q 10 y 72% más de taurina que la carne convencional. Actualmente, la producción orgánica en el Tolima se da en pequeña escala; un muy bajo número de productores produce bajo sistemas orgánicos. Es necesario definir si hay nichos de mercado para los productos orgánicos de la carne donde el precio compense la menor productividad que representan estos sistemas. Por otro lado, son necesarias acciones de I+D+i en alimentación y manejo de enfermedades a través de métodos orgánicos.
Investigación, Desarrollo e innovación en agregación de valor y carne de calidad sensorial	Diversificación del portafolio de productos a partir de agregación de valor (alimentos cárnicos funcionales y madurados).	El departamento se dedica, mayoritariamente, a la cría y no a la ceba, pero existe un gran potencial para desarrollar investigaciones en ese aspecto con miras a la mejora de la calidad de la carne. En el Tolima, los embutidos que más se comercializan son mortadela, salchichón y salchicha semimadurados. El mercado demanda productos madurados, con mayor calidad sensorial. Existen oportunidades en la diversificación para la obtención de grasas para jabones y ácidos insaturados. En cuanto a generación de valor agregado de los subproductos del beneficio animal, a nivel mundial se han realizado investigaciones relacionadas con fibras proteicas mixtas y proteínas hidrolizadas de subproductos de la industria cárnica (plasma sanguíneo, pulmón y rumen) (Gómez-Juárez et al., 1999; Swingler & Lawrie, 1977) y el aprovechamiento de subproductos de la industria cárnica para la elaboración de concentrado para perros (Almeida et al., 2016). Son necesarias acciones de I+D+i para aprovechar las ventajas comparativas que tiene la producción bovina obtenida en ecosistemas tropicales como los presentes en el Tolima (carne rica en ciertos componentes benéficos para la salud humana como biopéptidos activos, entre otros) (Lafarga et al., 2017; Totosaus y Ariza Ortega, 2016).

Nombre de la variable	Definición de la variable	Estado actual
Investigación, Desarrollo e innovación en empaque	Tecnologías para la prolongación de la vida útil y la calidad de los productos cárnicos (inocuidad, frescura y color).	Actualmente, en el departamento, la carne se empaca en bandejas de polietileno y polipropileno. Los empaques más sofisticados son al vacío, ya que generan un ambiente anaerobio, donde no hay riesgo de contaminación microbiana (polipropileno de alta densidad de 7 niveles de capa con microfiltro para evitar la contaminación por microorganismos y películas plásticas termoformadas, para los embutidos, con tecnología zip). La investigación en empaque a nivel mundial se ha concentrado en tecnologías de empaque de atmósferas modificadas (Garcia-Galicia et al., 2020; Hilgarth et al., 2019; Wills et al., 2017), propiedades antibacterianas de nanofibras que contienen aceite esencial de crisantemo y su aplicación embalaje de carne de vaca (Lin et al., 2019), nanofibras electrohiladas antimicrobianas de gelatina de pescado para el embalaje de productos cárnicos (Alp-Erbay et al., 2019) y efectos de la inmersión del extracto de zumaque y el recubrimiento de quitosano enriquecido con aceite de *Zataria multiflora Boiss* en la vida útil de carne en atmósfera modificada (Mojaddar Langroodi et al., 2018)
Adopción de normatividad para transporte, beneficio, maduración y almacenamiento de carnes para garantizar la calidad y la sanidad zoosanitaria	Aplicación de Buenas Prácticas Ganaderas, Buenas Prácticas de Manufactura y Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos.	Las certificación BPG (Buenas Prácticas Ganaderas), otorgada por el ICA se aplica en la finca. En la industria deben implementarse BPM (Buenas Prácticas de Manufactura) y HACCP (Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos), administradas por el INVIMA. Es importante que las certificaciones se acompañen de estímulos para que el ganadero vea sus beneficios. Las principales problemáticas en el departamento en cuanto a beneficio animal se basan en que no se realiza maduración de la carne, ya que no hay un lapso pertinente entre el periodo postmortem y la venta en los canales de comercialización. En cuanto a transporte, el mal manejo del ganado en los vehículos afecta la calidad de la carne y se pierden piezas por hematomas en el ganado. Son necesarias carrocerías especiales en los camiones, con sistemas de suministro de agua, por ejemplo, para garantizar la calidad del ganado.
Adopción de certificaciones de calidad y distinciones geográficas	Sellos que indiquen la trazabilidad de la carne del Tolima, así como sus características genéticas y sensoriales.	Actualmente, los productos cárnicos del Tolima no cuentan con información que indique características como raza, sistemas de producción y espacio geográfico específico. Hay una oportunidad en la implementación de este tipo de trazabilidad para darle un valor agregado a la carne bovina del departamento.

Nombre de la variable	Definición de la variable	Estado actual
Optimización de lo costos de producción	Eficiencia en costos, dependiendo del sistema de pastoreo implementado.	Actualmente, en un sistema de pastoreo, los costos de administración y mano de obra son los que más pesan, mientras que en un sistema de suplementación, esta representa alrededor del 70% de los costos (Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan, 2020). Los productores del departamento demandan sistemas de información con línea base y herramientas de evaluación de costos de producción y rentabilidad (alimentación, mano de obra, sanidad e infraestructura).
Disponibilidad de mano de obra calificada	Mano de obra capacitada para procesos básicos de manejo de hatos y pasturas.	Los pequeños productores cuentan con mano de obra empírica, mientras que los grandes tienen talento humano calificado para una mayor productividad (Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan, 2014). Por tanto, en el departamento son necesarias acciones de capacitación en manejo de hatos y pasturas para pequeños y medianos productores, así como en implementación de BPG, pensando en la exportación.
Asistencia y transferencia de tecnologías	Cobertura y calidad de la asistencia técnica y la transferencia tecnológica para pequeños y medianos productores.	La asistencia técnica en el Tolima es accesible para grandes productores. El departamento necesita atención personalizada para los medianos y pequeños, que solucionan sus problemáticas en manejo de hatos y pasturas de forma empírica (Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan, 2014). Por otro lado, los productores demandan su articulación con entidades como Agrosavia y la Universidad del Tolima para realizar labores de transferencia de tecnología.
Capacidad exportadora	Competencia para optimizar la oferta exportable, teniendo en cuenta la seguridad alimentaria interna.	Actualmente, Colombia tiene tres acuerdos de libre comercio que le permitirían exportar carne, con Estados Unidos, la Unión Europea y Canadá (Ariza-Colpas et al., 2020). El principal destino potencial de exportación es China (Marketline, 2019; Mordor Intelligence, 2020). Debido a su alta demanda, en el departamento se adelantan proyectos para llevar carne tolimense a este país.

Fuente: Elaboración propia

5.3. PRIORIZACIÓN DE VARIABLES A FACTORES CRÍTICOS

Una vez identificadas las variables clave que afectan el desempeño de la cadena en el mediano y largo plazo, se hace necesario jerarquizar o priorizar las mismas mediante la consulta a expertos, tanto de la academia, como del sector productivo, el sector industrial y representantes de las entidades de orden regional y nacional. Para priorizar, entonces, los factores críticos, se definieron dos criterios: el primero, impacto en el desempeño, y el segundo, previsibilidad.

Con respecto al impacto, se definieron tres criterios de desempeño: "Impacto sobre la competitividad", relacionado con el liderazgo en el mercado, "Impacto sobre la eficiencia", relacionado con la productividad, e "Impacto sobre la calidad", relacionado con los productos intermedios y finales. El segundo criterio, previsibilidad futura de cada una de las variables, se entiende como la posibilidad de conocer con cierto grado de certeza su estado futuro (A. M. G. de Castro y Lima, 2003; A. M. G. de Castro, 2014). Las escalas de calificación empleadas fueron las siguientes:

Escalas para establecer la previsibilidad y el impacto:

Grado de Previsibilidad	Grado de Impacto
1= Previsibilidad casi nula	0= No tiene impacto
2= Previsibilidad muy baja	1= Impacto casi nulo
3= Previsibilidad elevada	2= Impacto muy bajo
4= Previsibilidad muy elevada	3= Impacto elevado
	4= Impacto muy elevado

A partir de estos criterios y escalas de calificación, los factores críticos para el desarrollo de la cadena cárnica-bovina serán aquellos con mayor nivel de impacto en el desempeño y menor previsibilidad[2] sobre el comportamiento futuro de la misma. En la Tabla 34, se presentan los resultados obtenidos en el instrumento de priorización de factores críticos según impacto vs previsibilidad aplicado a los expertos.

2 Según el nivel de previsibilidad, se agruparán las variables en invariantes e incertidumbres críticas. Las primeras serán aquellas muy previsibles y las segundas serán aquellas sobre las cuales no se conoce su evaluación. Por ende, estas últimas serán fundamentales para la construcción de los escenarios de la cadena.

Tabla 34

Calificación de factores críticos según impacto vs previsibilidad por parte de los expertos

Nombre de la variable	Impacto sobre la competitividad (liderazgo en el mercado)	Impacto sobre la eficiencia (productividad)	Impacto sobre la calidad (productos intermedios y final)	Total impactos	Grado de previsibilidad
	Grado de impacto	Grado de impacto	Grado de impacto		
Investigación y Desarrollo en mejoramiento genético (MEJOGEN)	3,30	3,55	3,40	10,25	1,10
Tecnologías para el manejo reproductivo (TECREP)	3,60	3,70	3,15	10,45	0,60
Investigación, Desarrollo e innovación en manejo de enfermedades (INVEFER)	3,40	3,40	3,53	10,33	0,70
Investigación y Desarrollo tecnológico en mitigación del cambio climático (MICLIMA)	3,25	3,30	2,90	9,45	0,70
Investigación y Desarrollo tecnológico en adaptación al cambio climático (ADCLIMA)	3,60	3,75	3,40	10,75	0,40
Investigación, Desarrollo e innovación en sistemas de pastoreo (SISPASTO)	3,75	3,90	3,70	11,35	0,15
Investigación, Desarrollo e innovación en gestión y administración del recurso hídrico (INVEHIDRI)	3,55	3,60	3,35	10,50	1,05
Investigación, Desarrollo e innovación en suplementos alimenticios (SUPLEAL)	3,50	3,55	3,55	10,60	0,60
Tecnologías de Big Data e IoT para monitoreo y predicción de variables de producción (BIGIOT)	3,15	3,10	2,80	9,05	1,25
Investigación y Desarrollo en modelos de producción orgánica (PRODORG)	2,95	2,65	3,35	8,95	1,50
Investigación, Desarrollo e innovación en agregación de valor y carne de calidad sensorial (AGREVAL)	3,55	3,15	3,50	10,20	0,95
Investigación, Desarrollo e innovación en empaque (INVEMPA)	3,30	2,85	3,25	9,40	1,25

Nombre de la variable	Impacto sobre la competitividad (liderazgo en el mercado)	Impacto sobre la eficiencia (productividad)	Impacto sobre la calidad (productos intermedios y final)	Total impactos	Grado de previsibilidad
	Grado de impacto	Grado de impacto	Grado de impacto		
Adopción de normatividad para transporte, beneficio, maduración y almacenamiento de carnes para garantizar la calidad y la sanidad zoosanitaria (NORMCAL)	3,60	3,25	3,70	10,55	1,20
Adopción de certificaciones de calidad y distinciones geográficas (CERTIGEO)	3,35	3,05	3,55	9,95	1,20
Optimización de los costos de producción (OPTIPRO)	3,50	3,60	3,35	10,45	1,35
Disponibilidad de mano de obra calificada (MANOBRA)	3,40	3,50	3,55	10,45	1,65
Asistencia y transferencia de tecnologías (ASISTRANS)	3,70	3,75	3,60	11,05	1,05
Capacidad exportadora (CAPAEXPOR)	3,05	3,20	3,20	9,45	1,40

Fuente: Elaboración propia

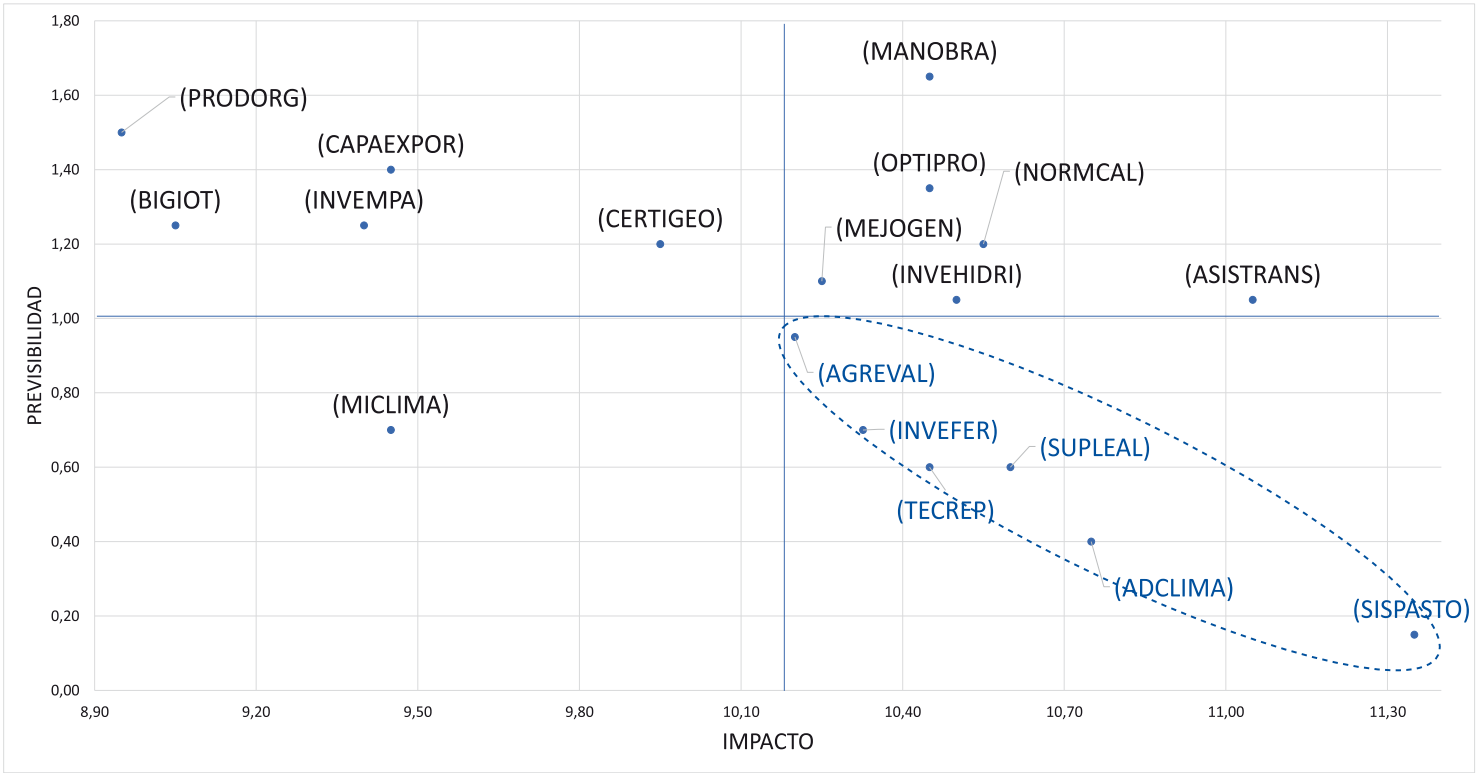
5.4. PLANO DE PRIORIZACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS SEGÚN IMPACTO EN FUNCIÓN DE LA PREVISIBILIDAD

Los resultados de la calificación de factores críticos según impacto en función de la previsibilidad, fueron procesados y presentados en un plano con cuatro cuadrantes: el cuadrante superior izquierdo (Cuadrante 1), de alta previsibilidad y bajo impacto; el cuadrante superior derecho (Cuadrante 2), de alta previsibilidad y alto impacto; el cuadrante inferior izquierdo (cuadrante 3), de baja previsibilidad y bajo impacto, y, por último, el cuadrante inferior derecho (cuadrante 4), de baja previsibilidad y alto impacto. Este último agrupará, entonces, los factores críticos que serán tenidos en cuenta para la construcción de los escenarios de futuro de la cadena. Se seleccionarán los seis de mayor impacto y menor previsibilidad.

Como se observa en la Figura 24, las variables del cuadrante inferior derecho presentan el más alto grado de impacto sobre el desempeño de la cadena y el menor nivel de previsibilidad futura.

Figura 24

Priorización de factores críticos según impacto vs previsibilidad



Fuente: Elaboración propia

Las variables al interior de la línea punteada se configuran como los factores críticos a mediano y largo plazo para la cadena cárnica-bovina en el departamento:

- Investigación, Desarrollo e innovación en sistemas de pastoreo (SISPASTO)
- Investigación y Desarrollo tecnológico en adaptación al cambio climático (ADCLIMA)
- Tecnologías para el manejo reproductivo (TECREP)
- Investigación, Desarrollo e innovación en suplementos alimenticios (SUPLEAL)
- Investigación, Desarrollo e innovación en manejo de enfermedades (INVEFER)
- Investigación, Desarrollo e innovación en agregación de valor y carne de calidad sensorial (AGREVAL)

5.5. SINTAXIS LÓGICA DE LOS FACTORES CRÍTICOS

Teniendo claro el carácter sistémico de los factores críticos, es decir, su influencia y dependencia sobre las variables no priorizadas y su efecto en el desempeño de la cadena productiva, se hace necesario establecer una comprensión del sistema estudiado mediante una sintaxis lógica que refleje las relaciones de causalidad en torno a los escenarios de futuros posibles para la cadena (Orjuela-Garzon et al., 2017). La interpretación de la Figura 25 es la siguiente:

Las tecnologías para el manejo reproductivo permitirán masificar y multiplicar el ganado en óptimas condiciones en el departamento. Esto, sumado a la Investigación y Desarrollo tecnológico en sistemas de pastoreo, suplementos alimenticios y manejo de enfermedades, permite aprovechar la ventaja competitiva que presenta la región para la ganadería en planicie y, de este modo, obtener carnes de mayor calidad. Todo lo anterior se desarrolla en un marco de adaptación al cambio climático, para que los animales mantengan óptimas condiciones de confort, resistencia al estrés y menor producción de sustancias reactivas al oxígeno, permitiendo obtener materias primas óptimas para su transformación y agregación de valor, aprovechando todas las características sensoriales derivadas de los manejos anteriores y llevando al productor tolimense a convertirse en un referente nacional por calidad.

Figura 25

Sintaxis lógica de las variables estratégicas priorizadas para la cadena cárnica-bovina

Fuente: Elaboración propia

5.6. ESCENARIOS AL AÑO 2030 PARA LA CADENA CÁRNICA-BOVINA

La prospectiva estratégica como herramienta de planificación de mediano y largo plazo, permite identificar las variables y factores críticos, tanto tecnológicos como no tecnológicos, que pueden ser determinantes para el desempeño productivo y competitivo de una cadena productiva. La construcción de visiones compartidas de futuro cobra gran relevancia debido a la dinámica de las cadenas agroindustriales y los efectos de un entorno volátil, incierto, complejo y ambiguo, que requiere, entonces, de la capacidad de las partes involucradas de alcanzar consensos, para iluminar el presente con las acciones del futuro desde una posición proactiva.

La construcción de escenarios alternativos para la evolución científico - tecnológica de la cadena productiva cárnica-bovina en el departamento del Tolima, tiene como fin único presentar a las partes involucradas, tanto institucionales, como académicas y estatales, posibles futuros que pueden darse en un horizonte de tiempo y que pueden, a partir de un proceso de apropiación y compromiso colectivo, llevar a la cadena a un estado óptimo de desempeño a nivel nacional.

Estos escenarios posibles son planteados a partir de los factores críticos priorizados, que por su baja previsibilidad y alto impacto en el mediano y largo plazo en la cadena productiva, pueden influir tanto positiva como negativamente en la misma, además de mostrar posibles rumbos a tomar, luego de un análisis profundo de los expertos de los diferentes eslabones.

5.6.1. ANÁLISIS MORFOLÓGICO – ESCENARIOS POSIBLES

Para cada factor crítico, se construyeron tres tipos de hipótesis (tendencial, transformacional y de ruptura), presentadas en la Tabla 35, permitiendo explorar de manera sistemática las diferentes combinaciones de escenarios de carácter tecnológico para la cadena cárnica-bovina (Godet y Durance, 2007; Mojica, 2005).

Tabla 35

Hipótesis de futuro para cada factor crítico

Factor Crítico	Hipótesis Tendencial	Hipótesis Transformacional	Hipótesis de ruptura
Investigación, Desarrollo e innovación en sistemas de pastoreo (SISPASTO)	La mayoría de los productores del Tolima continúa implementando sistemas de pastoreo sin enfoque racional. La ganadería del departamento sigue siendo en gran medida extensiva, con baja carga animal. El uso de sistemas de pastoreo, de silvopastoreo y de sistemas agroforestales, es aún incipiente. Así mismo, la reducción de carbohidratos estructurales sigue siendo una preocupación menor.	En el departamento, los grupos de investigación de las universidades, en articulación con los actores del entorno organizacional y el eslabón de producción, desarrollan labores de I+D en rotación de pastoreo, labranzas, descompactación del suelo, fertilización y ajustes de carga animal y reducción de GEI resultantes de la ganadería.	Los productores del Tolima utilizan sistemas de pastoreo rotacionales racionales, teniendo en cuenta los días de ocupación, los tiempos de descanso de la pastura, la conservación del suelo y la composición nutricional para el momento óptimo del pastoreo, aumentando la eficiencia, reduciendo la producción de carbohidratos estructurales y mejorando las ganancias de peso y rendimientos. Lo anterior se apoya en la adopción y uso de tecnologías IoT, para el monitoreo y gestión de información de la calidad de las pasturas.

Factor Crítico	Hipótesis Tendencial	Hipótesis Transformacional	Hipótesis de ruptura
Investigación y Desarrollo tecnológico en adaptación al cambio climático (ADCLIMA)	En el Tolima siguen presentándose altos índices de pérdidas embrionarias, nacimiento de terneros débiles y muerte de neonatos, debido a problemas de estrés térmico.	Los actores del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación desarrollan labores de investigación en conservación de suelos y manejo del recurso hídrico para alivianar el impacto del cambio climático en la ganadería del Tolima. Así mismo, se realizan labores de I+D en razas, cruces, proteómica, genómica y nutrigenómica para la adaptación de los bovinos al impacto del cambio climático en el departamento.	Dado el conocimiento sobre huella de carbono y adaptación de la ganadería tolimense al cambio climático, se han logrado mitigar los efectos del estrés térmico en el ganado a través del adecuado manejo de los componentes del sistema (suelos, agua, sistemas silvopastoriles, infraestructura y del desarrollo de especímenes más resistentes genéticamente al clima), por lo que la energía fluye en su totalidad hacia la producción, mejorando el bienestar animal, el rendimiento y la inocuidad del producto.
Tecnologías para el manejo reproductivo (TECREP)	La Transferencia de Embriones sigue teniendo una baja adopción en pequeños y medianos productores del Tolima, debido a los costos de transferencia del embrión y de transporte. Por otro lado, las técnicas de Inseminación Artificial y detección de celo no han evolucionado haciendo uso de los avances en biotecnología y TIC.	Los eslabones de producción primaria de la cadena, en articulación con los grupos de investigación en las universidades, realizan acciones de I+D+i en tecnologías emergentes para el manejo reproductivo que permitan aumentar los índices de preñez en el Tolima.	La adopción generalizada de tecnologías de sincronización de ovulación, detección de celo, Inseminación Artificial Programada, Transferencia de Embriones y congelación de semen de especímenes comprobados genéticamente, apoyadas por tecnologías de mejoramiento genético, Sensores interconectados y Big Data, han permitido aumentar el porcentaje de éxito de preñez y la productividad de la cadena.

Factor Crítico	Hipótesis Tendencial	Hipótesis Transformacional	Hipótesis de ruptura
Investigación, Desarrollo e innovación en suplementos alimenticios (SUPLEAL)	En el Tolima, la mayoría de los productores que utilizan suplementos alimenticios siguen manejando harina de arroz, mogolla, gluten de maíz, glicerol y almizcle. Por otro lado, algunos continúan utilizando subproductos del sector agrícola de manera empírica y sin un enfoque estratégico. Los periodos de escasez se han incrementado debido al cambio climático, y la falta de planeación de la alimentación animal por parte del productor hace que sigan presentándose altos costos de transporte de suplementos alimenticios desde otros departamentos.	Los actores del entorno organizacional de la cadena trabajan de la mano con los eslabones de producción primaria en labores de investigación en nutrición, alimentación estratégica en momentos precisos, nanonutrición y uso de subproductos agrícolas y agroindustriales en alimentación animal, para aumentar la productividad de la cadena y la calidad del producto final.	El cubrimiento de las deficiencias nutricionales ha aumentado la productividad del hato, a través del uso de la programación nutricional de acuerdo con las fases específicas de la vida del animal. El uso de subproductos del sector agroindustrial en la alimentación animal de forma estratégica, el aprovechamiento de las propiedades de especies nativas y adaptadas, y la nanonutrición, permiten suministrar al animal el tipo y cantidad de nutrientes precisos según sus necesidades.
Investigación, Desarrollo e innovación en manejo de enfermedades (INVEFER)	Las garrapatas, el anaplasma y la babesia, así como las diarreas y los endo y ecto parásitos, siguen afectando el rendimiento del hato ganadero del Tolima.	Los eslabones de la cadena trabajan, en articulación con los grupos de investigación en las universidades, para realizar labores de investigación en manejo preventivo de enfermedades e implicaciones productivas de las mismas.	A partir del análisis de las condiciones de manejo, nutrición, alimentación, temperatura y confort, se desarrollan e implementan tecnologías de termometría, visión por computador y serología rápida, acompañadas de vigilancia epidemiológica, para el monitoreo, detección temprana y seguimiento de enfermedades en los sistemas de producción ganadera del Tolima, lo que permite al hato expresar su potencial genético y productivo, teniendo en cuenta las condiciones de manejo sanitario eficiente, lo que se traduce en impacto económico dentro del sistema de producción.

Factor Crítico	Hipótesis Tendencial	Hipótesis Transformacional	Hipótesis de ruptura
Investigación, Desarrollo e innovación en agregación de valor y carne de calidad sensorial (AGREVAL)	El departamento sigue dedicándose, mayoritariamente, a la cría y no a la ceba del ganado, y la carne producida sigue proviniendo, significativamente, de vacas de descarte.	Los actores del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación desarrollan acciones de I+D+i para aprovechar las ventajas comparativas que tiene la producción bovina obtenida en ecosistemas tropicales como los presentes en el Tolima (carne rica en ciertos componentes benéficos para la salud humana como biopéptidos activos, entre otros).	Los eslabones de la cadena se enfocan en la obtención de productos con valor agregado, logrando comercializar en el mercado nacional e internacional productos cárnicos con valor agregado y tendencia saludable y carnes maduradas (cortes finos), con propiedades funcionales y efectos positivos en la salud y orgánicas de alta calidad sensorial con certificaciones internacionales, mediante la especialización en ceba del ganado, aprovechando las propiedades de la producción en planicie. Así mismo, se ha logrado la diversificación a través del aprovechamiento de los subproductos para la elaboración de grasas para jabones, la obtención de ácidos grasos y la fabricación de productos de alto valor agregado como concentrados con alto contenido nutricional para animales domésticos.

Fuente: Elaboración propia

A partir de estas hipótesis, para cada uno de los factores críticos y teniendo en cuenta el escenario de planeación "año 2030", los expertos consultados han definido cuatro combinaciones de escenarios posibles:

- *Escenario 1*: "Mercado de carne de alto valor agregado soportado en I+D+i"
- *Escenario 2:* "Ciclo productivo eficiente, con miras a la agregación de valor"
- *Escenario 3:* "El manejo reproductivo en la cadena no evoluciona"
- *Escenario 4:* "El cambio climático pone en juego la cadena"

La Tabla 36 muestra las combinaciones de hipótesis para cada factor crítico en cada uno de los diferentes escenarios.

Tabla 36

Hipótesis elegidas por los expertos para constituir los cuatro escenarios

	Escenarios posibles			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
H	"Mercado de carne de alto valor agregado soportado en I+D+i"	"Ciclo productivo eficiente, con miras a la agregación de valor"	"El manejo reproductivo en la cadena no evoluciona"	"El cambio climático pone en juego la cadena"
FC 1: Investigación, Desarrollo e innovación en sistemas de pastoreo (SISPASTO)				
H1				X
H2			X	
H3	X	X		
FC 2: Investigación y Desarrollo tecnológico en adaptación al cambio climático (ADCLIMA)				
H1				X
H2			X	
H3	X	X		
FC 3: Tecnologías para el manejo reproductivo (TECREP)				
H1			X	X
H2				
H3	X	X		
FC 4: Investigación, Desarrollo e innovación en suplementos alimenticios (SUPLEAL)				
H1				
H2			X	X
H3	X	X		
FC 5: Investigación, Desarrollo e innovación en manejo de enfermedades (INVEFER)				
H1				X
H2			X	
H3	X	X		

FC 6: Investigación, Desarrollo e innovación en agregación de valor y carne de calidad sensorial (AGREVAL)				
H1		X	X	X
H2				
H3	X			

Fuente: Elaboración propia

5.7. NARRACIÓN DE LOS ESCENARIOS

A continuación, se presenta la narración de cada uno de los escenarios de carácter tecnológico para la cadena cárnica-bovina al año 2030.

5.7.1. ESCENARIO 1: MERCADO DE CARNE DE ALTO VALOR AGREGADO SOPORTADO EN I+D+i

Corre el año 2030 y la cadena cárnica-bovina en el departamento del Tolima adopta de manera generalizada tecnologías de sincronización de ovulación, detección de celo, Inseminación Artificial Programada, Transferencia de Embriones y congelación de semen de especímenes comprobados genéticamente, que apoyadas por tecnologías de mejoramiento genético, sensores interconectados y Big Data, han permitido aumentar el porcentaje de éxito de preñez y la productividad de la cadena. Se implementan a su vez, sistemas de pastoreo rotacionales racionales, aplicando tecnologías IoT, para el monitoreo y gestión de información de la calidad de las pasturas, permitiendo tener en cuenta los días de ocupación, los tiempos de descanso, la conservación del suelo y la composición nutricional para el momento óptimo del pastoreo, aumentando la eficiencia, reduciendo la producción de carbohidratos estructurales y mejorando las ganancias de peso y rendimientos.

El cubrimiento de las deficiencias nutricionales ha aumentado la productividad del hato, a través del uso de la programación nutricional de acuerdo con las fases específicas de la vida del animal. El uso de subproductos del sector agroindustrial en la alimentación animal de forma estratégica, el aprovechamiento de las propiedades de especies nativas y adaptadas, la nanonutrición permiten suministrar al animal el tipo y cantidad de nutrientes precisos según sus necesidades. A partir del análisis de las condiciones de manejo, nutrición, alimentación, temperatura y confort, se desarrollan e implementan tecnologías de termometría, visión por computador y serología rápida, acompañadas de vigilancia epidemiológica, para el monitoreo, detección temprana y seguimiento de enfermedades en los sistemas de producción ganadera del Tolima, lo que permite al hato expresar su potencial genético y productivo, teniendo en cuenta las condiciones de manejo sanitario eficiente, lo que se traduce en impacto económico dentro del sistema de producción.

Dado el conocimiento sobre huella de carbono y adaptación de la ganadería tolimense al cambio climático, se han logrado mitigar los efectos del estrés térmico en el ganado a través del adecuado manejo de los componentes del sistema (suelos, agua, sistemas silvopastoriles, infraestructura y desarrollo de especímenes más resistentes genéticamente al clima), por lo que la energía fluye en su totalidad hacia la producción, mejorando el bienestar animal, el rendimiento y la inocuidad del producto.

Los eslabones de la cadena se enfocan en la obtención de productos con valor agregado, logrando comercializar en el mercado nacional e internacional productos cárnicos con valor agregado y tendencia saludable y carnes maduradas (cortes finos), con propiedades funcionales y efectos positivos en la salud y orgánicas de alta calidad sensorial con certificaciones internacionales, mediante la especialización en ceba del ganado, aprovechando las propiedades de la producción en planicie. Así mismo, se ha logrado la diversificación a través del aprovechamiento de los subproductos para la elaboración de grasas para jabones, la obtención de ácidos grasos y la fabricación de productos de alto valor agregado como concentrados con alto contenido nutricional para animales domésticos.

5.7.2. ESCENARIO 2: CICLO PRODUCTIVO EFICIENTE, CON MIRAS A LA AGREGACIÓN DE VALOR

Corre el año 2030 y la cadena cárnica-bovina en el departamento del Tolima adopta de manera generalizada tecnologías de sincronización de ovulación, detección de celo, Inseminación Artificial Programada, Transferencia de Embriones y congelación de semen de especímenes comprobados genéticamente, que apoyadas por tecnologías de mejoramiento genético, sensores interconectados y Big Data, han permitido aumentar el porcentaje de éxito de preñez y la productividad de la cadena. Se implementan, a su vez, sistemas de pastoreo rotacionales racionales, aplicando tecnologías IoT, para el monitoreo y gestión de información de la calidad de las pasturas, permitiendo tener en cuenta los días de ocupación, los tiempos de descanso, la conservación del suelo y la composición nutricional para el momento óptimo del pastoreo, aumentando la eficiencia, reduciendo la producción de carbohidratos estructurales y mejorando las ganancias de peso y rendimientos.

El cubrimiento de las deficiencias nutricionales ha aumentado la productividad del hato, a través del uso de la programación nutricional de acuerdo con las fases específicas de la vida del animal. El uso de subproductos del sector agroindustrial en la alimentación animal de forma estratégica, el aprovechamiento de las propiedades de especies nativas y adaptadas, la

nanonutrición, permiten suministrar al animal el tipo y cantidad de nutrientes precisos según sus necesidades. A partir del análisis de las condiciones de manejo, nutrición, alimentación, temperatura y confort, se desarrollan e implementan tecnologías de termometría, visión por computador y serología rápida, acompañadas de vigilancia epidemiológica, para el monitoreo, detección temprana y seguimiento de enfermedades en los sistemas de producción ganadera del Tolima, lo que permite al hato expresar su potencial genético y productivo, teniendo en cuenta las condiciones de manejo sanitario eficiente, lo que se traduce en impacto económico dentro del sistema de producción.

Dado el conocimiento sobre huella de carbono y adaptación de la ganadería tolimense al cambio climático, se han logrado mitigar los efectos del estrés térmico en el ganado a través del adecuado manejo de los componentes del sistema (suelos, agua, sistemas silvopastoriles, infraestructura y desarrollo de especímenes más resistentes genéticamente al clima), por lo que la energía fluye en su totalidad hacia la producción, mejorando el bienestar animal, el rendimiento y la inocuidad del producto. A pesar de los avances en toda la cadena de producción, los productores del departamento siguen dedicándose, mayoritariamente, a la cría y no a la ceba del ganado, y la carne producida sigue proviniendo, significativamente, de vacas de descarte.

5.7.3. ESCENARIO 3: EL MANEJO REPRODUCTIVO EN LA CADENA NO EVOLUCIONA

Corre el año 2030 y la Transferencia de Embriones en la cadena cárnica-bovina sigue teniendo una baja adopción en pequeños y medianos productores del Tolima, debido a los costos de transferencia del embrión y de transporte. Por otro lado, las técnicas de Inseminación Artificial y detección de celo no han evolucionado haciendo uso de los avances en biotecnología y TIC.

Los grupos de investigación de las universidades, en articulación con los actores del entorno organizacional y el eslabón de producción, desarrollan labores de I+D en rotación de pastoreo, labranzas, descompactación del suelo, fertilización, ajustes de carga animal, reducción de GEI resultantes de la ganadería, alimentación estratégica en momentos precisos, nanonutrición, y uso de subproductos agrícolas y agroindustriales en alimentación animal, para aumentar la productividad de la cadena y la calidad del producto final.

Este trabajo articulado y organizado se ha orientado también, a la realización de labores de investigación en manejo preventivo de enfermedades e implicaciones productivas de las mismas; conservación de suelos y manejo

del recurso hídrico para alivianar el impacto del cambio climático en la ganadería del Tolima, razas, cruces, proteómica, genómica y nutrigenómica para la adaptación de los bovinos al impacto del cambio climático en el departamento.

El Tolima sigue dedicándose, mayoritariamente a la cría y no a la ceba del ganado y la carne producida sigue proviniendo, significativamente, de vacas de descarte.

5.7.4. ESCENARIO 4: EL CAMBIO CLIMÁTICO PONE EN JUEGO LA CADENA

La Transferencia de Embriones sigue teniendo una baja adopción en pequeños y medianos productores del Tolima, debido a los costos de transferencia del embrión y de transporte. Por otro lado, las técnicas de Inseminación Artificial y detección de celo no han evolucionado haciendo uso de los avances en biotecnología y TIC. Se continúan presentando altos índices de pérdidas embrionarias, nacimiento de terneros débiles y muerte de neonatos, debido a problemas de estrés térmico.

La mayoría de los productores continúa implementando sistemas de pastoreo sin enfoque racional, por lo que la ganadería regional sigue siendo, en gran medida extensiva, con baja carga animal. El uso de sistemas de pastoreo, de silvopastoreo y de sistemas agroforestales, es aún incipiente. Así mismo, la reducción de carbohidratos estructurales sigue siendo una preocupación menor. Las garrapatas, el anaplasma y la babesia, así como las diarreas y los endo y ecto parásitos, siguen afectando el rendimiento del hato ganadero.

Los actores del entorno organizacional de la cadena trabajan de la mano con los eslabones de producción primaria en labores de investigación en nutrición, alimentación estratégica en momentos precisos, nanonutrición y uso de subproductos agrícolas y agroindustriales en alimentación animal, para aumentar la productividad de la cadena y la calidad del producto final. El departamento sigue dedicándose, mayoritariamente, a la cría y no a la ceba del ganado y la carne producida sigue proviniendo, significativamente, de vacas de descarte.

5.8. SISTEMA DE MATRICES DE IMPACTO CRUZADO SMIC

Para estimar la probabilidad de ocurrencia de cada una de las hipótesis por parte de los expertos, se implementó el Sistema de Matrices de Impactos Cruzados SMIC. Esta herramienta permite a los expertos evaluar la probabilidad de ocurrencia directa y condicionada, tanto positiva como negativa, de cada

una de las hipótesis. Con este método se pueden diseñar los escenarios probables, tendenciales o referenciales. Para el procesamiento de los datos, se empleó el software SMIC - Prob Expert de escritorio. La Tabla 37 muestra las etiquetas implementadas para nombrar cada una de las hipótesis en el programa.

Tabla 37

Lista de hipótesis y etiquetas

Hipótesis	Título largo	Título corto
H1	Investigación, Desarrollo e innovación en sistemas de pastoreo	SISPASTO
H2	Investigación y Desarrollo tecnológico en adaptación al cambio climático	ADCLIMA
H3	Tecnologías para el manejo reproductivo	TECREP
H4	Investigación, Desarrollo e innovación en suplementos alimenticios	SUPLEAL
H5	Investigación, Desarrollo e innovación en manejo de enfermedades	INVEFER
H6	Investigación, Desarrollo e innovación en agregación de valor y carne de calidad sensorial	AGREVAL

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 38 muestra las probabilidades simples ajustadas para cada hipótesis de futuro. La probabilidad de ocurrencia es calificada por los expertos consultados en una escala de 0 a 1, donde 0 es un evento improbable y 1 es un evento altamente probable.

Tabla 38

Probabilidades simples ajustadas para cada hipótesis de futuro según expertos consultados

Hipótesis	Probabilidad
1 - SISPASTO	0,769
2 - ADCLIMA	0,689
3 - TECREP	0,454
4 - SUPLEAL	0,818
5 - INVEFER	0,512
6 - AGREVAL	0,487

Fuente: Elaboración propia

Según las calificaciones obtenidas en el trabajo participativo y bajo el consenso de los grupos de trabajo, se logró identificar dos hipótesis con probabilidad alta, es decir, mayor al 70%. Estas son: SISPASTO y SUPLEAL. Se observan, además, una hipótesis con probabilidad moderada, es decir, entre 60-70% (ADCLIMA), y tres hipótesis con ocurrencia dudosa (TECREP, INVEFER y AGREVAL).

En un segundo momento, se consultó a los expertos acerca de la probabilidad condicionada de cada una de las hipótesis, según la condición de "sí realización". La Tabla 39 muestra los resultados obtenidos:

Tabla 39

Probabilidades condicionadas netas positivas para el grupo de expertos consultados

Hipótesis	SISPASTO	ADCLIMA	TECREP	SUPLEAL	INVEFER	AGREVAL
1 - SISPASTO	0,769	0,821	0,966	0,834	0,927	0,63
2 - ADCLIMA	0,735	0,689	0,771	0,777	0,887	0,399
3 - TECREP	0,57	0,509	0,454	0,555	0,696	0,494
4 - SUPLEAL	0,887	0,923	1	0,818	0,978	0,639
5 - INVEFER	0,617	0,659	0,785	0,612	0,512	0,445
6 - AGREVAL	0,399	0,282	0,53	0,38	0,423	0,487

Fuente: Elaboración propia

En un tercer momento, se consultó a los expertos acerca de la probabilidad condicionada de cada una de las hipótesis, según la condición de "no realización". La Tabla 40 muestra los resultados obtenidos:

Tabla 40

Probabilidades condicionadas netas negativas para el grupo de expertos consultados

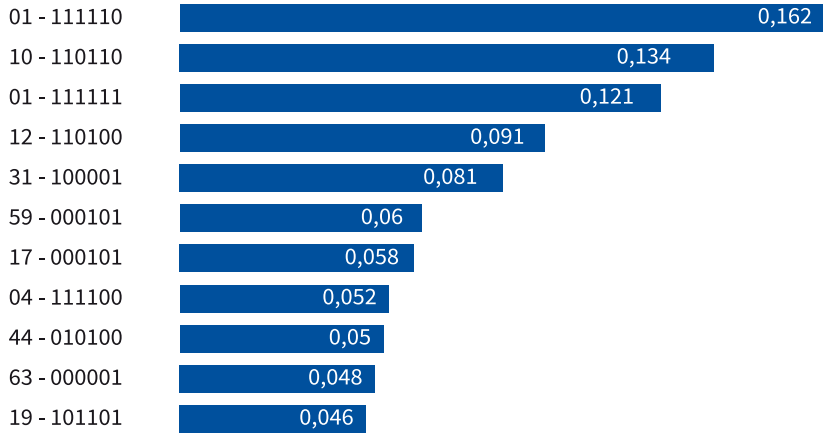
Hipótesis	SISPASTO	ADCLIMA	TECREP	SUPLEAL	INVEFER	AGREVAL
1 - SISPASTO	0	0,655	0,606	0,479	0,604	0,902
2 - ADCLIMA	0,534	0	0,62	0,29	0,481	0,964
3 - TECREP	0,067	0,335	0	0	0,201	0,416
4 - SUPLEAL	0,588	0,585	0,666	0	0,65	0,988
5 - INVEFER	0,162	0,186	0,285	0,061	0	0,576
6 - AGREVAL	0,782	0,94	0,451	0,967	0,555	0

Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos reportados por los expertos para las probabilidades simples y condicionadas (negativas y positivas), se obtiene mediante el software SMIC - Prob Expert el histograma de probabilidad de escenarios con un total de 64 combinaciones según el espacio morfológico 2^6 (Figura 26). La ocurrencia o no de los eventos se expresa con variables binarias 1 y 0.

Figura 26

Histograma de probabilidad de Escenarios



Fuente: Tomado del Software SMIC - Prob Expert

A partir de la Figura 26, en la Tabla 41 se presentan los cuatro escenarios más probables al año 2030 para la cadena cárnica-bovina.

Tabla 41

Escenarios más probables al año 2030 para la cadena cárnica-bovina

Código	Escenario	Probabilidad	Descripción
02	111110	16,2%	Ciclo productivo eficiente, con miras a la agregación de valor
10	110110	13,4%	El manejo reproductivo en la cadena no evoluciona
01	111111	12,1%	Mercado de carne de alto valor agregado soportado en I+D+i
12	110100	9,1%	El cambio climático pone en juego la cadena

Fuente: Elaboración propia

5.9. ESTRATEGIAS PARA ALCANZAR EL ESCENARIO APUESTA

El escenario apuesta “Ciclo productivo eficiente, con miras a la agregación de valor”, presenta una apuesta retadora para la cadena productiva en el departamento, por lo que es necesario construir una hoja de ruta con las acciones estratégicas a corto, mediano y largo plazo que facilite la integración y el apoyo de los actores locales, regionales y nacionales sobre la base del consenso y la participación colectiva para alcanzar la visión compartida de futuro para la cadena cárnica-bovina. Cada uno de los factores críticos ha sido planteado a manera de reto, tal como se muestra en la Tabla 42.

Tabla 42

Reto de futuro para cada factor crítico

Factor crítico	Reto de futuro que genera el factor crítico
Investigación, Desarrollo e innovación en sistemas de pastoreo (SISPASTO)	Producir carne bovina de alta calidad, mediante la transferencia de conocimientos en sistemas de pastoreo rotacionales racionales, teniendo en cuenta los días de ocupación, los tiempos de descanso de la pastura y la composición nutricional para el momento óptimo del pastoreo, con base en la adopción y uso de tecnologías IoT, para el monitoreo y gestión de información de la calidad de las pasturas.
Investigación y Desarrollo tecnológico en adaptación al cambio climático (ADCLIMA)	Mitigar los efectos del estrés térmico en el ganado a través del adecuado manejo de los componentes del sistema (suelos, agua, sistemas silvopastoriles, infraestructura) y del desarrollo de especímenes más resistentes genéticamente al clima, mejorando el bienestar animal, el rendimiento y la inocuidad del producto.
Tecnologías para el manejo reproductivo (TECREP)	Aumentar el porcentaje de éxito de preñez y la productividad de la cadena, a partir de la adopción generalizada de tecnologías de sincronización de ovulación, detección de celo, Inseminación Artificial Programada, Transferencia de Embriones y congelación de semen de especímenes comprobados genéticamente, apoyadas por tecnologías de mejoramiento genético, sensores interconectados y Big Data.
Investigación, Desarrollo e innovación en suplementos alimenticios (SUPLEAL)	Aumentar la productividad del hato, a través del uso de la programación nutricional de acuerdo con las fases específicas de la vida del animal, el uso de subproductos del sector agroindustrial en la alimentación animal de forma estratégica, el aprovechamiento de las propiedades de especies nativas y adaptadas, y la nanonutrición, que permiten suministrar al animal el tipo y cantidad de nutrientes precisos según sus necesidades.
Investigación, Desarrollo e innovación en manejo de enfermedades (INVEFER)	Monitorear, detectar de manera temprana y realizar el seguimiento de enfermedades en los sistemas de producción, a partir del análisis de las condiciones de manejo, nutrición, alimentación, temperatura y confort, y el desarrollo e implementación de tecnologías de termometría, visión por computador y serología rápida, permitiendo al hato expresar su potencial genético y productivo.
Investigación, Desarrollo e innovación en agregación de valor y carne de calidad sensorial (AGREVAL)	Desarrollar productos con valor agregado, y comercializarlos en el mercado nacional e internacional (productos cárnicos con valor agregado y tendencia saludable y carnes maduradas [cortes finos], con propiedades funcionales y efectos positivos en la salud y orgánicas de alta calidad sensorial con certificaciones internacionales), mediante la especialización en ceba del ganado, aprovechando las propiedades de la producción en planicie. Así mismo, diversificar la oferta, a través del aprovechamiento de los subproductos.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se resaltan algunas consideraciones con respecto a las acciones establecidas para alcanzar los retos definidos para los factores críticos.

1. Investigación, Desarrollo e innovación en sistemas de pastoreo (SISPASTO): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan al desarrollo de esquemas de pastoreo alternativos e innovadores que mejoren el desempeño económico y ambiental de los sistemas de producción existentes

en el departamento y al desarrollo de una estrategia de transferencia e implementación de tecnologías de pastoreo en los productores del Tolima.

2. Investigación y Desarrollo tecnológico en adaptación al cambio climático (ADCLIMA): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan a la evaluación de los efectos del estrés térmico sobre el bienestar animal, el desempeño de los sistemas de producción y la calidad de los productos; el desarrollo de estrategias de mitigación de esta problemática mediante el manejo de componentes como suelo, agua, alimentación e infraestructura y la incorporación de genética resistente a los efectos de la sensación calórica en los hatos ganaderos del departamento.

3. Tecnologías para el manejo reproductivo (TECREP): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan a la evaluación y monitoreo de las condiciones de sanidad y bienestar animal y su efecto en las tasas de concepción, y al desarrollo, implementación y transferencia de tecnologías que mejoren el éxito de preñez y la productividad de la cadena.

4. Investigación, Desarrollo e Innovación en suplementos alimenticios (SUPLEAL): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan a determinar los requerimientos nutricionales del ganado bajo las condiciones de trópico propias de la región; desarrollar suplementos que cubran las necesidades de los animales, caracterizando los subproductos agroindustriales y especies nativas y adaptadas con potencial, y evaluar la suplementación en las diferentes etapas fisiológicas.

5. Investigación, Desarrollo e innovación en manejo de enfermedades (INVEFER): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan al monitoreo y detección temprana de enfermedades asociadas a los sistemas de producción ganadera, usando tecnologías de termometría, visión por computador y serología rápida, entre otras, estableciendo los protocolos sanitarios correspondientes.

6. Investigación, Desarrollo e innovación en agregación de valor y carne de calidad sensorial (AGREVAL): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan a la identificación de las tendencias nacionales e internacionales de consumo, nichos y variables de calidad del mercado para productos de alto valor agregado de la cadena cárnica-bovina; el desarrollo, mediante estrategias de articulación universidad-empresa, de nuevos procesos de producción y productos de alto valor agregado, sustentados en el cumplimiento de la normatividad, y el escalado a nivel semiindustrial de los productos y procesos desarrollados.

En las tablas 43 a la 48, se presentan las acciones específicas establecidas en el corto, mediano y largo plazo, aplicando árboles de pertinencia, para cumplir los objetivos planteados para cada uno de los factores críticos definidos (Mojica, 2012; Mojica, 2005; Orjuela-Garzon et al., 2017).

Tabla 43

Árbol de pertinencia para el factor crítico Investigación, Desarrollo e innovación en sistemas de pastoreo

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	Actividades de mediano plazo	Actividades de largo plazo
Producir carne bovina de alta calidad, mediante la transferencia de conocimientos en sistemas de pastoreo rotacionales racionales, teniendo en cuenta los días de ocupación, los tiempos de descanso de la pastura y la composición nutricional para el momento óptimo del pastoreo, con base en la adopción y uso de tecnologías IoT, para el monitoreo y gestión de información de la calidad de las pasturas.	1. Desarrollar sistemas de pastoreo alternativos e innovadores que mejoren el desempeño económico y ambiental de los sistemas de producción existentes en el departamento.	1. Caracterización y evaluación de los sistemas de pastoreo (la composición de los suelos, capacidad de carga, el desempeño de forrajes tanto nativos como adaptados, las necesidades hídricas y nutricionales de las especies forrajeras) en las diferentes condiciones agroclimáticas	1. Evaluación de los rendimientos de conversión alimento - carne de los diferentes tipos de forraje aptos para la región	1. Desarrollo e implementación de sistemas de gestión de información georreferenciados a partir de la captura de información de redes de sensores IoT para el monitoreo de coberturas vegetales, desarrollo y bienestar animal y variables ambientales que faciliten la toma de decisiones en la gestión y tiempos del pastoreo rotacional
		2. Evaluación del efecto de los sistemas de pastoreo y los factores ambientales presentes en las diferentes regiones del departamento en el bienestar animal y los productos derivados de la ganadería	2. Desarrollo de sistemas de pastoreo rotacionales racionales aplicando redes de sensores IoT bajo modelos de interacción computador - animal, para el control y seguimiento en tiempo real de los efectos del sistema sobre el bienestar animal y la conversión alimento - carne	
		3. Determinación de los periodos de ocupación y descanso (cantidad y calidad) de los forrajes en épocas de sequía y lluvias para las diferentes zonas de producción	3. Evaluación de los beneficios y riesgos de los diferentes sistemas de pastoreo en la salud (carga parasitaria interna y externa) y mortalidad del ganado bovino	3. Evaluación del efecto de los sistemas de pastoreo en la producción de gases de efecto invernadero.

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	Actividades de mediano plazo	Actividades de largo plazo
Producir carne bovina de alta calidad, mediante la transferencia de conocimientos en sistemas de pastoreo rotacionales racionales, teniendo en cuenta los días de ocupación, los tiempos de descanso de la pastura y la composición nutricional para el momento óptimo del pastoreo, con base en la adopción y uso de tecnologías IoT, para el monitoreo y gestión de información de la calidad de las pasturas.	2. Desarrollar una estrategia de transferencia e implementación de tecnologías de pastoreo en los productores del departamento.	1. Transferencia de conocimientos a los productores sobre sistemas de pastoreo rotacionales racionales y su efecto en la eficiencia de los sistemas productivos	1. Fomento al desarrollo de modelos asociativos para la adquisición de la infraestructura tecnológica para la implementación de iniciativas en el modelo de interacción computador - animal	1. Desarrollo e implementación de un modelo de gestión de conocimiento a partir de las experiencias derivadas de los productores en la aplicación e implementación de sistemas de monitoreo basados en la interacción animal - computador para los sistemas de pastoreo alternativos definidos para la región
		2. Implementación de fincas piloto con sistemas de pastoreo alternativo basados en integración computador - animal, para la captura de información	2. Promoción de la interacción entre grupos de investigación y productores para la implementación de sistemas de pastoreo rotacionales que apliquen tecnologías de interacción animal - computador y evaluación del efecto sobre el desempeño de los sistemas	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44

Árbol de pertinencia para el factor crítico Investigación y Desarrollo tecnológico en adaptación al cambio climático

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	Actividades de mediano plazo	Actividades de largo plazo
Mitigar los efectos del estrés térmico en el ganado a través del adecuado manejo de los componentes del sistema (suelos, agua, sistemas silvopastoriles, infraestructura) y del desarrollo de especímenes más resistentes genéticamente al clima, mejorando el bienestar animal, el rendimiento y la inocuidad del producto.	1. Evaluar los efectos del estrés térmico sobre el bienestar animal, el desempeño de los sistemas de producción y la calidad de los productos.	1. Caracterización y georreferenciación de la radiación solar y las temperaturas en las zonas de producción del departamento	1. Evaluación del efecto de los sistemas silvopastoriles en la calidad de la carne	1. Implementación de tecnologías de monitoreo que emplean cámaras termográficas para drones, y sensórica para obtener información en tiempo cercano al real
		2. Análisis del efecto de condiciones de estrés térmico sobre el rendimiento productivo y reproductivo, comportamiento y fisiología del ganado en condiciones de estrés por calor	2. Desarrollo de modelos computacionales para el análisis del efecto de las condiciones climáticas sobre el rendimiento productivo y reproductivo, comportamiento y fisiología del ganado	
		3. Evaluación del efecto de la reducción de movimiento y la disposición de tanque de agua suplementaria sobre el riesgo de estrés térmico en ganado expuesto a climas cálidos	3. Evaluación del desempeño de diferentes materiales vegetativos y la suplementación macromineral en sistemas silvopastoriles	3. Desarrollo de sistemas de monitoreo individual a partir de biométricos visuales, para facilitar la trazabilidad en el desarrollo de los animales y la calidad de los productos derivados

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	Actividades de mediano plazo	Actividades de largo plazo
Mitigar los efectos del estrés térmico en el ganado a través del adecuado manejo de los componentes del sistema (suelos, agua, sistemas silvopastoriles, infraestructura) y del desarrollo de especímenes más resistentes genéticamente al clima, mejorando el bienestar animal, el rendimiento y la inocuidad del producto.	2. Desarrollar estrategias de mitigación del estrés térmico mediante el manejo de componentes como suelo, agua, alimentación e infraestructura.	1. Caracterización y georreferenciación del recurso hídrico en las zonas de producción e implementación de un modelo de manejo eficiente para la producción de carne	1. Optimización de sistemas de suministro de agua con temperatura constante y evaluación del efecto de la temperatura del agua en el crecimiento del ganado	1. Desarrollo de modelos de pronósticos web o móviles para la detección del estrés térmico basados en estaciones meteorológicas (temperatura, humedad, viento)
		2. Evaluación de tecnologías para la reducción del estrés térmico en el ganado como infraestructuras de sombrío y enfriadores evaporativos	2. Evaluación de la efectividad de la implementación de sistemas de spray en corrales para reducir el estrés térmico en ganado	2. Desarrollo de un modelo computacional que contemple las variables físicas y de confort animal para la estimación de los límites de temperatura crítica en el ganado y que facilite la toma de acciones para la protección de los animales ante el estrés térmico
		3. Evaluación del efecto de diferentes composiciones dietarías sobre la resistencia al estrés térmico	3. Desarrollo de sistemas silvopastoriles óptimos a partir de la evaluación de materiales vegetales y la evaluación de su efecto en el bienestar animal	
Mitigar los efectos del estrés térmico en el ganado a través del adecuado manejo de los componentes del sistema (suelos, agua, sistemas silvopastoriles, infraestructura) y del desarrollo de especímenes más resistentes genéticamente al clima, mejorando el bienestar animal, el rendimiento y la inocuidad del producto.	3. Incorporar genética resistente al estrés térmico en los hatos ganaderos del departamento.	1. Evaluación de las relaciones entre atributos físicos (grosor de la piel y el pelaje, medidas corporales, parámetros fisiológicos) y estrés térmico en ganado perteneciente a diferentes razas bovinas	1. Uso de técnicas (IATF, Transferencia de Embriones) para incorporar razas resistentes	1. Desarrollo de estudios genómicos para identificar genes asociados a la resistencia térmica en el ganado utilizado en la producción del departamento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45

Árbol de pertinencia para el factor crítico Tecnologías para el manejo reproductivo

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	Actividades de mediano plazo	Actividades de largo plazo
Aumentar el porcentaje de éxito de preñez y la productividad de la cadena, a partir de la adopción generalizada de tecnologías de sincronización de ovulación, detección de celo, Inseminación Artificial Programada, Transferencia de Embriones y congelación de semen de especímenes comprobados genéticamente, apoyadas por tecnologías de mejoramiento genético, sensores interconectados y Big Data.	1. Evaluar y monitorear las condiciones de sanidad y bienestar animal y su efecto en las tasas de concepción o preñez.	1. Evaluación del efecto de la composición dietaría y sistemas silvopastoriles en la tasa de concepción o índice de preñez	1. Desarrollo de raciones balanceadas acordes a las necesidades nutricionales de cada ciclo productivo	1. Establecimiento e implementación de modelos de nutrición de precisión para vacas en celo y preñadas, e información georreferenciada de disponibilidad de pastura, que reduzcan los balances energéticos negativos
		2. Evaluación del efecto del estado sanitario del animal en las tasas de concepción y preñez	2. Evaluación de la relación entre el estrés metabólico y el deterioro de la fertilidad en vacas lecheras	2. Evaluación del efecto de protocolos hormonales de sincronización de ovulación en el índice de preñez y la tasa de concepción
		3. Evaluación reproductiva y serológica de los animales reproductivamente activos	3. Diseño e implementación de técnicas diagnósticas como ultrasonografía, seguimiento genético y ambiental y protocolos de vacunación para enfermedades reproductivas	3. Diseño de modelos de predicción temprana de preñez y celo utilizando dispositivos de IoT (temperatura corporal, patrones de desplazamiento, cambios hormonales)

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	Actividades de mediano plazo	Actividades de largo plazo
Aumentar el porcentaje de éxito de preñez y la productividad de la cadena, a partir de la adopción generalizada de tecnologías de sincronización de ovulación, detección de celo, Inseminación Artificial Programada, Transferencia de Embriones y congelación de semen de especímenes comprobados genéticamente, apoyadas por tecnologías de mejoramiento genético, sensores interconectados y Big Data.	2. Desarrollar e implementar estrategias tecnológicas que mejoren el éxito de preñez y la productividad de la cadena.	1. Evaluación de las tasas de concepción de animales inseminados artificialmente en diferentes momentos del celo	1. Desarrollo de una plataforma web que permita registrar los parámetros productivos, para ser consultados como apoyo a la toma de decisiones en el ciclo productivo	1. Diseño de un sistema inteligente de decisión para mejorar la precisión del momento de la inyección de semen dentro de un cierto periodo de tiempo durante la fase de celo del ganado
		2. Evaluación de la fertilidad del semen congelado e intervalos de inseminación en protocolos de sincronización de celo y ovulación	2. Diseño e implementación de estrategias de agrupamiento genético a partir de parámetros reproductivos fenotípicos (peso al destete, circunferencia escrotal y puntaje muscular)	
		3. Diseño de programas de Transferencia de Embriones para el manejo de ganado donante y receptor	3. Evaluación de la interacción genotipo - ambiente sobre la fertilidad en toros y vacas de las diferentes regiones del departamento	3. Desarrollo de aplicaciones basadas en *machine learning* que permitan la captura y el análisis de datos por animal (dietas, pastoreo, bienestar animal, monitoreo de actividad, y parámetros fenotípicos) para la toma de decisiones de reproducción

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	Actividades de mediano plazo	Actividades de largo plazo
Aumentar el porcentaje de éxito de preñez y la productividad de la cadena, a partir de la adopción generalizada de tecnologías de sincronización de ovulación, detección de celo, Inseminación Artificial Programada, Transferencia de Embriones y congelación de semen de especímenes comprobados genéticamente, apoyadas por tecnologías de mejoramiento genético, sensores interconectados y Big Data.	3. Transferir técnicas, métodos y tecnologías que mejoren el éxito de la preñez y la productividad de la cadena.	1. Transferencia de conocimientos a los ganaderos del departamento en la relación entre bienestar animal, alimentación y sanidad y su efecto sobre las tasas reproductivas	1 Desarrollo de alianzas entre las universidades de la región y los productores para la transferencia de tecnología de Inseminación Artificial y protocolos de sincronización de celo y ovulación	1. Desarrollo de plataformas de gestión de conocimiento para la divulgación de experiencias en la implementación de técnicas, métodos y tecnologías que mejoren el éxito de la preñez
		2. Implementación de prácticas de demostración en hato de tecnologías de sensórica para la captura de datos y predicción de celo y preñez	2. Identificación de las barreras de acceso a las tecnologías que mejoran el éxito de la preñez por parte de pequeños, medianos y grandes productores de la región	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46

Árbol de pertinencia para el factor crítico Investigación, Desarrollo e innovación en suplementos alimenticios

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	Actividades de mediano plazo	Actividades de largo plazo
Aumentar la productividad del hato, a través del uso de la programación nutricional de acuerdo a las fases específicas de la vida del animal, el uso de subproductos del sector agroindustrial en la alimentación animal de forma estratégica, el aprovechamiento de las propiedades de especies nativas y adaptadas, y la nanonutrición, que permiten suministrar al animal el tipo y cantidad de nutrientes precisos según sus necesidades.	1. Determinar los requerimientos nutricionales del ganado bajo las condiciones de trópico propias de la región.	1. Identificación de las necesidades de energía en las diferentes etapas fisiológicas de las diferentes razas de ganado presentes en la región	1. Determinación de los valores de energía digestible, energía metabolizable y energía neta de los diferentes ensilajes disponibles en la región, aplicando métodos directos y de regresión	1. Desarrollo de un sistema de red de sensores y Big Data para monitorear y controlar las raciones de alimento que permita al productor tomar decisiones informadas sobre la agrupación de animales, el control y la construcción de líneas genéticas para mejorar la calidad de la carne en canal
		2. Determinación de los requerimientos de proteína en las diferentes etapas fisiológicas de las diferentes razas de ganado presentes en la región	2. Establecimiento de los tamaños de ración, los tamaños de partículas de alimentos y el tiempo de alimentación	
		3. Desarrollo de un análisis comparativo de las diferentes opciones y suplementos alimenticios empleados en la región para el engorde de ganado	3. Identificación de los hábitos y comportamientos de alimentación y consumo en animales bajo condiciones de trópico en el departamento	3. Desarrollo de sistemas de información con requerimientos nutricionales óptimos para los hábitos y comportamientos de alimentación de animales clasificados por raza y ubicación geográfica

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	Actividades de mediano plazo	Actividades de largo plazo
Aumentar la productividad del hato, a través del uso de la programación nutricional de acuerdo a las fases específicas de la vida del animal, el uso de subproductos del sector agroindustrial en la alimentación animal de forma estratégica, el aprovechamiento de las propiedades de especies nativas y adaptadas, y la nanonutrición, que permiten suministrar al animal el tipo y cantidad de nutrientes precisos según sus necesidades.	2. Caracterizar los subproductos agroindustriales y las especies nativas y adaptadas con potencial para desarrollar suplementos que cubran las necesidades de los animales de la región.	1. Determinación de la composición química y bromatológica de subproductos agroindustriales como la cacota, el bagazo de caña, la cascarilla de arroz y el mucílago de café y su potencial para la elaboración de ensilajes suplementarios en el engorde bovino	1. Desarrollo de una plataforma que permita a los ganaderos identificar la oferta de subproductos agroindustriales de empresas de la región, que se conviertan en la materia prima para la elaboración de suplementos para animales	
		2. Evaluación del potencial proteico y energético, fraccionamiento de carbohidratos y proteínas	2. Desarrollo y producción de forrajes pelletizados de alta calidad a partir de pasto cuba 22, matarratón (*Gliricidia sepium*), moringa y heno	2. Medición del impacto de los suplementos en la producción de gases de efecto invernadero (metano)
		3. Conocimiento del valor nutricional (digestibilidad, degradabilidad, aceptación, consumo) de ensilajes o pellets elaborados a partir de desechos agroindustriales	3. Evaluación del efecto de la suplementación de piensos con Selenio, vitamina D3, Vitamina E, Vitamina K3, y ácidos grasos Omega-3 en la composición de nutrientes de carne de res	3. Evaluación del efecto de ensilados elaborados a partir de subproductos frutícolas (pulpas) y de la cadena avícola (estiércol) en la nutrición y salud del ganado bovino

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	Actividades de mediano plazo	Actividades de largo plazo
Aumentar la productividad del hato, a través del uso de la programación nutricional de acuerdo a las fases específicas de la vida del animal, el uso de subproductos del sector agroindustrial en la alimentación animal de forma estratégica, el aprovechamiento de las propiedades de especies nativas y adaptadas, y la nanonutrición, que permiten suministrar al animal el tipo y cantidad de nutrientes precisos según sus necesidades.	3. Evaluar la suplementación en las diferentes etapas fisiológicas.	1. Evaluación del efecto de la suplementación sobre la ingesta, la digestibilidad, el comportamiento alimentario, el rendimiento y las características de la canal del ganado de carne en pasto	1. Desarrollo de estrategias asociativas para el tratamiento de desechos agroindustriales y la producción de suplementos alimenticios para el ganado bovino del departamento	1. Evaluación del efecto de micropartículas como aleaciones de FeCo y SiO_2 en la microbiocenosis del rumen y su impacto en la digestibilidad de los alimentos
		2. Evaluación de la ganancia de peso, los rasgos de la canal, los parámetros sanguíneos y las enzimas del rumen del ganado cuando se sustituye el ensilaje tradicional con ensilaje de subproductos agroindustriales	2. Evaluación del rendimiento de conversión alimenticia de bovinos alimentados con ensilaje pretratado con inoculantes microbianos	2. Diseño de un modelo predictivo de la ganancia de peso en ganado bovino alimentado bajo diferentes regímenes de dietas de ensilaje

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47

Árbol de pertinencia para el factor crítico Investigación, Desarrollo e innovación en manejo de enfermedades

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	Actividades de mediano plazo	Actividades de largo plazo
Monitorear, detectar de manera temprana y realizar el seguimiento de enfermedades en los sistemas de producción, a partir del análisis de las condiciones de manejo, nutrición, alimentación, temperatura y confort, y el desarrollo e implementación de tecnologías de termometría, visión por computador y serología rápida, permitiendo al hato expresar su potencial genético y productivo.	1. Realizar monitoreo y detección temprana de enfermedades asociadas a los sistemas de producción ganadera.	1. Identificación de las enfermedades endémicas más frecuentes en la zona a través de toma de muestras de sangre, secreciones y coprológicos	1. Desarrollo de un programa de vigilancia epidemiológica que permita identificar las dinámicas de transmisión espacio - temporales, los agentes etiológicos, huéspedes, factores asociados e incidencia y mortalidad de las principales enfermedades de la región	1. Desarrollo e implementación de un sistema de información regional que permita establecer redes de comunicación entre las partes interesadas, sobre las unidades productivas e industrias relacionadas, asociado a información geográfica referente a movimiento, beneficio, nacimiento y muerte de cada uno de los animales, con el fin de garantizar la trazabilidad en la cadena.
		2. Identificación de la relación entre nutrición, alimentación, temperatura y confort en el desarrollo de patologías en el ganado bovino del departamento	2. Desarrollo de métodos de detección temprana de enfermedades en el hato a partir de tecnologías de reconocimiento de animales (visión por computadora), medición de temperaturas (cámaras termográficas) y patrones de desplazamiento (sensórica)	2. Desarrollo de un sistema de monitoreo remoto utilizando sensores inalámbricos (collares GPS, termómetros timpánicos y pulsioxímetros) para la detección temprana de enfermedades en el ganado, que permita a los productores implementar estrategias efectivas de contingencia
		3. Cuantificación del impacto económico (ganancia de peso y producción de leche), en el ganado bovino no tratado por las principales enfermedades que se presentan en el departamento	3. Diseño de dispositivos (casetes, cintas o bandas) para la detección temprana de enfermedades aplicando pruebas serológicas rápidas y/o amplificación isotérmica en campo	

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	**Actividades de mediano plazo**	**Actividades de largo plazo**
	2. Implementar protocolos sanitarios de monitoreo y detección de las enfermedades usando las tecnologías de termometría, visión por computador, serología rápida, entre otras.	1. Capacitación al ganadero para el manejo de enfermedades y desarrollo de protocolos de manejo sanitario para cada una de las enfermedades que contemplen planes de vacunación, verificación permanente del bienestar animal, entre otros	1. Desarrollo de modelos predictivos a partir de datos como frecuencia cardiaca, temperatura corporal, saturación de oxígeno, locomoción y respiración, recolectados por sensores remotos utilizando técnicas de *machine learning* que permitan detectar enfermedades en animales asintomáticos	1. Implementación de vehículos aéreos no tripulados para el monitoreo del estado de salud del ganado bovino en grandes extensiones, a partir de la comunicación con chips RFID que recolectan y almacenan información sensórica para la detección temprana de enfermedades y la determinación de parámetros de frecuencia cardiaca, temperatura corporal, saturación de oxígeno, locomoción y respiración
		2. Desarrollo de prácticas sostenibles de etnoveterinaria para el control y manejo de enfermedades, para el manejo orgánico de los animales, y para la obtención de sellos y certificaciones	2. Implementación de métodos de detección temprana de enfermedades en el hato a partir de tecnologías de reconocimiento de animales, medición de temperaturas y patrones de desplazamiento, soportados en el intercambio de información en zonas no interconectadas rurales (*Zigbee*, *Bluetooth*, *UWB*, *Wifi*)	
		3. Evaluación de la prevalencia parasitaria y resistencia a medicamentos por interrupción y discontinuidad de los tratamientos en animales enfermos	3. Desarrollo de nanobiosensores a partir de biología molecular avanzada, bionanotecnología y microelectrónica para el diagnóstico y detección de enfermedades en ganado bovino	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48

Árbol de pertinencia para el factor crítico Investigación, Desarrollo e innovación en agregación de valor y carne de calidad sensorial

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	Actividades de mediano plazo	Actividades de largo plazo
Desarrollar productos con valor agregado, y comercializarlos en el mercado nacional e internacional (productos cárnicos con valor agregado y tendencia saludable y carnes maduradas [cortes finos], con propiedades funcionales y efectos positivos en la salud y orgánicas de alta calidad sensorial con certificaciones internacionales), mediante la especialización en ceba del ganado, aprovechando las propiedades de la producción en planicie. Así mismo, diversificar la oferta, a través del aprovechamiento de los subproductos	1. Identificar las tendencias nacionales e internacionales de consumo, nichos y variables de calidad del mercado para productos de alto valor agregado de la cadena cárnica-bovina.	1. Desarrollo de estudios de tendencias de inteligencia de mercado y consumo para la identificación de nuevos productos con potencial de agregación de valor	1. Evaluación de las características composicionales y de calidad (porcentaje de grasa, perfil de ácidos grasos, pH) de la carne bovina producida en el departamento, identificando productos con potencial	1. Desarrollo e implementación de un modelo predictivo para estimar la composición de ácidos grasos a partir de técnicas espectroscópicas en la carne bovina que permita clasificar los cortes según requerimientos del mercado
		2. Realización de ejercicios de inteligencia competitiva y *benchmarking* en las empresas de transformación de productos cárnicos, para identificar las principales líneas de innovación y desarrollo de productos	2. Establecimiento de una base de datos de oportunidades en nuevos productos, con sus requerimientos de materias primas e infraestructura para facilitar la toma de decisión respecto a la elaboración de productos cárnicos innovadores	2. Desarrollo de programas de innovación y desarrollo de productos junto con los diferentes eslabones de la cadena, acompañados de cámaras de comercio y centros de desarrollo tecnológico
		3. Identificación de las tendencias científicas y tecnológicas para la agregación de valor a productos de la cadena cárnica-bovina aplicando vigilancia científica y de patentes	3. Desarrollo de protocolos para reducir la proliferación de patógenos (Salmonella, listeria, E Coli) en el procesamiento de carne bovina, aplicando enfriamiento, tratamientos térmicos, radiación ionizante, radiación ultravioleta, entre otros	

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	Actividades de mediano plazo	Actividades de largo plazo
Desarrollar productos con valor agregado, y comercializarlos en el mercado nacional e internacional (productos cárnicos con valor agregado y tendencia saludable y carnes maduradas [cortes finos], con propiedades funcionales y efectos positivos en la salud y orgánicas de alta calidad sensorial con certificaciones internacionales), mediante la especialización en ceba del ganado, aprovechando las propiedades de la producción en planicie. Así mismo, diversificar la oferta, a través del aprovechamiento de los subproductos	2. Desarrollar, mediante una estrategia de articulación universidad - empresa, nuevos procesos de producción y productos de alto valor agregado, con base en el cumplimiento de la normatividad.	1. Identificar y evaluar sustitutos de aditivos químicos en carnes procesadas con efectos nocivos sobre el consumidor (embutidos ecológicos)	1. Evaluación de cultivos estárter para la elaboración de productos fermentados innovadores	1. Desarrollo de concentrados para animales domésticos con alto contenido nutricional a partir de los subproductos del beneficio animal
		2. Desarrollo y evaluación de productos elaborados con concentraciones reducidas de componentes que pueden tener un efecto nocivo a la salud (nitritos, sales, grasas) y adición de ingredientes funcionales (vitaminas, aceites esenciales, ácidos grasos, minerales)	2. Puesta en marcha de una planta piloto para el procesamiento y desarrollo de nuevos productos derivados de la cadena cárnica-bovina, bajo el acompañamiento de investigadores de la academia	2. Desarrollo de snacks listos para consumo con sabores exóticos y adición de componentes funcionales (vitaminas, minerales, ácidos grasos, antioxidantes)
		3. Evaluación del efecto del almacenamiento refrigerado y congelado de la carne (temperaturas bajo cero) sobre la degradación de la estructura proteica de la carne y su posterior transformación	3. Identificación y evaluación de los efectos de diferentes tipos de empaque (empacado al vacío, empacado con atmósferas modificadas) en la terneza de la carne a través de modificaciones oxidativas de proteínas	3. Identificación y caracterización de los péptidos precursores del sabor del hidrolizado enzimático de carne por reacción de Maillard

Objetivo/Reto	Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones	Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades		
		Actividades de corto plazo	Actividades de mediano plazo	Actividades de largo plazo
	3. Escalar a nivel semiindustrial los productos y procesos desarrollados.	1. Realización de los estudios y diseños de plantas semiindustriales a nivel asociativo para la elaboración de productos de alto valor agregado a nivel regional	1. Vinculación de la academia, los productores y asociaciones en la puesta en marcha de plantas semiindustriales para el procesamiento de nuevos productos de valor agregado	1. Desarrollo e implementación de modelos matemáticos que permitan la simulación y optimización de los procesos a escala industrial
		2. Identificación de los factores y actitudes que influyen en la evaluación de compra y consumo de productos de alto valor agregado	2. Identificación de los parámetros de calidad sensorial y bromatológica de los productos desarrollados a escala semiindustrial	
		3. Desarrollo de un modelo de trazabilidad, desde el beneficio hasta la industria, que permita monitorear la calidad de la carne en toda la cadena productiva, previniendo el fraude, reduciendo el riesgo alimentario y aumentando la confianza del consumidor en la seguridad alimentaria	3. Acompañamiento en la obtención de certificaciones BPM y HACCP para los transformadores de la cadena	3. Desarrollo de un sistema de trazabilidad alimentaria aplicando *Blockchain* para los productos de alto valor agregado de la cadena productiva, que asegure la transparencia y calidad al consumidor final

Fuente: Elaboración propia

5.10. DEFINICIÓN DE LA AGENDA DE INVESTIGACIÓN

Son múltiples las acciones que se deben llevar a cabo para la consolidación del escenario apuesta para la cadena productiva cárnica-bovina. La agenda de Investigación y Desarrollo tecnológico integra las estrategias, acciones y políticas necesarias tanto para las variables tecnológicas como las no tecnológicas (Castellanos et al., 2009).

Teniendo en cuenta que de las 18 variables estratégicas identificadas, solamente seis fueron priorizadas como factores críticos por su alto impacto y baja previsibilidad, se hace necesario plantear los proyectos que se deben implementar a corto, mediano y largo plazo respecto a las variables no priorizadas para direccionar el escenario apuesta de la cadena cárnica-bovina, hacia el desempeño tecnológico esperado y que permita fortalecer los niveles de competitividad de los diferentes eslabones asociados.

De igual manera, la evolución de la cadena cárnica-bovina hacia el escenario apuesta, estará determinada por el avance conjunto de las variables no tecnológicas, que, dada su influencia, deberán ser consideras para el despliegue de estrategias que las impulsen y promuevan. En adelante, estas variables tecnológicas y no tecnológicas serán denominadas demandas. Según Lima et al. (2001), las demandas de las cadenas productivas se pueden clasificar en tres tipos: Demandas Tipo I, que se caracterizan por responder a problemas cuya solución es tecnológica y ya está disponible; Demandas Tipo II, que se caracterizan por responder a problemas cuya solución es tecnológica pero aún no está disponible y se requiere de actividades de I+D+i, y Demandas tipo III, que se caracterizan por responder a problemas que no requieren directamente de soluciones tecnológicas, sino que, por el contrario, están ligadas a aspectos complementarios como políticas e infraestructura y tienen un impacto directo en las dos primeras. Las demandas tipo I y II, serán denominadas demandas tecnológicas[3], y las tipo III, demandas no tecnológicas (Tabla 49).

3 En las **demandas tecnológicas** se apunta a la introducción de conocimientos y tecnologías para generar rupturas en los procesos, la gestión y los productos a partir de actividades propias de I+D+i, mientras que para las **demandas no tecnológicas**, se plantean estrategias o políticas necesarias para que las condiciones endógenas de la cadena puedan absorber dicho conocimiento o tecnología.

Tabla 49

Demandas tecnológicas y no tecnológicas

	Demandas tecnológicas		Demandas no tecnológicas
1	Investigación y Desarrollo en mejoramiento genético (MEJOGEN)	1	Adopción de normatividad para transporte, beneficio, maduración y almacenamiento de carnes para garantizar la calidad y la sanidad zoosanitaria (NORMCAL)
2	Investigación y Desarrollo tecnológico en mitigación del cambio climático (MICLIMA)	2	Adopción de certificaciones de calidad y distinciones geográficas (CERTIGEO)
3	Investigación, Desarrollo e innovación en gestión y administración del recurso hídrico (INVEHIDRI)	3	Optimización de los costos de producción (OPTIPRO)
4	Tecnologías de Big Data e IoT para monitoreo y predicción de variables de producción (BIGIOT)	4	Disponibilidad de mano de obra calificada (MANOBRA)
5	Investigación y Desarrollo en modelos de producción orgánica (PRODORG)	5	Asistencia y transferencia de tecnologías (ASISTRANS)
6	Investigación, Desarrollo e innovación en empaque (INVEMPA)	6	Capacidad exportadora (CAPAEXPOR)

Fuente: Elaboración propia

El objetivo de la agenda es responder de manera coherente a las acciones que se deberán desarrollar para el fortalecimiento de la cadena cárnica-bovina en el departamento. Así, a continuación se detallan los proyectos, estrategias o políticas a seguir para cada una de las demandas identificadas, tanto tecnológicas como no tecnológicas. La estructura de cada demanda es la siguiente: la definición clara de la demanda; el eslabón de la cadena que se impacta con los proyectos que se deriven; el tipo de estrategia de I+D que debe desarrollarse[4]; el tipo de alianza requerida para desarrollar la estrategia[5] y los proyectos propuestos; el estado actual de la demanda a nivel internacional y nacional, finalmente, algunos proyectos propuestos por los expertos consultados de la cadena y su posible horizonte de ejecución.

5.10.1. DEMANDAS TECNOLÓGICAS

De la tabla 50 hasta la 55, se presentan las propuestas de los expertos para las demandas tecnológicas de la cadena cárnica-bovina.

4 **La investigación básica** consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden fundamentalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin intención de otorgarles ninguna aplicación o utilización determinada. **La investigación aplicada** consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos, pero está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico. **El desarrollo experimental** consiste en trabajos sistemáticos fundamentados en los conocimientos existentes obtenidos a partir de la investigación o la experiencia práctica, que se dirigen a producir nuevos productos o procesos, o a mejorar los productos o procesos que ya existen (OECD, 2015).

5 **Proyecto multiinstitucional:** involucra la participación de instituciones públicas, privadas, de investigación, gubernamentales, etc. (Castellanos et al., 2009). **Proyecto Monoinstitucional:** involucra el liderazgo y participación de una única institución.

Tabla 50

Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo en mejoramiento genético (MEJOGEN)

Definición de la demanda	Investigación para el desarrollo y selección de las razas más adecuadas o pertinentes que tendrán una mayor productividad.
Eslabón de impacto	Producción
Tipo de estrategia de I+D	Investigación básica ___ Investigación aplicada _X_ Desarrollo experimental _X_ Transferencia tecnológica ___
Tipo de alianza	Monoinstitucional ____ Multiinstitucional __X__
Estado del arte de la demanda	Investigadores de Estados Unidos y China lideran los artículos reportados en este tema, explorando soluciones como la implementación de marcadores moleculares y estudios de asociación de genoma completo para asistir la selección genética, mejorando cualidades de interés económico como la tasa de crecimiento, la cantidad de carne y su calidad.
Proyectos para alcanzar el estado deseable	– Evaluación productiva y reproductiva de raza y cruces bovinos adaptados a condiciones del trópico seco (corto plazo) – Implementación de programas de IATF (mediano plazo)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51

Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo tecnológico en mitigación del cambio climático (MICLIMA)

Definición de la demanda	Existen dos políticas planteadas por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Mitigación y Adaptación. La Mitigación se refiere a atacar el problema de la generación de gases de efecto invernadero resultantes de la ganadería.
Eslabón de impacto	Producción
Tipo de estrategia de I+D	Investigación básica ___ Investigación aplicada _X_ Desarrollo experimental ___ Transferencia tecnológica _X_
Tipo de alianza	Monoinstitucional ____ Multiinstitucional __X__
Estado del arte de la demanda	Los países líderes en esta demanda son Reino Unido y Australia. Investigadores asociados a estos países han evaluado alternativas con potencial para la mitigación del impacto del cambio climático en la producción de carne bovina recomendando la implementación de tipologías de producción intensiva y sistemas silvopastoriles integrando árboles y arbustos locales a las actividades productivas.
Proyectos para alcanzar el estado deseable	– Implementación de sistemas agroforestales y estrategias de alimentación para reducir los efectos del cambio climático en sistemas de producción de rumiantes (corto plazo) – Implementación de sistemas de pastoreo alternativos, tipo VOISIN, pastoreo de alta densidad y sistemas silvopastoriles (corto plazo)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52

Proyectos definidos para la demanda Investigación, Desarrollo e innovación en gestión y administración del recurso hídrico (INVEHIDRI)

Definición de la demanda	Tecnologías para la conducción eficiente del agua al lote.	
Eslabón de impacto	Producción	
Tipo de estrategia de I+D	Investigación básica ___	Investigación aplicada _X_
	Desarrollo experimental ___	Transferencia tecnológica _X_
Tipo de alianza	Monoinstitucional _____	Multiinstitucional __X__
Estado del arte de la demanda	Los países líderes en la investigación de esta demanda son Estados Unidos y Reino Unido. Sus investigadores han realizado estudios de la evolución de la productividad hídrica de las producciones de carne bovina y el impacto de mejoras en la productividad y la conversión en el uso del recurso hídrico.	
Proyectos para alcanzar el estado deseable	– Evaluación de sistemas de riego como estrategia de uso eficiente del agua (corto plazo) – Definición de modelos para la gestión del recurso hídrico en sistemas ganaderos (mediano plazo) – Implementación de programas de cosecha de agua (corto plazo)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53

Proyectos definidos para la demanda Tecnologías de Big Data e IoT para monitoreo y predicción de variables de producción (BIGIOT)

Definición de la demanda	Tecnologías basadas en la gestión de grandes volúmenes de datos y la interconexión de dispositivos como sensores y computadores para controlar y predecir de forma remota variables meteorológicas y del ganado como temperatura y enfermedades.	
Eslabón de impacto	Producción	
Tipo de estrategia de I+D	Investigación básica ___	Investigación aplicada _X_
	Desarrollo experimental _X_	Transferencia tecnológica _X_
Tipo de alianza	Monoinstitucional _____	Multiinstitucional __X__
Estado del arte de la demanda	Los países líderes en la investigación de esta demanda son Reino Unido y Australia. Investigadores de estos países han utilizado sistemas de visión computacional y sensores remotos que evalúan las respuestas fisiológicas antes del beneficio presentadas por el ganado para predecir la calidad de la carne obtenida, detectar enfermedades, tanto en el ganado como en el producto final, y estimar tiempos adecuados de parto.	
Proyectos para alcanzar el estado deseable	– Implementación y seguimiento de sistemas de información para la gestión ganadera (toma de información ambiental, productiva y económica) (corto plazo) – Escuelas de formación para el análisis integral de sistemas ganaderos (corto plazo) – Estudios epidemiológicos de enfermedades reproductivas (prevalencias, incidencias, distribuciones temporales/espaciales, factores de riesgo asociados) (mediano plazo) – Desarrollo de programas de formación de epidemiólogos veterinarios (mediano plazo) – Implementación de manejo administrativo y levantamiento de indicadores en las ganaderías mediante software (corto plazo)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54

Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo en modelos de producción orgánica (PRODORG)

Definición de la demanda	Sistema de producción que se caracteriza por la alimentación del hato con productos agrícolas 100% orgánicos y el no uso de agroquímicos para los métodos de limpieza y control de plagas de instalaciones, transporte y almacenamiento.
Eslabón de impacto	Producción
Tipo de estrategia de I+D	Investigación básica ___ Investigación aplicada _X_ Desarrollo experimental _X_ Transferencia tecnológica ___
Tipo de alianza	Monoinstitucional ____ Multiinstitucional __X__
Estado del arte de la demanda	Los países líderes en la investigación de esta demanda son Estados Unidos e Italia. Investigadores de estos países han realizado caracterizaciones de carne orgánica, encontrando diferencias en el contenido de grasa y el perfil de ácidos grasos.
Proyectos para alcanzar el estado deseable	– Desarrollo de estudios de vigilancia de mercados para identificar nichos potenciales a nivel nacional e internacional (corto plazo) – Análisis de la adopción de tecnologías de producción sostenible en sistemas ubicados en diferentes zonas agroecológicas (corto plazo) – Implementación de BPG (corto plazo) – Desarrollo de programas que promuevan los modelos de cría, levante, engorde y bienestar animal de manera natural y ambientalmente sostenible (corto plazo)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55

Proyectos definidos para la demanda Investigación, Desarrollo e innovación en empaque (INVEMPA)

Definición de la demanda	Tecnologías para la prolongación de la vida útil y la calidad de los productos cárnicos (inocuidad, frescura y color).
Eslabón de impacto	Comercialización
Tipo de estrategia de I+D	Investigación básica ___ Investigación aplicada _X_ Desarrollo experimental _X_ Transferencia tecnológica ___
Tipo de alianza	Monoinstitucional ____ Multiinstitucional __X__
Estado del arte de la demanda	Estados Unidos y Brasil lideran la producción científica en torno a esta demanda, explorando el impacto de materiales y técnicas innovadoras como el ultrasonido, los empaques al vacío, las atmósferas modificadas, el uso de biopolímeros, la proteína aislada de suero y las nanofibras de celulosa en la vida útil de la carne.
Proyectos para alcanzar el estado deseable	– Evaluación del uso de distintos envases y empaques en la vida útil de productos cárnicos y lácteos (corto plazo) – Evaluación del efecto de los tipos de empaque sobre el consumo de productos de alto valor agregado de la industria cárnica (corto plazo) – Desarrollo de empaques bioconsumibles a partir de subproductos de la agroindustria para productos cárnicos transformados (mediano plazo)

Fuente: Elaboración propia

5.10.2. DEMANDAS NO TECNOLÓGICAS

En la Tabla 56 se presentan las propuestas de los expertos para las demandas no tecnológicas de la cadena cárnica-bovina

Tabla 56

Proyectos definidos para las demandas no tecnológicas

Proyectos definidos para la demanda Adopción de normatividad para transporte, beneficio, maduración y almacenamiento de carnes para garantizar la calidad y la sanidad zoosanitaria (NORMCAL)	
Definición de la demanda	Aplicación de Buenas Prácticas Ganaderas desde la salida del ganado de la finca hasta el proceso de almacenamiento de la carne en canal.
Estrategias o política a seguir	Desarrollo de programas de vigilancia y control sobre los modelos de transporte de ganado en pie Soporte a la certificación de las plantas de beneficio municipales, para garantizar los costos, la inocuidad y la calidad a los productores del departamento Implementación de un sistema de clasificación de cortes y carnes mediante aplicaciones web o móviles que facilite el acceso al conocimiento por parte del cliente y mejore su cultura de consumo
Proyectos definidos para la demanda Adopción de certificaciones de calidad y distinciones geográficas (CERTIGEO)	
Definición de la demanda	Sellos que indiquen la trazabilidad de la carne del Tolima, así como sus características genéticas y sensoriales.
Estrategias o política a seguir	Implementación de certificaciones de calidad en sistemas de producción y transformación (beneficio y productos transformados) de ganado bovino Implementación de un programa de pago diferenciado a los ganaderos que cuenten con certificación y/o distinción geográfica sobre las zonas productoras del departamento
Proyectos definidos para la demanda Optimización de los costos de producción (OPTIPRO)	
Definición de la demanda	Eficiencia en costos, dependiendo del sistema de pastoreo implementado.
Estrategias o política a seguir	Desarrollo de estrategias de economía circular en las diferentes etapas de producción ganadera, a fin de reducir los costos, a partir de reincorporación de desechos a los procesos o valoración de subproductos Desarrollo de aplicaciones web o móviles que permitan a los ganaderos controlar los procesos administrativos y operativos de manera sencilla, optimizando de esta manera los recursos
Proyectos definidos para la demanda Disponibilidad de mano de obra calificada (MANOBRA)	
Definición de la demanda	Mano de obra capacitada para procesos básicos de manejo de hatos y pasturas.

Estrategias o política a seguir	Desarrollo, junto con las instituciones de formación para el trabajo, de programas de capacitación de la mano de obra que labora en finca en las diferentes actividades productivas Fomento de la permanencia en el campo y retención del talento, mediante el apoyo a emprendimientos relativos a la cadena cárnica-bovina
Proyectos definidos para la demanda Asistencia y transferencia de tecnologías (ASISTRANS)	
Definición de la demanda	Cobertura y calidad de la asistencia técnica y la transferencia tecnológica para pequeños y medianos productores.
Estrategias o política a seguir	Desarrollo de esquemas de transferencia de tecnologías de manera eficiente, que mejoren la productividad ganadera en la región Identificación de las principales barreras de la adopción de tecnologías en la cadena productiva y sus diferentes eslabones de producción Desarrollo de modelos de crédito y acceso en esquemas de comodatos a tecnologías que impulsen la actividad ganadera en el departamento
Proyectos definidos para la demanda Capacidad exportadora (CAPAEXPOR)	
Definición de la demanda	Competencia para optimizar la oferta exportable, teniendo en cuenta la seguridad alimentaria interna.
Estrategias o política a seguir	Identificación a través de vigilancia de mercados de nichos potenciales para establecer alianzas de comercialización Apoyo a los procesos de certificación de calidad internacional, para mejorar el acceso de carne bovina colombiana a países de Medio Oriente y Asia Desarrollo de modelos de trazabilidad, aplicando *Blockchain* para mejorar la confianza del comprador y consumidor internacional sobre los productos colombianos

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO

6

CONCLUSIONES

La construcción de la agenda prospectiva de Investigación y Desarrollo tecnológico para la cadena productiva cárnica-bovina en el departamento del Tolima fue un ejercicio que contó con la participación de cerca de 35 expertos de orden regional y nacional en diferentes talleres de futuro y entrevistas personales. Este documento busca servir como hoja de ruta a la comunidad interesada en esta cadena a nivel de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, para guiar de manera acertada la incorporación de conocimientos y tecnologías en los diferentes eslabones productivos y así aumentar la competitividad, todo con el fin de mejorar la calidad de vida del productor primario, en un marco de aprovechamiento sostenible y economía circular de los recursos del departamento.

Las etapas de caracterización, vigilancia tecnológica y análisis de brechas permitieron la identificación de las variables tecnológicas y no tecnológicas que impactan el desempeño de la cadena, de las cuales, mediante un ejercicio de priorización, se obtuvieron los seis factores críticos que guiaron la construcción de los diferentes escenarios futuros, entre los cuales se seleccionó "Ciclo productivo eficiente, con miras a la agregación de valor" como escenario apuesta por parte de los expertos. Este futuro posible constituye una apuesta retadora para el departamento, puesto que involucra cambios y esfuerzos sustanciales en materia de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, a partir de los árboles de pertinencia, como se describe a continuación:

- Investigación, Desarrollo e innovación en sistemas de pastoreo: Se hace necesario, en el corto plazo, caracterizar y evaluar los sistemas de pastoreo (la composición de los suelos, la capacidad de carga, el desempeño de forrajes, tanto nativos como adaptados, y las necesidades hídricas y nutricionales de las especies forrajeras) en las diferentes condiciones agroclimáticas del departamento e implementar fincas piloto con sistemas de pastoreo alternativo basado en integración computador-animal, para la captura de información.

- Investigación y Desarrollo tecnológico en adaptación al cambio climático: Se hace necesario, en el corto plazo, analizar el efecto de las condiciones de estrés térmico sobre el rendimiento productivo y reproductivo, el comportamiento y la fisiología del ganado; evaluar las tecnologías para la reducción del estrés calórico en el hato, como infraestructuras de sombrío y enfriadores evaporativos, y determinar las relaciones entre diferentes atributos (grosor de la piel y el pelaje, medidas corporales, y parámetros fisiológicos y de temperatura corporal) y estrés por calor en los animales de diferentes razas.

- Tecnologías para el manejo reproductivo: Se hace necesario, en el corto plazo, la evaluación del efecto de la composición dietaría y los sistemas silvopastoriles en la tasa de concepción; el diseño de programas de Transferencia de Embriones para el manejo de ganado donante y receptor, y la implementación de prácticas de demostración en hato de tecnologías de sensórica para la captura de datos y predicción de celo y preñez.

- Investigación, Desarrollo e innovación en suplementos alimenticios: Se hace necesario, en el corto plazo, desarrollar un análisis comparativo de las diferentes opciones y suplementos alimenticios empleados en la región para el engorde de ganado; determinar la composición química y bromatológica de subproductos agroindustriales como la cacota, al bagazo de caña, la cascarilla de arroz y el mucílago de café y su potencial para la elaboración de ensilajes suplementarios en el engorde de bovinos, y evaluar la ganancia de peso, los rasgos de la canal, los parámetros sanguíneos y las enzimas del rumen del ganado cuando se sustituye el ensilaje tradicional con el de subproductos agroindustriales.

- Investigación, Desarrollo e innovación en manejo de enfermedades (INVEFER): Se hace necesario, en el corto plazo, identificar las enfermedades endémicas más frecuentes en la zona a través de la toma de muestras de sangre, secreciones y coprológicos; cuantificar el impacto económico (ganancia de peso y producción de leche) en el ganado bovino no tratado por las principales enfermedades que

se presentan en el departamento, y desarrollar prácticas sostenibles de etnoveterinaria para el control y manejo de patologías, el manejo orgánico de los animales y la obtención de sellos o certificaciones.

- Investigación, Desarrollo e innovación en agregación de valor y carne de calidad sensorial: Se hace necesario, en el corto plazo, realizar estudios de tendencias de inteligencia de mercado y consumo para la identificación de nuevos productos con potencial de agregación de valor; desarrollar y evaluar productos elaborados con concentraciones reducidas de componentes negativos (nitritos, sales, grasas) y adición de ingredientes funcionales (vitaminas, aceites esenciales, ácidos grasos, minerales), e identificar los factores y actitudes que influyen en la evaluación de compra y consumo de productos de alto valor agregado.

Dentro de las variables no priorizadas, es importante destacar el uso de Tecnologías de Big Data e IoT para monitoreo y predicción de variables de producción; Investigación y Desarrollo tecnológico en mitigación del cambio climático, e Investigación, Desarrollo e innovación en gestión y administración del recurso hídrico. La primera se centra en herramientas digitales para la gestión y monitoreo eficiente de variables medioambientales para las pasturas y los animales. La segunda se enfoca en la metanogénica y alimentación para reducir la producción de metano como principal gas de efecto invernadero. La tercera se orienta a la necesidad de desarrollar alternativas como pozos profundos, represas, cosechas de agua y sistemas de riego, para una gestión eficiente del recurso en las zonas productoras.

Como elementos transversales, la cadena deberá apostarles a procesos de integración de los diferentes eslabones para el desarrollo de productos de alto valor post-beneficio, puesto que se observa una desarticulación entre la calidad de la materia prima generada y las características requeridas para desarrollar productos diferenciados (carnes maduradas). De igual manera, es clave trabajar en la formación de consumidores para el reconocimiento de calidades en el producto terminado y los beneficios de consumir alimentos de alto valor agregado, resaltando las bondades y los aportes de la carne a la nutrición con programas de comercialización y mercadeo, similares a los implementados con el pollo y el cerdo a nivel nacional, utilizando campañas en canales virtuales y televisivos con estrategias como “Créale a la carne”.

Se hace imperativo focalizar esfuerzos en la inversión en I+D+i en los diferentes eslabones de la cadena, como elemento de impulso al sector agroalimentario, que no puede detenerse, si se quiere garantizar la seguridad alimentaria del territorio. Por ello, el fortalecimiento de las cadenas de valor, que involucran una compleja red logística entre productores, transformadores,

comercializadores y consumidores, debe trabajar de manera coordinada y contar con sistemas de información y trazabilidad a través de *Blockchain*, entre otras iniciativas, que promuevan el aseguramiento de la inocuidad y la prolongación de la vida útil de productos frescos que, por cierres de vías y cuarentenas en puertos, pueden verse afectados. Además, es fundamental el desarrollo de alternativas de transformación o agregación de valor a excedentes o inventarios, así como el fortalecimiento de los estándares nacionales de exportaciones de productos cárnicos.

Es relevante mantener el monitoreo constante a nivel científico y tecnológico, tanto nacional como internacional, sobre los avances que se están desarrollando en las variables críticas, para identificar y transferir dichos conocimientos en favor del desarrollo y competitividad de la cadena, además de no perder de vista a países como Argentina, Brasil, Estados Unidos y España como referentes en el análisis de brechas por sus prácticas diferenciadas en materia de producción, transformación, agregación de valor (artesanal) y comercialización.

Para la implementación y seguimiento de las actividades de corto, mediano y largo plazo definidas en los árboles de pertinencia, es clave la divulgación de las estrategias y hallazgos de la agenda, que constituye, sin duda, una acción prioritaria para que los diferentes actores privados y gubernamentales enfoquen sus esfuerzos y articulen sus proyectos y programas. Así mismo, se requiere el establecimiento de un acuerdo de voluntades a través de una mesa de trabajo que involucre a los diversos actores sociales (academia, productores, entidades locales y comercializadores) y que permita definir responsables, recursos, mecanismos de seguimiento a resultados y priorización de las diferentes acciones, debido a que estas no podrán ser abordadas en su totalidad de forma paralela. A su vez, es fundamental establecer las capacidades a nivel de talento humano, equipos, redes de conocimiento, comercialización de tecnologías y emprendimientos de base tecnológica con las que cuenta el departamento, que deberán ser fortalecidas a fin de comprometer a los distintos actores y expertos en la consecución del escenario apuesta definido para la cadena cárnica-bovina en el Tolima.

Finalmente, se deben articular las acciones planteadas en la agenda con los planes de desarrollo departamental y municipal, las agendas de ciencia, tecnología e innovación, las agendas integradas de competitividad y demás instrumentos de planeación con los que se cuenta a nivel nacional, en búsqueda de una verdadera unión de voluntades para alcanzar los objetivos propuestos y aprovechar las oportunidades que tiene la cadena para transformar el sector productivo y el desarrollo integral del departamento.

>>REFERENCIAS

Agronet. (2019a). *10 razones por las cuales vale la pena hacer Pastoreo Racional Voisin*. https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/10-razones-por-las-cuales-vale-la-pena-hacer-Pastoreo-Racional-Voisin.aspx

Agronet. (2019b). *Resultados de las evaluaciones agropecuarias*. http://www.agronet.gov.co/Paginas/ProduccionNacionalDpto.aspx

Ahmad Para, I., Ahmad Dar, P., Ahmad Malla, B., Punetha, M., Rautela, A., Maqbool, I., Mohd, A., Ahmad Shah, M., Ahmad War, Z., Ishaaq, R., Akram Malla, W., Ahmad Sheikh, A., & Rayees, M. (2020). Impact of heat stress on the reproduction of farm animals and strategies to ameliorate it. *Biological Rhythm Research*, *51*(4), 616–632. https://doi.org/10.1080/09291016.2018.1548870

Ahmed, A. M., Ismail, T. H., Abouelmaatti, R. R., Gaafar, R. E. M., & Elfeil, W. M. K. (2020). Detection of Commercial Fraud in Processed Meat Products Using Rapid Techniques. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, *16*(2), 244–251. https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2020.244.251

Alberghini, L., Miazzo, P., Poggiana, B., Carlotto, A., & Giaccone, V. (2015). Measuring the temperature of Emergency slaughtered bovine carcasses as a possible diagnostic tool for the Meat Inspector. *Large Animal*, *32*(6), 227–230.

Ali, J., & Pappa, E. (2015). Global Meat Market. *South Asia Research*, *35*(2), 143–157. https://doi.org/10.1177/0262728015578985

Alizadeh-Sani, M., Mohammadian, E., & McClements, D. J. (2020). Eco-friendly active packaging consisting of nanostructured biopolymer matrix reinforced with TiO2 and essential oil: Application for preservation of refrigerated meat. *Food Chemistry*, *322*(August 2019), 126782. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126782

Allied Market Research. (2020). *Kosher Food Market. Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2019-2026*. Consultado en base de datos de Emis

Almeida, P. A., Henao G., O. R., & Acosta-Zuleta, H. A. . (2016). Improving food security – using cattle face meat (A meat meal) to develop an extruded dog feed. *Vitae*, *23*, S718–S721.

Alp-Erbay, E., YeşİLsu, A. F., & Türe, M. (2019). Fish gelatin antimicrobial electrospun nanofibers for active food-packaging applications. *Journal*

of Nano Research, *56*, 80–97. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JNanoR.56.80

Álvarez-Castillo, E., Bengoechea, C., Rodríguez, N., & Guerrero, A. (2019). Development of green superabsorbent materials from a by-product of the meat industry. *Journal of Cleaner Production*, *223*, 651–661. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.055

Ariza-Colpas, P. P., Pineres-Melo, M. A., Morales-Ortega, R. C., Collazos-Morales, C. A., Melendez-Pertuz, arid A., Ovallos Gazabon, D. A., Cardena-Ruiz, C. A., & Roca-Vides, M. B. (2020). Teleagro's Telecommunications Architecture - Georeferencing and Detection of Bovine Cattle Zeal. *Procedia Computer Science*, *170*, 1065–1070. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.072

Aroeira, C. N., Torres Filho, R. A., Fontes, P. R., Gomide, L. A. M., Ramos, A. L. S., Ladeira, M. M., & Ramos, E. M. (2016). Freezing, thawing and aging effects on beef tenderness from Bos indicus and Bos taurus cattle. *Meat Science*, *116*, 118–125. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.006

Baez, G. M., Trevisol, E., Barletta, R. V., Cardoso, B. O., Ricci, A., Guenther, J. N., Cummings, N. E., & Wiltbank, M. C. (2017). Proposal of a new model for CL regression or maintenance during pregnancy on the basis of timing of regression of contralateral, accessory CL in pregnant cows. *Theriogenology*, *89*, 214–225. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.09.055

Bahn, R., EL Labban, S., & Hwalla, N. (2019). Impacts of shifting to healthier food consumption patterns on environmental sustainability in MENA countries. *Sustainability Science*, *14*(4), 1131–1146. https://doi.org/10.1007/s11625-018-0600-3

Baig, M. H., Rashid, I., Srivastava, P., Ahmad, K., Jan, A. T., Rabbani, G., Choi, D., Barreto, G. E., Ashraf, G. M., Lee, E. J., & Choi, I. (2019). NeuroMuscleDB: a Database of Genes Associated with Muscle Development, Neuromuscular Diseases, Ageing, and Neurodegeneration. *Molecular Neurobiology*, *56*(8), 5835–5843. https://doi.org/10.1007/s12035-019-1478-5

Baldo, A., Rogberg-Muñoz, A., Prando, A., Mello Cesar, A. S., Lirón, J. P., Sorarrain, N., Ramelli, P., Posik, D. M., Pofcher, E., Ripoli, M. V., Beretta, E., Peral-García, P., Vaca, R., Mariani, P., & Giovambattista, G. (2010). Effect of consanguinity on Argentinean Angus beef DNA traceability. *Meat Science*, *85*(4), 671–675. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.03.023

Bara, L., Bloch, M. F., & Samama, M. M. (1992). A primary platelet disorder of consanguineous simmental cattle. *Blood*, *c*, 167–174.

Belhadj Slimen, I., Najar, T., Ghram, A., & Abdrrabba, M. (2016). Heat stress effects on livestock: Molecular, cellular and metabolic aspects, a review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *100*(3), 401–412. https://doi.org/10.1111/jpn.12379

Benavides, B., Casal, J., Diéguez, J. F., Yus, E., Moya, S. J., Armengol, R., & Allepuz, A. (2020). Development of a quantitative risk assessment of bovine viral diarrhea virus and bovine herpesvirus-1 introduction in dairy cattle herds to improve biosecurity. *Journal of Dairy Science*, 6454–6472. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17827

Besson, T., Bouxom, H., & Jaubert, T. (2020). Halo It's Meat! the Effect of the Vegetarian Label on Calorie Perception and Food Choices. *Ecology of Food and Nutrition*, *59*(1), 3–20. https://doi.org/10.1080/03670244.2019.1652820

BIS Research. (2020). *Global Animal Genetics Market*. Consultado en base de datos de Emis

Brunoro, J. R. P., Lopes, M. A., Demeu, F. A., Bruhn, F. R. P., Rigueira, L. L., Faria, P. B., Rocha, C. M. B. M., Contini, E., Pacheco, E. O., Maia, É. M., & Junqueira, L. V. (2020). Factors associated with consumer perception and conduct toward certified beef from Brazil. *Journal of Food Science*, *85*(5), 1542–1547. https://doi.org/10.1111/1750-3841.15012

Buitrago-Guillen, M. E., Ospina-Daza, L. A., & Narváez-Solarte, W. (2018). Silvopastoral systems: An alternative in the mitigation and adaptation of bovine production to climate change. *Boletin Cientifico Del Centro de Museos*, *22*(1), 31–42. https://doi.org/10.17151/bccm.2018.22.1.2

CAF. (2006). *Construyendo el futuro: Programa Colombiano de Prospectiva Tecnológica e Industrial*. http://scioteca.caf.com/handle/123456789/450

Carrillo-González, D. F., & Maldonado-Estrada, J. G. (2020). L-carnitine supplementation in culture media improves the pregnancy rate of in vitro produced embryos with sexed semen from Bos taurus indicus cows. *Tropical Animal Health and Production*. https://doi.org/10.1007/s11250-020-02281-y

Cartín-Rojas, A., & Ortiz, P. (2017). Ventajas y desventajas del cultivo de carne in vitro: perspectivas desde la seguridad alimentaria. *Revista de Medicina Veterinaria*, *36*, 135–144. https://doi.org/10.19052/mv.5179

Castellanos, O. F., Torres, L. M., & Domínguez, K. P. (2009). Manual metodológico para la definición de agendas de investigación y desarrllo tecnológico en cadenas productivas agroindustriales. In *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia*.

Castro, A. M. G. d, & Lima, S. M. V. (2003). *Análisis Prospectivo de Cadenas Productivas Agropecuarias*.

Castro, A. M. G. De. (2014). Prospecção de cadeias produtivas e gestão da informação. *Transinformação*, *13*(2), 55–72. https://doi.org/10.1590/s0103-37862001000200004

Chandia, M., & Soon, J. M. (2018). The variations in religious and legal understandings on halal slaughter. *British Food Journal*, *120*(3), 714–730. https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2017-0129

Cho, S., Kang, G., Seong, P. N., Park, B., & Kang, S. M. (2015). Effect of slaughter age on the antioxidant enzyme activity, color, and oxidative stability of Korean Hanwoo (Bos taurus coreanae) cow beef. *Meat Science*, *108*, 44–49. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.018

Conti-Silva, A. C., Pinto e Silva, M. E. M., & Arêas, J. A. G. (2011). Sensory acceptability of raw and extruded bovine rumen protein in processed meat products. *Meat Science*, *88*(4), 652–656. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.024

Cruz Carrillo, A., Rodríguez Salgado, A. M., & Pineda Pulido, C. (2020). Efecto de la suplementación con ensilaje de cáscara de naranja (Citrus sinensis L) sobre algunos parámetros metabólicos en vacas de leche. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, *30*(4), 1494–1503. https://doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17157

Curtain, F., & Grafenauer, S. (2019). Plant-Based Meat Substitutes in the Flexitarian Age: An Audit of Products on Supermarket Shelves. *Nutrients*, *11*(11), 2603. https://doi.org/10.3390/nu11112603

Das, A. K., Nanda, P. K., Madane, P., Biswas, S., Das, A., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2020). A comprehensive review on antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, *99*, 323–336. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.010

de Mendoza, M. G., de Moreno, L. A., Huerta-Leidenz, N., Uzcátegui-Bracho, S., Beriain, M. J., & Smith, G. C. (2005). Occurrence of conjugated linoleic acid in longissimus dorsi muscle of water buffalo (Bubalus bubalis) and zebu-type cattle raised under savannah conditions. *Meat Science*, *69*(1), 93–100. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.06.008

Delosière, M., Durand, D., Bourguet, C., & Terlouw, E. M. C. (2020). Lipid oxidation, pre-slaughter animal stress and meat packaging: Can dietary supplementation of vitamin E and plant extracts come to the rescue? *Food Chemistry*, *309*, 125668. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125668

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2019). *Encuesta de sacrificio de ganado (ESAG)*. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-de-sacrificio-de-ganado

Desiere, S., Hung, Y., Verbeke, W., & D'Haese, M. (2018). Assessing current and future meat and fish consumption in Sub-Sahara Africa: Learnings from FAO Food Balance Sheets and LSMS household survey data. *Global Food Security*, *16*, 116–126. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.12.004

Etemadzadeh, S. S., & Emtiazi, G. (2020). Generation of non-toxic, chemical functional bio-polymer for desalination, metal removal and antibacterial activities from animal meat by-product. *Journal of Food Science and Technology*. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04525-z

Farouk, M. M., Al-Mazeedi, H. M., Sabow, A. B., Bekhit, A. E. D., Adeyemi, K. D., Sazili, A. Q., & Ghani, A. (2014). Halal and kosher slaughter methods and meat quality: A review. *Meat Science*, *98*(3), 505–519. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.021

Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan. (2014). Ganadería Regional Visión 2014 -2018 Tolima. In *Ganadería Regional Visión 2014 -2018*. https://www.fedegan.org.co/estadisticas/documentos-de-estadistica

Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan. (2017). *Inventario ganadero 2016*.https://www.fedegan.org.co/estadisticas/documentos-de-estadistica

Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan. (2018). *Ganadería Colombiana. Hoja de ruta 2018 - 2022*. http://static.fedegan.org.co.s3.amazonaws.com/publicaciones/Hoja_de_ruta_Fedegan.pdf

Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan. (2019a). *Consumo*. https://www.fedegan.org.co/estadisticas/consumo-0

Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan. (2019b). *Precios*. https://www.fedegan.org.co/estadisticas/precios

Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan. (2019c). *Producción*. https://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0

Federación Colombiana de Ganaderos - Fedegan. (2020). *Costos de producción*. https://www.fedegan.org.co/estadisticas/costos-produccion

Ferreira, K. de C., Furtado, A. C., Flores, H. P., de Oliveira, P. R. de O., Gonçalves, A. G., & de Oliveira, D. M. (2020). Cattle loading rates in different truck models and their relationship with bruises on bovine carcasses. *Ciencia Rural*, *50*(5), 1–8. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190819

Freitas, P., Pereira, S. A., Santos, M. D., Alves, S. P., Bessa, R. J. B., Delgadillo, I., & Saraiva, J. A. (2016). Performance of raw bovine meat preservation by hyperbaric storage (quasi energetically costless) compared to refrigeration. *Meat Science*, *121*, 64–72. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.05.001

Garcia-Galicia, I. A., Huerta-Jimenez, M., Morales-Piñon, C., Diaz-Almanza, S., Carrillo-Lopez, L. M., Reyes-Villagrana, R., Estepp, C., & Alarcon-Rojo, A. D. (2020). The impact of ultrasound and vacuum pack on quality properties of beef after modified atmosphere on display. *Journal of Food Process Engineering*, *43*(1), 1–10. https://doi.org/10.1111/jfpe.13044

Garcia-Oliveros, L. N., de Arruda, R. P., Batissaco, L., Gonzaga, V. H. G., Nogueira, V. J. M., Florez-Rodriguez, S. A., Almeida, F. dos S., Alves, M. B. R., Pinto, S. C. C., Nichi, M., Losano, J. D. de A., Kawai, G. K. V., & Celeghini, E. C. C. (2020). Heat stress effects on bovine sperm cells: a chronological approach to early findings. *International Journal of Biometeorology*. https://doi.org/10.1007/s00484-020-01917-w

Garmyn, A. (2020). Consumer Preferences and Acceptance of Meat Products. *Foods*, *9*(6), 708. https://doi.org/10.3390/foods9060708

Gedarawatte, S. T. G., Ravensdale, J. T., Johns, M. L., Azizi, A., Al-Salami, H., Dykes, G. A., & Coorey, R. (2020). Effectiveness of bacterial cellulose in controlling purge accumulation and improving physicochemical, microbiological, and sensorial properties of vacuum-packaged beef. *Journal of Food Science*, *85*(7), 2153–2163. https://doi.org/10.1111/1750-3841.15178

Gheorghita Puscaselu, R., Amariei, S., Norocel, L., & Gutt, G. (2020). New edible packaging material with function in shelf life extension: Applications for the meat and cheese industries. *Foods*, *9*(5). https://doi.org/10.3390/foods9050562

Glover, D., & Sexton, A. (2015). Edible insects and the future of food: A foresight scenario exercise on entomophagy and global food security. In *Institute of Development Studies* (Issue 149). https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2091.0564

Godet, M., & Durance, P. (2007). *La caja de herramientas de la prospectiva estratégica*.http://www.laprospective.fr/dyn/francais/memoire/Cajadeherramientas2007.pdf

Godoy Padilla, D. J., Daza La Plata, R., Fernández Curi, L. M., Layza Mendiola, A. E., Roque Alcarraz, R. E., Hidalgo Lozano, V., Gamarra Carrillo, S. G., & Gómez Bravo, C. A. (2020). Caracterización del valor nutricional de los residuos agroindustriales para la alimentación de ganado vacuno en la región de San Martín, Perú. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, *21*(2), 1–14. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num2_art:1374

Gómez-Juárez, C., Castellanos, R., Ponce-Noyola, T., Calderón, V., & Figueroa, J. (1999). Protein recovery from slaughterhouse wastes. *Bioresource Technology*, *70*(2), 129–133. https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00030-9

Graça, J., Godinho, C. A., & Truninger, M. (2019). Reducing meat consumption and following plant-based diets: Current evidence and future directions to inform integrated transitions. *Trends in Food Science & Technology*, *91*, 380–390. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.046

Grand View Research. (2018). *Halal Food Market Size Worth $739.59 billion By 2025*. https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-halal-food-market

Hagmann, D., Siegrist, M., & Hartmann, C. (2019). Meat avoidance: motives, alternative proteins and diet quality in a sample of Swiss consumers. *Public Health Nutrition*, *22*(13), 2448–2459. https://doi.org/10.1017/S1368980019001277

Hansen, A., & Jakobsen, J. (2020). Meatification and everyday geographies of consumption in Vietnam and China. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, *102*(1), 21–39. https://doi.org/10.1080/04353684.2019.1709217

Harris, P. W., Schmidt, T., & McCabe, B. K. (2018). Bovine bile as a bio-surfactant pre-treatment option for anaerobic digestion of high-fat cattle slaughterhouse waste. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *6*(1), 444–450. https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.12.034

Hayrapetyan, A. A., Manzhesov, V. I., & Churikova, S. Y. (2020). The development of technology for functional food products on based on combination of raw materials of vegetable and meat origin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *422*, 012040. https://doi.org/10.1088/1755-1315/422/1/012040

Hilgarth, M., Lehner, E. M., Behr, J., & Vogel, R. F. (2019). Diversity and anaerobic growth of Pseudomonas spp. isolated from modified atmosphere packaged minced beef. *Journal of Applied Microbiology*, *127*(1), 159–174. https://doi.org/10.1111/jam.14249

Hosseinzadeh, S., Partovi, R., Talebi, F., & Babaei, A. (2020). Chitosan/TiO2 nanoparticle/Cymbopogon citratus essential oil film as food packaging material: Physico-mechanical properties and its effects on microbial, chemical, and organoleptic quality of minced meat during refrigeration. *Journal of Food Processing and Preservation*, *44*(7), 1–12. https://doi.org/10.1111/jfpp.14536

Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. (2020). *IdentifICA*. https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/identifica/normas-identifica

Invima. (2019). *Plantas de beneficio, desposte y desprese (bovino, porcino, aviar) autorizadas por el Invima*. https://www.invima.gov.co/documents/20143/426809/PLANTAS-AUTORIZADAS-PARA-SU-FUNCIONAMIENTO.pdf

Jaimes-Dueñez, J., Triana-Chávez, O., Holguín-Rocha, A., Tobon-Castaño, A., & Mejía-Jaramillo, A. M. (2018). Molecular surveillance and phylogenetic traits of Babesia bigemina and Babesia bovis in cattle (Bos taurus) and water buffaloes (Bubalus bubalis) from Colombia. *Parasites and Vectors*, *11*(1), 1–12. https://doi.org/10.1186/s13071-018-3091-2

Jareño, N. (2018). *Canales sectoriales: cárnica*. https://www.interempresas.net/Industria-Carnica/Articulos/219274-Mercados-mundiales-de-carne-de-vacuno-y-porcino.html

Krichen, F., Hamed, M., Karoud, W., Bougatef, H., Sila, A., & Bougatef, A. (2020). Essential oil from pistachio by-product: potential biological properties and natural preservative effect in ground beef meat storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *0123456789*. https://doi.org/10.1007/s11694-020-00546-6

Ku-Vera, J. C., Valencia-Salazar, S. S., Piñeiro-Vázquez, A. T., Molina-Botero, I. C., Arroyave-Jaramillo, J., Montoya-Flores, M. D., Lazos-Balbuena, F. J., Canul-Solís, J. R., Arceo-Castillo, J. I., Ramírez-Cancino, L., Escobar-Restrepo, C. S., Alayón-Gamboa, J. A., Jiménez-Ferrer, G., Zavala-Escalante, L. M., Castelán-Ortega, O. A., Quintana-Owen, P., Ayala-Burgos, A. J., Aguilar-Pérez, C. F., & Solorio-Sánchez, F. J. (2018). Determination of methane yield in cattle fed tropical grasses as measured in open-circuit respiration chambers. *Agricultural and Forest Meteorology*, *258*(July 2017), 3–7. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.01.008

Kumar, Y. (2019). Development of Low-Fat/Reduced-Fat Processed Meat Products using Fat Replacers and Analogues. *Food Reviews International*, 1–17. https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1704001

Lafarga, T., Álvarez, C., & Hayes, M. (2017). Bioactive peptides derived from bovine and porcine co-products: A review. *Journal of Food Biochemistry*, *41*(6), 1–18. https://doi.org/10.1111/jfbc.12418

Legesse, G., Cordeiro, M. R. C., Ominski, K. H., Beauchemin, K. A., Kroebel, R., McGeough, E. J., Pogue, S., & McAllister, T. A. (2018). Water use intensity of Canadian beef production in 1981 as compared to 2011. *Science of the Total Environment*, *619–620*, 1030–1039. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.194

Legiscomex. (2019). *Sistema de inteligencia comercial*. https://www.legiscomex.com/

Lima, S. M. V., Gomes de Castro, A. M., Mengo, O., Medina, M., Maestrey, A., Trujillo, V., & Alfaro, O. (2001). *La dimensión de entorno en la construcción de la sostenibilidad institucional". Serie Innovación para la Sostenibilidad Institucional*. Proyecto ISNAR "Nuevo Paradigma."

Lin, L., Mao, X., Sun, Y., Rajivgandhi, G., & Cui, H. (2019). Antibacterial properties of nanofibers containing chrysanthemum essential oil and their application as beef packaging. *International Journal of Food Microbiology*, *292*(May 2018), 21–30. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12.007

Liu, G., Liao, Y., Sun, B., Guo, Y., Deng, M., Li, Y., & Liu, D. (2020). Effects of chronic heat stress on mRNA and miRNA expressions in dairy cows. *Gene*, *742*(September 2019), 144550. https://doi.org/10.1016/j.gene.2020.144550

López-Pedrouso, M., Rodríguez-Vázquez, R., Purriños, L., Oliván, M., García-Torres, S., Sentandreu, M. Á., Lorenzo, J. M., Zapata, C., & Franco, D. (2020). Sensory and physicochemical analysis of meat from bovine breeds in different livestock production systems, pre-slaughter handling conditions, and ageing time. *Foods*, *9*(2), 1–18. https://doi.org/10.3390/foods9020176

Luciano, G., Moloney, A. P., Priolo, A., Röhrle, F. T., Vasta, V., Biondi, L., López-Andrés, P., Grasso, S., & Monahan, F. J. (2011). Vitamin E and polyunsaturated fatty acids in bovine muscle and the oxidative stability of beef from cattle receiving grass or concentrate-based rations. *Journal of Animal Science*, *89*(11), 3759–3768. https://doi.org/10.2527/jas.2010-3795

Madrid Gaviria, S., Morado, S. A., Herrera, A. L., Betancur, G. R., Álvarez, R. A. U., Zuluaga, J. E., & Cética, P. D. (2019). Resveratrol supplementation promotes recovery of lower oxidative metabolism after vitrification and warming of in vitro -produced bovine embryos. *Reproduction, Fertility and Development*, *31*(3), 521–528. https://doi.org/10.1071/RD18216

Malheiros, J. M., Enríquez-Valencia, C. E., da Silva Duran, B. O., de Paula, T. G., Curi, R. A., de Vasconcelos Silva, J. A. I. I., Dal-Pai-Silva, M., de Oliveira, H. N., & Chardulo, L. A. L. (2018). Association of CAST2, HSP90AA1, DNAJA1 and HSPB1 genes with meat tenderness in Nellore cattle. *Meat Science*, *138*(January), 49–52. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.01.003

Marketline. (2019). *Global - Meat & Livestock*. Consultado en base de datos de Emis

Massaglia, S., Merlino, V. M., & Borra, D. (2018). Marketing strategies for animal welfare meat identification: Comparison of preferences between millennial and conventional consumers. *Quality - Access to Success*, *19*, 305–311.

Mezgebo, G. B., Monahan, F. J., McGee, M., O'Riordan, E. G., Richardson, I. R., Brunton, N. P., & Moloney, A. P. (2017). Fatty acid, volatile and sensory characteristics of beef as affected by grass silage or pasture in the bovine diet. *Food Chemistry*, *235*, 86–97. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.025

Miller, R. (2020). Drivers of Consumer Liking for Beef, Pork, and Lamb: A Review. *Foods*, *9*(4), 428. https://doi.org/10.3390/foods9040428

Ministerio de Salud y Protección Social. (2018). *Encuesta nacional de la situación nutricional*. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/GCFI/ensin-colombia-2018.pdf

Mojaddar Langroodi, A., Tajik, H., Mehdizadeh, T., Moradi, M., Moghaddas Kia, E., & Mahmoudian, A. (2018). Effects of sumac extract dipping and chitosan coating enriched with Zataria multiflora Boiss oil on the shelf-life of meat in modified atmosphere packaging. *Lwt*, *98*, 372–380. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.063

Mojica, F. (2012). *Introducción a la prospectiva estratégica para la competitividad empresarial*. Universidad Externado de Colombia.

Mojica, F. J. (2005). *La Construcción del Futuro. Concepto y modelo de prospectiva estratégica, territorial y tecnológica* (1st ed.). Convenio Andrés Bello - Universidad Externado de Colombia.

Montes, D. E., Braz, C. U., Ribeiro, A. M. F., Cavani, L., Barbero, M. M. D., Albuquerque, L. G., Curi, R. A., & Oliveira, H. N. (2019). Selection signatures in candidate genes and QTL for reproductive traits in Nellore heifers. *Animal Reproduction Science*, *207*(November 2018), 1–8. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.06.004

Mordor Intelligence. (2020). *Global processed meat market*. Consultado en base de datos de Emis

Morin, L. ., Temelli, F., & McMullen, L. (2004). Interactions between meat proteins and barley (Hordeum spp.) β-glucan within a reduced-fat breakfast sausage system. *Meat Science*, *68*(3), 419–430. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.04.009

Muñoz-Tamayo, R., Ramírez Agudelo, J. F., Dewhurst, R. J., Miller, G., Vernon, T., & Kettle, H. (2019). A parsimonious software sensor for estimating the individual dynamic pattern of methane emissions from cattle. *Animal*, *13*(6), 1180–1187. https://doi.org/10.1017/S1751731118002550

O'Donoghue, Clavin, D., Ryan, M., Heery, D., & Leavy, E. (2018). Policy incentives and the organic value chain in Ireland. *International Journal on Food System Dynamics*, *9*(1), 21–37.

OECD. (2015). Manual de Frascati 2015: Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental. In *FECYT* (p. 447). https://doi.org/10.1787/9789264310681-es

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO. (2019). *FAOSTAT*. http://www.fao.org/faostat/es/

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - OECD. (2019). *Meat consumption*. https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm

Orjuela-Garzon, W. A., Mendez-Arteaga, J. J., & Castro, J. A. (2017). *Análisis prospectivo del sector agroindustrial en el sur del Tolima al año 2025*. Universidad del Tolima.

Orrego, R. C., Ríos-Osorio, L. A., Keynan, Y., Rueda, Z. V., & Gutiérrez, L. A. (2020). Molecular detection of Coxiella burnetii in livestock farmers and cattle from Magdalena Medio in Antioquia, Colombia. *PLoS ONE*, *15*(6), 1–16. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234360

Pandey, S., Kumari, A., Shree, M., Kumar, V., & Singh, P. (2020). Effects of long-term diet supplementation with Gliricidia sepium foliage mixed with Enterolobium cyclocarpum pods on enteric methane, apparent

digestibility, and rumen microbial population in crossbred heifer. *The Journals of Gerontology*, 1–27.

Pardo-Mora, D., Vargas-Bermúdez, D. S., Oliver-Espinosa, O., & Jaime-Correa, J. (2018). Molecular characterization of rotaviruses isolated from calves with bovine neonatal diarrhea (BND) in Colombia. *Infectio*, *22*(2), 99–104. https://doi.org/10.22354/in.v22i2.715

Procolombia. (2019). *Inversión en el sector Cárnico en Colombia*. https://www.inviertaencolombia.com.co/sectores/agroindustria/carnico.html

Quintero Barbosa, J., Corredor Figueroa, A. P., Salas, S. S., Camargo, H., Sanchéz, A., Tobón, J., Ortiz, D., Schachtebeck, E., & Gutierrez, M. F. (2019). High prevalence of persistently infected animals from bovine viral diarrhea in Colombian cattle. *BMC Veterinary Research*, *15*(1), 1–8. https://doi.org/10.1186/s12917-018-1769-5

Rahman, M. S., Seo, J. K., Zahid, M. A., Park, J. Y., Choi, S. G., & Yang, H. S. (2019). Physicochemical properties, sensory traits and storage stability of reduced-fat frankfurters formulated by replacing beef tallow with defatted bovine heart. *Meat Science*, *151*(January), 89–97. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.01.011

Reis, G. G., Heidemann, M. S., Borini, F. M., & Molento, C. F. M. (2020). Livestock value chain in transition: Cultivated (cell-based) meat and the need for breakthrough capabilities. *Technology in Society*, *62*, 101286. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101286

Ribas-Agustí, A., Díaz, I., Sárraga, C., García-Regueiro, J. A., & Castellari, M. (2019). Nutritional properties of organic and conventional beef meat at retail. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *99*(9), 4218–4225. https://doi.org/10.1002/jsfa.9652

Rivera, J. E., Chará, J., & Barahona, R. (2019). CH4, CO2 and N2O emissions from grasslands and bovine excreta in two intensive tropical dairy production systems. *Agroforestry Systems*, *93*(3), 915–928. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0187-9

Rodrigues, M. C. C., Bonotto, A. L. M., Acosta, D. A. V., Boligon, A. A., Corrêa, M. N., & Brauner, C. C. (2018). Effect of oestrous synchrony between embryo donors and recipients, embryo quality and state on the pregnancy rate in beef cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, *53*(1), 152–156. https://doi.org/10.1111/rda.13084

Rodriguez Furlán, L. T., Padilla, A. P., & Campderrós, M. E. (2014). Development of reduced fat minced meats using inulin and bovine plasma proteins as fat replacers. *Meat Science*, *96*(2), 762–768. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.09.015

Salauyou, V., & Zabrocki, Ł. (2019). Coding techniques in Verilog for finite state machine designs in FPGA. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 11703 LNCS*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28957-7_41

Salazar, C. A. (2011). *Mercados ganaderos de alto valor agregado como alternativa comercial*. https://sac.org.co/wp-content/uploads/2013/05/Cartilla-Mercados-Ganaderos.pdf

Sanchez-Sabate, R., & Sabaté, J. (2019). Consumer Attitudes Towards Environmental Concerns of Meat Consumption: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(7), 1220. https://doi.org/10.3390/ijerph16071220

Sans, P., & Boizot-Szantaï, C. (2020). Consumption of organic meat products in France: An analysis based on panel data (scanner dataset). *New Medit*, *19*(1), 83–99. https://doi.org/10.30682/nm2001f

Schjøll, A. (2017). Country-of-origin preferences for organic food. *Organic Agriculture*, *7*(3), 315–327. https://doi.org/10.1007/s13165-016-0159-1

Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R., & Bee, G. (2006). Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Science*, *73*(1), 29–41. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.10.010

Sectorial. (2019). *Informe Sector Ganadero*. Consultado en base de datos de Emis

Sevane, N., Martínez, R., & Bruford, M. W. (2019). Genome-wide differential DNA methylation in tropically adapted Creole cattle and their Iberian ancestors. *Animal Genetics*, *50*(1), 15–26. https://doi.org/10.1111/age.12731

Shang, X., & Tonsor, G. T. (2017). Food safety recall effects across meat products and regions. *Food Policy*, *69*, 145–153. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.04.002

Silva, J. S., Rodriguez, F. D., Trettel, M., Abal, R. T., Lima, C. G., Yoshikawa, C. Y. C., & Zanetti, M. A. (2019). Performance, carcass characteristics and meat quality of Nellore cattle supplemented with supranutritional doses of

sodium selenite or selenium-enriched yeast. *Animal*, 1–8. https://doi.org/10.1017/S1751731119001265

Smaldone, G., Marrone, R., Vollano, L., Peruzy, M. F., Barone, C. M. A., Ambrosio, R. L., & Anastasio, A. (2019). Microbiological, rheological and physical-chemical characteristics of bovine meat subjected to a prolonged ageing period. *Italian Journal of Food Safety*, *8*(3), 131–136. https://doi.org/10.4081/ijfs.2019.8100

Spendolini, M. J. (1992). *The Benchmarking Book*. Amacom Books; 1st US - 1st Printing edition (April 1, 1992).

Stepasyuk, L. M., Dramaretska, K. P., Titenko, Z. M., & Babiak, N. D. (2020). The competitive environment diagnostics in the animal Husbandry products market. *International Journal of Advanced Science and Technology*, *29*(8 Special Issue), 2551–2558.

Swingler, G. R., & Lawrie, R. A. (1977). Mixed protein fibres from meat industry by-products. *Meat Science*, *2*.

Totosaus, A., & Ariza Ortega, T. de J. (2016). Carne y productos cárnicos como fuente de péptidos bio ⊠ activos Meat and meat products as a source of bioactive peptides. *Nacameh*, *10*(2), 49–58.

Trade Map. (2019). *Trade statistics for international business development*. https://www.trademap.org/Index.aspx

Tziva, M., Negro, S. O., Kalfagianni, A., & Hekkert, M. P. (2020). Understanding the protein transition: The rise of plant-based meat substitutes. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, *35*, 217–231. https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.09.004

Umaraw, P., Munekata, P. E. S., Verma, A. K., Barba, F. J., Singh, V. P., Kumar, P., & Lorenzo, J. M. (2020). Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products. *Trends in Food Science and Technology*, *98*(September 2019), 10–24. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.032

Undersander, D. J., Albert, B., Cosgrove, D., Johnson, D., & Peterson, P. (1991). *Pastures for Profit: A Guide to Rotational Grazing*. http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1097378.pdf

Universidad Cooperativa de Colombia. (2020). *Medicina Veterinaria y Zootecnia*. https://www.ucc.edu.co/programas-academicos/ibague/Paginas/pregrado-medicina-veterinaria-zootecnia.aspx

Úsuga-Monroy, C., Echeverri-Zuluaga, J. J., & López-Herrera, A. (2018). Molecular and serological detection of bovine leukemia virus in a population of Holstein cows, from Colombia. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, *9*(2), 387–399. https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i2.4232

Van Loo, E. J., Caputo, V., Nayga, R. M., & Verbeke, W. (2014). Consumers' valuation of sustainability labels on meat. *Food Policy*, *49*, 137–150. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.07.002

Vera, R. R., & Hoyos-Garcés, P. (2019). Long-term beef production from pastures established with and without annual crops compared with native savanna in the Eastern Plains of Colombia: A compilation and analysis of on-farm results 1979–2016. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, *7*(1), 1–13. https://doi.org/10.17138/tgft(7)1-13

Verbeke, W. A. J., & Viaene, J. (2000). Ethical Challenges for Livestock Production:Meeting Consumer Concerns about Meat Safety and AnimalWelfare. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, *12*(2), 141–151. https://doi.org/10.1023/A:1009538613588

Verde, O. (2016). *Inbreeding and Its Effect on Growth Characters in Five Registered Brahman Herds in Venezuela*. *57*(2), 78–84.

Wills, K. M., Mitacek, R. M., Mafi, G. G., Vanoverbeke, D. L., Jaroni, D., Jadeja, R., & Ramanathan, R. (2017). Improving the lean muscle color of dark-cutting beef by aging, antioxidant-enhancement, and modified atmospheric packaging. *Journal of Animal Science*, *95*(12), 5378–5387. https://doi.org/10.2527/jas2017.1967

Wulandari, D., Yuliatmo, R., & Sugiyanto. (2018). The effect of coating of edible film from bovine split hide gelatin on beef meatballs properties. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, *43*(2), 177–183. https://doi.org/10.14710/jitaa.43.2.177-183

Xu, Yang, Wu, Chen, Chen, & Tsai. (2019). Consumers' Willingness to Pay for Food with Information on Animal Welfare, Lean Meat Essence Detection, and Traceability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(19), 3616. https://doi.org/10.3390/ijerph16193616

Yang, X., Luo, X., Zhang, Y., Hopkins, D. L., Liang, R., Dong, P., & Zhu, L. (2020). Effects of microbiota dynamics on the color stability of chilled beef steaks stored in high oxygen and carbon monoxide packaging. *Food Research International*, *134*(November 2019), 109215. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109215

ANEXO

1

MODELO METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS AGENDAS PROSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

La construcción de la agenda prospectiva de Investigación y Desarrollo tecnológico para la cadena productiva cárnica-bovina en el departamento del Tolima fue liderada por la Universidad del Tolima, en un proceso desarrollado entre los años 2019 y 2020, en cuatro fases: 1. Caracterización de la cadena a nivel nacional e internacional; 2. Vigilancia tecnológica (VT); 3. Análisis de brechas, y 4. Análisis prospectivo. Para ello, se contó con la participación de diferentes expertos que aportaron su conocimiento como fuente primaria y con múltiples fuentes de información secundaria.

El modelo metodológico presentado en la Figura 1 es una propuesta de los autores, basados en la experiencia de Castro (2014) y Mojica (2012). El primero, que ha sido desarrollado y validado en Brasil y descrito por Castellanos, Torres, y Domínguez (2009), aplica técnicas prospectivas a la gestión de I+D en cadenas productivas agropecuarias, buscando desarrollar estrategias más precisas y claras. La segunda propuesta proviene de la escuela voluntarista francesa, con un énfasis en los hallazgos producto de los ejercicios adelantados en Latinoamérica y Colombia.

Figura 1

Modelo metodológico para la construcción de las agendas prospectivas de Investigación y Desarrollo tecnológico para ocho cadenas productivas priorizadas

Fuente: Elaboración propia

Cada una de las fases generó productos intermedios que fueron empleados en las posteriores como insumo para la construcción de la agenda. Lo anterior hace que estas contemplen una coherencia y lógica entre ellas. A continuación, se describen con mayor exactitud los aspectos metodológicos de cada una de las fases, la aplicación de herramientas de captura y procesamiento de información de fuentes secundarias, y la vinculación de los expertos como participantes clave en la construcción y validación de los hallazgos.

Fase de caracterización de la cadena productiva

La caracterización de la cadena productiva se desarrolló a partir de la búsqueda, captura, sistematización y análisis de diferentes fuentes de información de nivel nacional e internacional (Figura 2).

Figura 2

Fuentes de información para la caracterización productiva

Fuente: Elaboración propia

La información recopilada de la agrocadena permitió identificar las condiciones de producción a nivel internacional de los países más reconocidos, el consumo mundial, los flujos de comercio internacional (importaciones - exportaciones), las tendencias de consumo mundial, y la evolución de los precios. Para el ámbito nacional, se establecieron las condiciones de producción, los departamentos del país y los municipios del Tolima con mayores volúmenes, los socios exportadores e importadores para Colombia, el consumo nacional, las evoluciones de precios y las principales empresas del sector en los eslabones y segmentos de producción, transformación, distribución y comercialización, además del entorno organizacional que soporta el funcionamiento de la cadena.

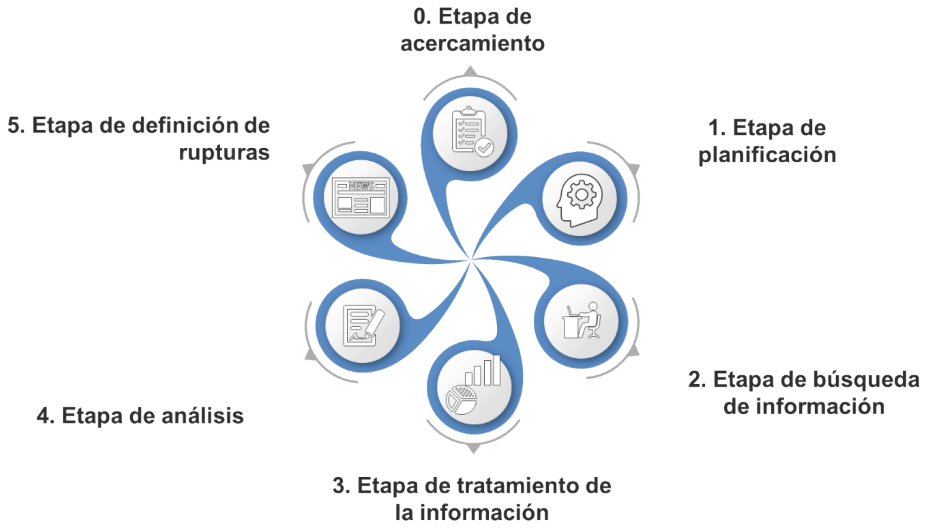
Con esta información, se estableció la composición, estructura y estado actual de la cadena en el ámbito departamental, definiendo los eslabones presentes y sus principales actores. En este proceso se contó con la valiosa participación de expertos locales y nacionales, para evidenciar perspectivas de desarrollo con base en la I+D+i. Por último, luego del análisis de nivel internacional, nacional y departamental, se establecieron para cada eslabón las limitantes y oportunidades, que permitieron posteriormente alimentar el ejercicio de análisis de brechas e identificación de variables en la fase prospectiva.

Fase de vigilancia tecnológica

La vigilancia tecnológica se empleó como herramienta para la identificación de tendencias científicas y tecnológicas en la cadena productiva, tanto a nivel nacional como internacional, a partir de la búsqueda, tratamiento y análisis de información de bases de datos. La metodología contempló seis etapas, como lo muestra la Figura 3.

Figura 3

Metodología para la vigilancia tecnológica



Fuente: Elaboración propia

Etapa de acercamiento: Corresponde al primer contacto que tuvo el equipo de vigilancia tecnológica con el tema central de búsqueda. Este acercamiento permitió al equipo tener un conocimiento homogenizado de los conceptos clave y, a su vez, compartir una idea clara del tema explorado.

Etapa de planificación: En esta etapa se construyó una visión clara del objetivo pretendido con el ejercicio de vigilancia, pues de esto depende la utilidad y valor de la información. Para ello, se elaboró y validó una ficha técnica de búsqueda preliminar con todo el equipo y la participación de un experto de la cadena, y se definieron, además, las fuentes de información y los tesauros. Específicamente, para los ejercicios de vigilancia se emplearon las bases de datos ilustradas en la Figura 4.

Figura 4

Fuentes de información para el análisis de tendencias científicas y tecnológicas

Fuente: Elaboración propia

Etapa de búsqueda de información: Para la exploración o búsqueda de la información se establecieron diferentes ecuaciones lógicas de búsqueda, basadas en tesauros y operadores boléanos (AND, OR, OR NOT), con el fin de recuperar la mayor cantidad de datos científicos o tecnológicos que reposan en las bases de datos.

La construcción de las ecuaciones de búsqueda correspondió, por sí mismo, a un proceso iterativo que se basó en la información obtenida en la fase anterior y que fue ajustándose según parámetros como ventana de observación, países o tecnologías de interés. Los operadores booleanos fueron empleados indistintamente en todas las bases de datos.

Etapa de tratamiento de la información: En esta etapa se procesó la información aportada en la anterior a través de software especializado. El profesional de apoyo tecnológico tomó los archivos planos y los cargó al software para iniciar la extracción de gráficos de barras, mapas, matrices o relaciones de intercambio. Antes de esto, se definieron los indicadores bibliométricos de extracción (Tabla 1).

Tabla 1

Indicadores bibliométricos para la vigilancia tecnológica

Bloque de producción Científico	Bloque Tecnológico
– Publicaciones en el tiempo – Instituciones con mayor número de publicaciones – Investigadores destacados – Países con mayor número de publicaciones	– Tendencia de publicación por años – Países líderes en producción Tecnológica – Inventores líderes – PTO más destacados – Aplicantes líderes – IPC más destacados

Fuente: Elaboración propia

Etapa de análisis de la información: Esta etapa permitió agregar valor a las cuatro anteriores, pues los profesionales, tanto analistas como expertos, ejercieron su capacidad de análisis holístico de los resultados obtenidos con el fin de responder fielmente a la necesidad de información planteada al inicio de la búsqueda.

Luego de obtener la información según los indicadores construidos, se analizaron los principales avances científicos y tecnológicos, las tendencias de mercado y los cambios normativos, con el fin de:

Para el caso de vigilancia científica

- Identificar tendencias de investigación a nivel mundial.
- Determinar el interés actual sobre el área de conocimiento.
- Identificar los países líderes, las instituciones y los autores clave en el área.
- Establecer contacto con investigadores de interés.
- Identificar relaciones entre investigadores a nivel mundial.
- Identificar nuevas áreas con potencial para el desarrollo de investigaciones.
- Definir nuevos procesos o métodos de investigación sobre una temática.
- Identificar fuentes de financiación para un área de investigación.

Para el caso de vigilancia de patentes

- Identificar los precios de venta de las tecnologías en el mercado nacional e internacional.
- Determinar el estado de madurez del área tecnológica en que se encuentran las tecnologías identificadas.
- Buscar los países líderes o más relevantes en el desarrollo de tecnologías parecidas o similares a la cobijada en la invención o en donde parece haber una actividad industrial o comercial en relación con la misma.
- Identificar países donde tecnologías similares o parecidas están emergiendo (en proceso de consolidación industrial y/o comercial).

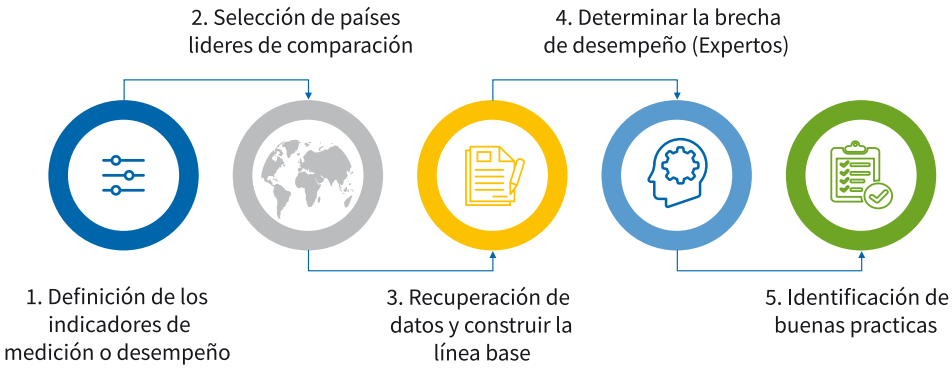
***Etapa de identificación de rupturas**:* Esta fue, quizás, la etapa más valiosa de todo el ejercicio de VT, pues permitió establecer cuáles serán las tecnologías que moverán el futuro de la cadena, por lo que, a través de su identificación, desde un enfoque de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, se determinó cuáles deberán ser las apuestas de la cadena a fin de transformarse y alcanzar la competitividad. Estas rupturas tecnológicas fueron tenidas en cuenta en la fase de prospectiva para la identificación de variables.

Fase de análisis de brechas

La construcción de las agendas de investigación para cadenas agropecuarias requirió la identificación de brechas tecnológicas en los diferentes eslabones productivos, por lo que se hizo necesario establecer criterios de comparación y uno o varios países referente/comparación, con el fin de identificar las mejores prácticas en cada uno de estos eslabones. De acuerdo a Spendolini, (1992), la definición de brechas es un proceso sistemático y continuo para evaluar productos, servicios, procesos de trabajo o los resultados económicos de organizaciones, sectores o cadenas productivas que son reconocidas como los de mejores prácticas. Esta evaluación y comparación tiene un único propósito: generar cambios a través de la incorporación de buenas prácticas que han sido exitosas en otros contextos o países

El modelo metodológico empleado para el análisis de brechas de la cadena contempló cinco pasos: 1. Definición de indicadores de medición o desempeño; 2. Selección de países líderes de comparación; 3. Recuperación de datos y construcción de la línea base; 4. Determinación de la brecha de desempeño, y 5. Identificación de buenas prácticas. La Figura 5 muestra el proceso general.

Figura 5
Metodología para el análisis de brechas



Fuente: Elaboración propia

Definición de indicadores de medición o desempeño: En esta etapa se definieron los puntos o variables de comparación con los que se midieron las mejores prácticas para la cadena. Estos fueron:

- % costo de los insumos en total de costos de producción
- Rendimiento t/ha

- Costos de producción USD/ha/año
- Desarrollo tecnológico
- Desarrollo de comercio internacional de productos con valor agregado
- Valor Unitario promedio de exportación (Fruta Fresca USD/t)

Selección de países líderes de comparación: Para cada uno de los indicadores de desempeño definido por cadena, se establecieron, según la información de fuentes primarias y secundarias obtenida en la fase de caracterización, los países con mejor desempeño, es decir el país que presenta un alto desarrollo en el indicador evaluado.

Recuperación de datos y construcción de la línea base: Con la selección de los países de referencia adelantada, se extrajeron los datos según cada uno de los indicadores para establecer tanto la línea base de los líderes como de la cadena a nivel departamental. Con este insumo, se construyó una tabla con cinco columnas así: indicador, condición local, condición del país líder, valoración y brecha (Tabla 2).

Tabla 2

Evaluación de indicadores de desempeño para la cadena

Indicador	Condición local	Condición en país líder	Valoración	Brecha

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la brecha de desempeño: Para la determinación de la brecha, se convocó un taller de expertos, que validaron tanto los datos de condición local, como la selección de los países líderes. Posteriormente, se les pidió que calificaran participativamente cada uno de los indicadores en una escala de 1 a 10, siendo 1 la peor condición y 10 la mejor, y de este modo, estimar la brecha de desempeño para la cadena a nivel regional.

Identificación de buenas prácticas: Con los datos de valoración y brecha de desempeño, se recopiló información de las buenas prácticas que desarrollan los países líderes en cada uno de los indicadores de desempeño y que deben ser tenidas en cuenta en las estrategias que se planteen en la cadena si se busca mejorar su competitividad internacional y nacional.

Fase de prospectiva

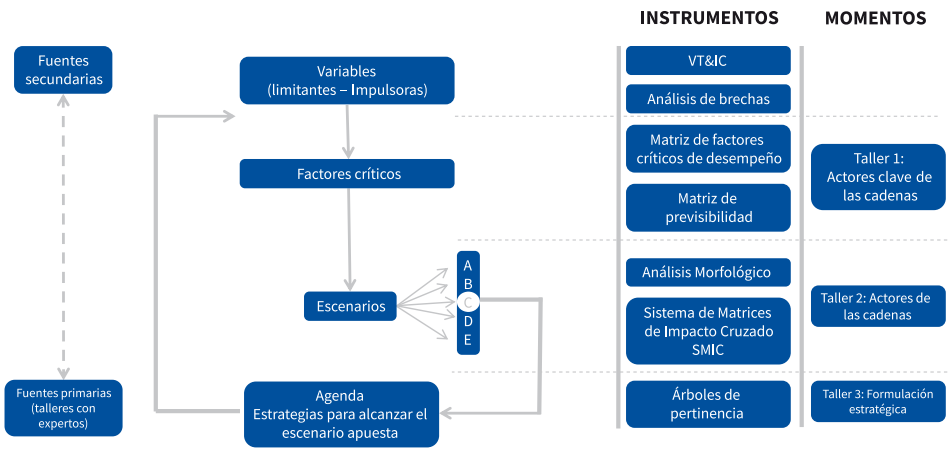
La primera etapa del proceso de construcción de los planes prospectivos se enfocó en definir las variables (limitantes e impulsoras) a partir de las limitaciones y oportunidades por eslabón obtenidas en los ejercicios de caracterización, vigilancia tecnológica y análisis de brechas. Con esta información, se determinaron las variables a analizar, su definición y su estado actual. Con este insumo, se procedió a iniciar las tres etapas posteriores, que contemplaron la participación de expertos a través de talleres de consulta. El primer taller, denominado "factores críticos", pretendió priorizar las variables mediante dos criterios (desempeño y previsibilidad), obteniendo de este modo seis factores críticos.

El segundo taller, denominado "escenarios", pretendió definir la probabilidad de ocurrencia de las hipótesis o estados futuros de las variables bajo un espacio morfológico 2^6 (64 posibilidades). Para alcanzar este objetivo, se hizo uso de la herramienta SMIC (Sistema de Matrices de Impactos Cruzados), lo que permitió obtener el escenario apuesta de la cadena.

Por último, el taller número tres de consulta a expertos permitió establecer las estrategias de corto, mediano y largo plazo, según cada uno de los factores priorizados en el escenario apuesta definido previamente. En la Figura 6 se presenta el esquema metodológico.

Figura 6

Esquema metodológico para la construcción de los planes prospectivos



Fuente: Propuesta de los autores con base en Castellanos et al. (2009), Castro (2014), Mojica (2012) y Orjuela Garzon et al. (2017)

Variables: Como punto de partida del ejercicio prospectivo, fue necesario contar con las limitaciones y oportunidades por eslabón de la cadena, identificadas en los ejercicios de caracterización, vigilancia tecnológica y análisis de brechas. A partir de esta información, se determinó por cada grupo de limitantes y oportunidades una "variable". Posteriormente, se estableció la definición de la variable, con su respectivo estado actual. Las variables pueden presentar dos tipologías (Lima et al., 2001):

- Variables limitantes (o cuellos de botella): Se manifiestan por la descripción de una situación actual que produce impacto negativo sobre el desempeño.
- Variables impulsoras: Se manifiestan por la descripción de una situación actual que produce impacto positivo sobre el desempeño.

Talleres de análisis

Como se observa en la Figura 6, el desarrollo de las etapas metodológicas posteriores a la definición de variables involucró herramientas prospectivas a través de talleres participativos de consulta a expertos para el acceso a información primaria. A continuación, se describe cada uno de ellos.

Taller 1. Factores críticos: Teniendo claras las variables, se procedió a adelantar un ejercicio de priorización con base en dos criterios: el impacto en el desempeño sobre la cadena y el nivel de previsibilidad de las variables. A partir de los resultados, se obtuvo un plano con cuatro cuadrantes, donde se ubicaron los factores críticos, es decir, aquellos de mayor impacto e incertidumbre.

Objetivo: Priorizar las variables (limitantes e impulsoras) que tienen mayor impacto en el desempeño (competitividad, eficiencia y calidad) de la cadena y, además, presentan el menor grado de previsibilidad (invariantes o incertidumbres críticas).

Herramientas: Matriz de factores críticos de desempeño y Matriz de previsibilidad.

Resultados: Se obtuvieron seis factores críticos con el mayor impacto e incertidumbre crítica, los cuales fundamentaron la construcción de escenarios para la cadena.

Taller 2. Escenarios: Teniendo definidos los factores críticos, se procedió a desarrollar el análisis morfológico. Para esto, se definieron para cada uno

de ellos tres tipos de hipótesis (tendencial, transformacional y de ruptura), permitiendo explorar de manera sistemática las diferentes combinaciones posibles de cada uno de los factores priorizados (2^6 posibilidades). Para este espacio morfológico, los expertos definieron cuatro escenarios, que posteriormente fueron validados mediante la aplicación del SMIC (Sistema de Matrices de Impactos Cruzados).

El Sistema de Matrices de Impactos Cruzados permitió a los expertos evaluar la probabilidad de ocurrencia de cada una de las seis hipótesis, así como evaluar probabilidades condicionales de ocurrencia entre estas, tanto positivas como negativas. Con esta herramienta, se pueden diseñar los escenarios probables, tendenciales o referenciales.

Objetivo: Definir el escenario apuesta de la cadena productiva con base en los factores críticos.

Herramientas: Matriz de análisis morfológico y Sistema de Matrices de Impactos Cruzados SMIC.

Resultados: Se obtuvo, posterior a la aplicación del SMIC, la probabilidad de ocurrencia de los escenarios posibles. Se definió, entonces, el escenario apuesta de la cadena productiva estudiada.

Taller 3. Agenda: Teniendo claro el escenario apuesta, obtenido mediante la calificación participativa del SMIC, se procedió a definir las estrategias de corto, mediano y largo plazo, según cada uno de los factores priorizados. Para esta actividad, se aplicó la herramienta "árboles de pertinencia". Cabe aclarar que las demandas tecnológicas y no tecnológicas fueron tenidas en cuenta para establecer acciones de corto, mediano y largo plazo.

Herramientas: Árboles de pertinencia

Resultados: Agenda con la definición de acciones estratégicas a desarrollar por los actores de la cadena en el corto, mediano y largo plazo para alcanzar el escenario apuesta.

Expertos

Como elemento central de cualquier ejercicio prospectivo, está la participación colectiva y el consenso. En este sentido, el nivel de experto o conocedor a profundidad está dado por dos elementos: la formación y la experiencia profesional y laboral en relación a la cadena. Es decir, un experto

podrá ser incluido como tal no solo por su formación, sino también, por su conocimiento tácito y práctico en el manejo o participación en alguno de los eslabones de la cadena productiva.

De la elección de expertos depende que los resultados obtenidos puedan ser idóneos y que representen la realidad de la cadena productiva (Castellanos et al., 2009; Lima et al., 2001). Así, se construyeron las agendas de expertos para cada cadena contemplando al menos los siguientes grupos sociales: sector industrial y comercial; sector investigativo, y sector productivo, e instituciones públicas de orden regional (Figura 7). Se aplicó la técnica de bola de nieve para que cada experto identificado pudiera sugerir otros nuevos para participar en el ejercicio.

Figura 7

Actores involucrados en la definición de la agenda de investigación

Fuente: Elaboración propia