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

William Alejandro Orjuela Garzón
María Alejandra Reyes Parga
Angélica Piedad Sandoval
Jonh Jairo Méndez Arteaga

Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de aguacate en el Departamento del Tolima / William Alejandro Orjuela Garzón … [et al.] -- 1ª. ed. -- Gobernación del Tolima, Universidad del Tolima, 2020.
148 p. : il., tablas, gráficas
Contenido: Caracterización de la cadena productiva de aguacate a nivel nacional e internacional -- Estructura de la cadena productiva de aguacate 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 de aguacate -- Conclusiones.
ISBN: 978-958-5151-19-2

1. Aguacate – Cultivo 2. Aguacate – Producción I. Título II. Orjuela Garzón, William Alejandro III. Sandoval Aldana, Angélica Piedad IV. Reyes Parga, María Alejandra V. Méndez Arteaga, Jonh Jairo

634.653
A265

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

Primera edición, 400 ejemplares.
ISBN: 978-958-5151-19-2
ISBN versión digital: 978-958-5151-17-8
Número de páginas: 148 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 DE AGUACATE EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

2020

UNIVERSIDAD DEL TOLIMA

Rector
Omar Mejía Patiño

Director Oficina de Investigaciones y Desarrollo Científico
Jonh Jairo Méndez Arteaga

Decano Facultad de Ingeniería Agronómica
Jairo García Lozano

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

Carlos Alberto Abaunza
Magíster en Gestión Ambiental y Desarrollo Rural - Investigador máster - Agrosavia

Edwin Yépez
Ingeniero agrónomo - Contratista - Gobernación del Tolima

Freddy Mauricio Ruiz
Ingeniero agrónomo - Profesional de apoyo en registro de predios para exportación - ICA

Carlos Mario Valencia
Agrónomo - Profesional universitario Enlace cadena del aguacate Antioquia - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de la Gobernación de Antioquia

Luis Fernando Castillo
Productor - Representante legal - Avocados Colombia Export

Huver Yamid Barajas
Ingeniero civil - Gerente general - Fyp Trading S.A.S.

Helga Bermeo
PhD. en Proyectos de Ingeniería e Innovación - Docente - Universidad de Ibagué

Yanneth Bohórquez
Magíster en Ingeniería Agrícola - Docente - Universidad del Tolima

Luis Henry Jaramillo
Productor - Gerente - FRUPAL

Gustavo Miranda
Productor - Presidente - Federación Paltolima

Lucas Tirado
Ingeniero agrónomo - Investigador técnico - Biocultivos S.A.

Jorge Armando Ruiz
Ingeniero agrónomo - Asistente técnico - Aguacatec

Michael Torres
Ingeniero agrónomo - Director Departamento Técnico - Biocultivos S.A.

Joaquín Guillermo Ramírez
PhD. en Ciencias Agrarias - Docente - Universidad Nacional

Elizabeth Méndez
Magíster en Microbiología - Investigador - Universidad Nacional

Elizabeth Guerrero
Administradora de empresas - Coordinadora de proyectos - Cámara de Comercio de Honda, Guaduas y Norte del Tolima

Edward Miranda
Productor - Representante legal - Avocados Colombia Export

Guillermo Monayco
Ingeniero de alimentos - Jefe de calidad - Fyp Trading S.A.S.

Marvin Quintana
Ingeniero agrónomo - Asesor técnico - Fyp Trading S.AS.

Laura Esperanza Rugeles
Magíster en Economía con énfasis en macroeconomía y agricultura - Docente - Universidad Jorge Tadeo Lozano

Andrés Mauricio Pinzón
PhD. en Fitopatología - Consultor - PyC Consultores

Édgar Álvaro Ávila

PhD. en Ciencias Agrarias - Línea de Investigación Suelos y Aguas - Docente - Universidad del Tolima

Adriana Ballesteros
PhD. en Gestión de la Tecnología y la Innovación - Coordinador de innovación - Agrosavia

Oscar Eduardo Villamil
Ingeniero agroindustrial - Contratista - Gobernación del Tolima

Jaime Rincón
Productor - Avocados Colombia Export

Simón Solórzano
Productor - Paltolima

Ubeimar Baquero
Productor - Aguacatec

Dagoberto Miranda
Productor - Avocados Colombia Export

Andrea Solórzano
Productora - ASOCORFRUTOS

Luis Alexander Barreto
Productor - Aguacatec

Joselo González
Productor - Finca El Limón

Harver Ricardo Beltrán
Productor - Finca El Placer

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

Bibiana Rojas

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

Camila Andrea Parra

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

Jorge Andrés Barrero

Administrador agropecuario - Vigía tecnológico - Centro de Productividad del Tolima

>> CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS 13

PRESENTACIÓN 15

INTRODUCCIÓN 17

1. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA DE AGUACATE A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL 19

1.1. ÁMBITO INTERNACIONAL 19

1.1.1. PRINCIPALES PRODUCTORES DE AGUACATE A NIVEL INTERNACIONAL 19

1.1.2. CONSUMO DE AGUACATE A NIVEL MUNDIAL 20

1.1.3. TENDENCIAS DE CONSUMO DE AGUACATE A NIVEL MUNDIAL 21

1.1.4. IMPORTACIONES DE AGUACATE A NIVEL MUNDIAL 23

1.1.5. EXPORTACIONES A NIVEL MUNDIAL 24

1.1.6. EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE AGUACATE A NIVEL MUNDIAL 27

1.1.7. PRODUCTOS DERIVADOS DE ALTO VALOR AGREGADO COMERCIALIZADOS EN EL MUNDO 27

1.2. ÁMBITO NACIONAL 28

1.2.1. PRODUCCIÓN NACIONAL DE AGUACATE 29

1.2.2. PRODUCCIÓN DEPARTAMENTAL DE AGUACATE 32

1.2.3. EXPORTACIONES DE AGUACATE COLOMBIANO SEGÚN PARTIDAS ARANCELARIAS 34

1.2.4. CONSUMO NACIONAL DE AGUACATE 35

1.2.5. EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE AGUACATE EN LOS MERCADOS MÁS IMPORTANTES PARA COLOMBIA 35

1.2.6. EMPRESAS EXPORTADORAS DE AGUACATE EN COLOMBIA 37

2. ESTRUCTURA DE LA CADENA PRODUCTIVA DE AGUACATE EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA 39

2.1. ESLABÓN DE PROVEEDURÍA 41

2.2. ESLABÓN DE PRODUCCIÓN **41**

2.2.1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE PRODUCCIÓN **42**

2.3. ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN **43**

2.3.1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN **44**

2.4. ENTORNO ORGANIZACIONAL **45**

2.5. MARCO NORMATIVO **46**

3. VIGILANCIA TECNOLÓGICA **48**

3.1. REVISIÓN ACADÉMICA **49**

3.1.1. DINÁMICA DE PUBLICACIÓN **49**

3.1.2. ÁREAS DE INVESTIGACIÓN **49**

3.1.3. ACTORES LÍDERES **54**

3.1.4. REVISIÓN ACADÉMICA EN COLOMBIA **57**

3.2. REVISIÓN TECNOLÓGICA **58**

3.2.1. DINÁMICA DE PUBLICACIÓN **58**

3.2.2. ÁREAS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO **59**

3.2.3. ACTORES LÍDERES **63**

3.2.4. REVISIÓN TECNOLÓGICA EN COLOMBIA **65**

3.3. TECNOLOGÍAS DE RUPTURA **65**

4. ANÁLISIS DE BRECHAS **67**

5. PLAN PROSPECTIVO DE CARÁCTER TECNOLÓGICO CON ESCENARIOS DEFINIDOS EN EL MEDIANO Y LARGO PLAZO PARA LA CADENA DE AGUACATE **72**

5.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES **72**

5.2. DEFINICIÓN Y ESTADO ACTUAL DE LAS VARIABLES IDENTIFICADAS **77**

5.3. PRIORIZACIÓN DE VARIABLES A FACTORES CRÍTICOS **83**

5.4. PLANO DE PRIORIZACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS SEGÚN IMPACTO EN FUNCIÓN DE LA PREVISIBILIDAD **87**

5.5. SINTAXIS LÓGICA DE LOS FACTORES CRÍTICOS **89**

5.6. ESCENARIOS AL AÑO 2030 PARA LA CADENA DE AGUACATE **90**
5.6.1. ANÁLISIS MORFOLÓGICO - ESCENARIOS POSIBLES **91**
5.7. NARRACIÓN DE LOS ESCENARIOS **96**
5.7.1. ESCENARIO 1: AGUACATE: ORO VERDE DEL TOLIMA **96**
5.7.2. ESCENARIO 2: SEGUIMOS EN LAS MISMAS **97**
5.7.3. ESCENARIO 3: CON PROYECCIÓN INTERNACIONAL, PERO SIN CALIDAD **98**
5.7.4. ESCENARIO 4: CON PROYECCIÓN, PERO ALTA INTERMEDIACIÓN **98**
5.8. SISTEMA DE MATRICES DE IMPACTOS CRUZADOS SMIC **99**
5.9. ESTRATEGIAS PARA ALCANZAR EL ESCENARIO APUESTA **102**
5.10. DEFINICIÓN DE LA AGENDA DE INVESTIGACIÓN **117**
5.10.1. DEMANDAS TECNOLÓGICAS **118**
5.10.2. DEMANDAS NO TECNOLÓGICAS **126**
6. CONCLUSIONES **129**
7. REFERENCIAS **133**
8. ANEXO 1. MODELO METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS AGENDAS PROSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO **137**

>> LISTA DE FIGURAS

Figura 1. *Importaciones de aguacate a nivel mundial 2015 - 2019* **23**

Figura 2. *Valor unitario promedio de las importaciones de aguacate a nivel mundial 2015 - 2019* **27**

Figura 3. *Comportamiento de la balanza comercial de aguacate en Colombia 2012 - 2017* **29**

Figura 4. *Área cosechada de aguacate por departamento 2016 - 2017* **30**

Figura 5. *Producción departamental de aguacate 2017* **31**

Figura 6. *Precio promedio nacional consumidor final de aguacate ($/kg) 2014 - 2018* **36**

Figura 7. *Modelo de la Cadena Productiva de Aguacate* **40**

Figura 8. *Número de publicaciones por año* **49**

Figura 9. *Áreas de investigación* **50**

Figura 10. *Países líderes en investigación* **54**

Figura 11. *Instituciones líderes en investigación* **55**

Figura 12. *Instituciones líderes en investigación durante los últimos tres años* **56**

Figura 13. *Autores líderes en investigación* **56**

Figura 14. *Instituciones líderes en investigación en Colombia* **57**

Figura 15. *Autores líderes en investigación en Colombia* **58**

Figura 16. *Número de patentes por año* **59**

Figura 17. *Códigos IPC más patentados* **59**

Figura 18. *Códigos IPC con tendencia creciente* **60**

Figura 19. *Principales oficinas de propiedad industrial* **63**

Figura 20. *Principales oficinas de propiedad industrial durante los últimos tres años* **64**

Figura 21. *Principales aplicantes* **64**

Figura 22. *Principales aplicantes durante los últimos tres años* **65**

Figura 23. *Brechas de la cadena productiva de aguacate en el Tolima con respecto al líder mundial* **68**

Figura 24. *Priorización de factores críticos según impacto vs previsibilidad* **88**

Figura 25. *Sintaxis lógica de las variables estratégicas priorizadas para la cadena de aguacate* **90**

Figura 26. *Histograma de probabilidad de Escenarios* **102**

>> LISTA DE TABLAS

Tabla 1. *Principales países productores de aguacate a nivel mundial 2018* **20**

Tabla 2. *Consumo de aguacate a nivel mundial (miles de toneladas) 2018* **20**

Tabla 3. *Principales países importadores de aguacate a nivel mundial 2015 - 2019* **25**

Tabla 4. *Principales países exportadores de aguacate a nivel mundial 2015 - 2019* **26**

Tabla 5. *Rendimiento departamental de aguacate 2016 – 2017* **30**

Tabla 6. *Calendario de cosecha aguacate* **32**

Tabla 7. *Producción municipal de aguacate en el Tolima 2016 - 2017* **33**

Tabla 8. *Destino de las exportaciones de aguacate colombiano 2014 - 2018* **34**

Tabla 9. *Evolución de precios en mercados de exportación para Colombia 2014 - 2018* **36**

Tabla 10. *Exportaciones por departamento 2018* **37**

Tabla 11. *Limitaciones y oportunidades del eslabón de producción* **43**

Tabla 12. *Limitaciones y oportunidades del eslabón de comercialización* **44**

Tabla 13. *Dinámica de publicación en las áreas de investigación con tendencia creciente* **51**

Tabla 14. *Temas específicos de estudio por área* **51**

Tabla 15. *Palabras clave por año* **53**

Tabla 16. *Países con dinámica de publicación creciente* **54**

Tabla 17. *Descripción de códigos IPC más patentados* **60**

Tabla 18. *Descripción de códigos IPC con tendencia creciente* **61**

Tabla 19. *Relación de patentes para las tecnologías con tendencia creciente* **61**

Tabla 20. *Consolidación de brechas de la cadena productiva de aguacate* **70**

Tabla 21. *Consolidación de limitantes y oportunidades para la cadena de aguacate según los diferentes eslabones* **73**

Tabla 22. *Definición y estado actual de las variables identificadas* **77**

Tabla 23. *Calificación de factores críticos según impacto vs previsibilidad por parte de los expertos* **84**

Tabla 24. *Hipótesis de futuro para cada factor crítico* **92**

Tabla 25. *Hipótesis elegidas por los expertos para constituir los cuatro escenarios* **95**

Tabla 26. *Lista de hipótesis y etiquetas* **100**

Tabla 27. *Probabilidades simples ajustadas para cada hipótesis de futuro según expertos consultados* **100**

Tabla 28. *Probabilidades condicionadas netas positivas para el grupo de expertos consultados* **101**

Tabla 29. *Probabilidades condicionadas netas negativas para el grupo de expertos consultados* **101**

Tabla 30. *Escenarios más probables al año 2030 para la cadena de aguacate* **102**

Tabla 31. *Reto de futuro para cada factor crítico* **103**

Tabla 32. *Árbol de pertinencia para el factor crítico "Investigación, Desarrollo e innovación en manejo en producción y cosecha"* **105**

Tabla 33. *Árbol de pertinencia para el factor crítico "Identificación temprana y manejo integrado de plagas y enfermedades"* **107**

Tabla 34. *Árbol de pertinencia para el factor crítico "Desarrollo de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia"* **109**

Tabla 35. *Árbol de pertinencia para el factor crítico "Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para almacenamiento y transporte"* **111**

Tabla 36. *Árbol de pertinencia para el factor crítico "Capacidad exportadora"* **113**

Tabla 37. *Árbol de pertinencia para el factor crítico "Plataformas integrales de comercialización directa entre productor-cliente"* **115**

Tabla 38. *Demandas tecnológicas y no tecnológicas* **117**

Tabla 39. *Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo de tecnologías para la eficiencia en el uso del agua* **119**

Tabla 40. *Proyectos definidos para la demanda Tecnologías de Big Data e IoT para monitoreo y predicción de variables del cultivo* **120**

Tabla 41. *Proyectos definidos para la demanda Investigación, Desarrollo e innovación en limpieza, desinfección y selección* **121**

Tabla 42. *Proyectos definidos para la demanda Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para el mejoramiento de los empaques y recubrimientos* **121**

Tabla 43. *Proyectos definidos para la demanda Desarrollo de productos de alto valor agregado para las industrias cosmética y farmacéutica* **122**

Tabla 44. *Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo en el aprovechamiento de subproductos para la obtención de productos con valor agregado* **123**

Tabla 45. *Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo de genotipos adaptados a las condiciones agroecológicas de la Región* **124**

Tabla 46. *Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo en procesos productivos para la obtención de aguacate orgánico* **125**

Tabla 47. *Proyectos definidos para las demandas no tecnológicas* **127**

>> 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.

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

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 productoras, 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, a

partir del 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

El aguacate *(Persea americana)* es un producto cuya creciente demanda y aumento del precio está atrayendo a nuevos productores y comercializadores al mercado. La conciencia de la relación entre la salud y los beneficios del aguacate, el aumento de las importaciones del producto a China, y la brecha de oferta y demanda, que fomenta la inversión para llenar el vacío a nivel mundial, son los principales factores impulsores para el mercado global de este producto. Para el departamento del Tolima, este panorama representa una oportunidad para el desarrollo de diferentes iniciativas para alentar la producción y exportación de aguacates, con miras a la mejora de la calidad de vida de los agricultores y al aumento de la competitividad de su economía (Mordor Intelligence, 2020).

La cadena productiva de aguacate en el Tolima se caracteriza por un aumento significativo de las exportaciones, soportado en procesos de asociatividad promovidos desde el entorno organizacional. La identificación temprana y manejo integrado de plagas y enfermedades, así como la mejora de las prácticas culturales, de cosecha y de poscosecha, especialmente en almacenamiento y transporte, son aspectos críticos para mejorar y mantener la calidad del producto. 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, lograr un aprovechamiento integral del cultivo y alcanzar un mayor posicionamiento en nuevos nichos de mercado.

Teniendo en cuenta que el aguacate producido en el Tolima, gracias a la apertura económica, compite con productores líderes a nivel mundial, surge la necesidad de concentrarse en la búsqueda de ventajas competitivas basadas en el mejoramiento donde los procesos de Investigación y Desarrollo tecnológico son fundamentales. En este sentido, la agenda presenta una hoja de ruta para la cadena productiva de aguacate, con el fin de direccionar sus esfuerzos hacia el perfeccionamiento 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 de aguacate 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 del área sembrada, 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 de

aguacate 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 de aguacate, 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 desarrolla un análisis de brechas, donde se valoró la condición del departamento respecto al líder mundial, con base en indicadores como porcentaje del costo de los insumos en el total de los costos de producción, producción, rendimiento, costos de producción, desarrollo tecnológico, 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 DE AGUACATE A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

1.1. ÁMBITO INTERNACIONAL

El aguacate es un producto particularmente bien posicionado de una considerable expansión de la demanda de importación, siendo objeto de una amplia promoción como fruta muy nutricional en los mercados de los países desarrollados. Dentro del ranking de países importadores, Estados Unidos se ha consolidado como el principal mercado, con un 39,4% de participación en el mundo al año 2019. Sin embargo, hay un fenómeno que llama la atención: el notable incremento de las cantidades importadas de este frutal por parte de China, que del 2015 al 2019 logró una tasa de crecimiento del 478% en las importaciones (Trade Map, 2019).

Actualmente, el mercado chino es abastecido, en su mayoría, por países como Chile, México y Perú. De igual manera, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO afirma que casi la mitad de toda la producción mundial proviene de América Central y el Caribe (Altendorf, 2017).

1.1.1. PRINCIPALES PRODUCTORES DE AGUACATE A NIVEL INTERNACIONAL

Durante los últimos años, a nivel mundial, el área cosechada de aguacate aumentó en un 130%, pasando de 399.601 ha en 2008, a 918.531 ha en 2018,

mientras que la producción creció en un 86%, pasando de 3.438.621 t en 2008 a 6.407.171 t en 2018. Por otro lado, los rendimientos promedio pasaron de 8,6 t/ha en 2008 a 7,0 t/ha en 2018 (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, 2019).

México es el país con mayor área sembrada y producción a nivel internacional. Sus rendimientos siempre han estado por encima del promedio mundial, pasando de 10,33 t/ha en 2008 a 10,6 t/ha en 2018. Sin embargo, para el año 2018, República Dominicana presenta el mayor rendimiento en toneladas por hectárea, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1

Principales países productores de aguacate a nivel mundial 2018

País	Producción (toneladas)	Área (hectáreas)	Rendimiento (t/ha)
México	2.184.663	206.389	10,6
República Dominicana	644.306	13.924	46,3
Perú	504.517	40.134	11,82
Indonesia	410.094	33.393	12,73
Colombia	326.666	41.519	10
Brasil	235.788	13.331	16,5
Kenia	233.933	14.497	12,3
Venezuela	139.685	11.544	12,1

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

Para el año 2018, a nivel mundial la producción de aguacate se concentra principalmente, en Centro y Sur América, y es liderada por México, con un 34% del total, seguido de República Dominicana con un 10%, y Perú con un 8%. Colombia, específicamente, aportó el 5% de la producción mundial (FAO, 2019).

1.1.2. CONSUMO DE AGUACATE A NIVEL MUNDIAL

En la Tabla 2, se presenta el consumo mundial de aguacate en el año 2018, calculado con base en la producción mundial.

Tabla 2

Consumo de aguacate a nivel mundial (miles de toneladas) 2018

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
3.438	3.902	3.871	4.161	4.405	4.632	5.037	5.293	5.614	5.924	6.279

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

Como se evidencia en la Tabla 2, en el 2008, se consumían un total de 3.438 miles de toneladas de aguacate, mientras que para el 2018, se consumieron

cerca de 6.279 miles de toneladas. A pesar de no ser un producto que se demande diariamente, su popularidad sigue en aumento, con base en las tendencias del mercado orientadas hacia productos más saludables. El aguacate, por ser fuente de fibra, grasas monoinsaturadas, vitaminas y minerales, gana popularidad en dicho nicho de mercado.

1.1.3. TENDENCIAS DE CONSUMO DE AGUACATE A NIVEL MUNDIAL

Existe la posibilidad de diversificar mercados para el aguacate, además del mercado de los Estados Unidos, se han identificado otras oportunidades de negocio en Alemania, Bélgica, Canadá, Costa Rica, El Salvador, Finlandia, Guatemala, Honduras, Países Bajos y Panamá. Esto, sin tener en cuenta a Reino Unido, Francia y España, países en donde el aguacate colombiano ya tiene un espacio ganado.

A continuación, se presentan las principales tendencias que afectarán el agronegocio del aguacate.

- *El crecimiento del mercado vegano:* El veganismo se volvió viral, y crece a medida que los consumidores son cada vez más conscientes de los beneficios que representan las dietas basadas en plantas para la salud y el ambiente. Tanto *Forbes* como *The Economist*, consideraron al 2019 como el año más popular para dicho movimiento. Con una mayor demanda de este tipo de alimentos en aumento, el aguacate sigue siendo el producto favorito, por su abundancia de vitaminas, minerales y grasas saludables (CBI-Ministry of Foreign Affairs, 2020).
- *La creciente* preocupación *por la condición física:* Cada año, las personas son más conscientes de cómo cuidarse a sí mismos. Cuando se trata de acondicionamiento físico, se están exigiendo los mejores alimentos para respaldar los regímenes de gimnasio. El alto contenido de potasio del aguacate lo convierte en una excelente opción de recuperación después del entrenamiento. Cuando se trata de la salud, las opciones densas en nutrientes, que ofrezcan mejores beneficios para el cuerpo humano, son las más buscadas. Cargado con fibra, que promueve la pérdida de peso y la salud metabólica, el aguacate sigue siendo una buena opción para quienes buscan un estilo de vida saludable (CBI-Ministry of Foreign Affairs, 2020).
- *La importancia de las grasas buenas está presente en la agenda de los medios:* A diferencia de cualquier otra fruta, los aguacates están cargados de grasas monoinsaturadas saludables para el corazón, que ayudan a mantener un nivel normal de colesterol en la sangre y pueden ayudar a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares (CBI-Ministry of Foreign Affairs, 2020).
- *Crece la demanda de delicias congeladas de bajo contenido calórico:* Los helados bajos en calorías y sin lácteos siguen siendo una prioridad para los

consumidores preocupados por la salud, y los helados veganos continúan creciendo en popularidad en los últimos años. La tendencia demanda una gran cantidad de nuevas variantes a los estantes de supermercados, desde aguacate, tahini y hummus (Portal Frutícola, 2019).

- *Consumidores demandan alimentos frescos:* La demanda de alimentos más saludables está en aumento. Los consumidores se están alejando de los productos envasados y se están desplazando hacia alimentos frescos (CBI-Ministry of Foreign Affairs, 2020).
- *Los millennials tienen más de 200 billones de dólares anuales en capacidad de compra:* Esta es una buena noticia para los productores, ya que este grupo está preocupado por la alimentación y la nutrición. La demanda de alimentos altamente procesados se está reduciendo, mientras que los productos más simples y saludables, aumentan. Los compradores pasan más tiempo en la periferia del supermercado, donde se ubican los productos frescos (frutas y verduras) y productos lácteos, y menos en los pasillos centrales, donde los alimentos procesados rigen. Se busca acumular proteínas, avanzar hacia lo orgánico y comprar más marcas de nicho, todo ello en nombre de lo que la industria alimentaria llama bienestar (CBI-Ministry of Foreign Affairs, 2020).
- *Incremento en ventas de alimentos étnicos:* Los sabores multiculturales se están generalizando y conectando culturas. Mezclas y sabores únicos están apareciendo en los pasillos étnicos de muchas tiendas de comestibles. A medida que los compradores se vuelven más aventureros en la cocina, las tiendas de comestibles y los fabricantes de alimentos responden agregando más condimentos étnicos, comidas empacadas y salsas listas para usar. Los alimentos mexicanos e hispanos representan el segmento más grande del mercado mundial, es decir, dos tercios de las ventas de alimentos étnicos, muchos de los cuales incluyen aguacates (Portal Frutícola, 2019).
- *Storytelling:* Los comercializadores pueden agregar valor al dar a conocer al cliente una historia de fondo positiva sobre el origen del producto, resaltando que al adquirir un aguacate, el consumidor hace un aporte al bienestar económico y social de los agricultores locales (CBI-Ministry of Foreign Affairs, 2020).
- *Consumo sostenible:* Un gran número de minoristas e importadores se han comprometido con iniciativas de sostenibilidad para bienes de consumo, como SIFAV (Sustainability Initiative Fruit and Vegetables) en Europa, que apunta a importaciones 100% sostenibles de frutas y verduras de África, Asia y América del Sur para 2020. Estándares y certificaciones sociales y ambientales, como Global GAP, GRASP, Smeta y BSCI se han convertido en una condición previa para la importación de productos tropicales frescos como el aguacate (CBI-Ministry of Foreign Affairs, 2020).
- *Concepto de calidad multidimensional:* Según esta tendencia, la percepción

de calidad debe ser el resultado de la interrelación entre varios componentes que pueden ser medidos, clasificados y ponderados de acuerdo con el nivel de importancia otorgado por los clientes y algunos intermediarios en la cadena de valor. Hay múltiples factores asociados a la calidad del aguacate, siendo los principales los diámetros polares y ecuatoriales, el índice de esfericidad, el porcentaje de cáscara, pulpa y semillas y la riqueza del perfil metabólico (Ramírez-Gil y Henao-Rojas, 2019).

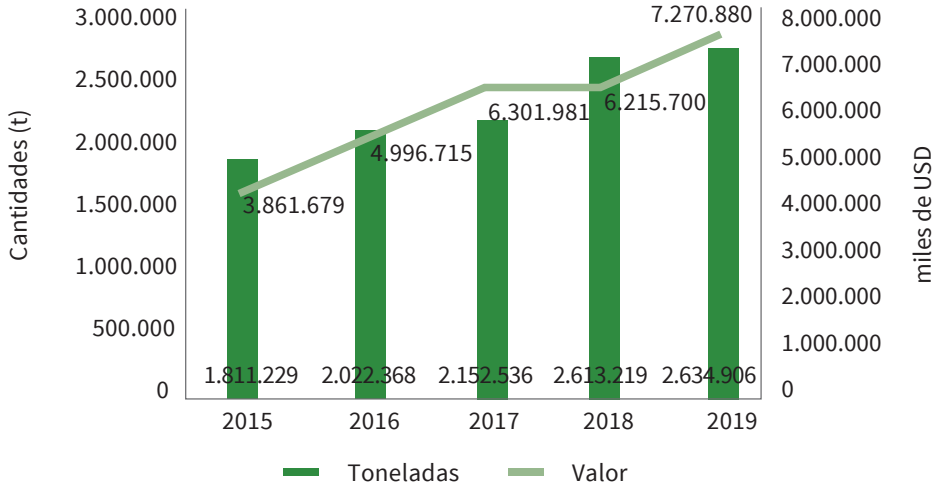
- *Potencial del mercado asiático:* Entre las expectativas más importantes para los productores y exportadores como Colombia está llegar a nuevos destinos como Japón y China. Estos dos mercados fueron abiertos en los últimos meses de 2019 y posiblemente se apruebe un protocolo con Corea del Sur, que está en negociación y va muy adelantado por las autoridades sanitarias de ambos países (Asociación Nacional de Comercio Exterior - ANALDEX, 2020).

1.1.4. IMPORTACIONES DE AGUACATE A NIVEL MUNDIAL

Las importaciones de aguacate, para el año 2019, alcanzaron un total de 2.634.906 t, equivalentes a 7.271 millones de USD. En la Figura 1, se observa que las importaciones mundiales han tenido un crecimiento sostenido durante los últimos años.

Figura 1

Importaciones de aguacate a nivel mundial 2015 - 2019



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

En la Tabla 3, se identifican los principales importadores de aguacate a nivel mundial para el año 2019. El principal comprador fue Estados Unidos, con un valor importado de 2.864 millones de USD, equivalentes a 1.105.375 t (39,4%

de participación en el valor de las importaciones en el mundo). En segundo lugar, se encuentra Países Bajos, donde, según datos de la Oficina Central de Estadísticas de Holanda - CBS, el 79% de los aguacates no son para consumo interno, sino que se reexportan a otros países europeos, en su mayoría a Alemania, Noruega, Suecia y Dinamarca (ICEX, 2018). En la tercera posición se encuentra Francia, con un valor de 520 millones de USD en importaciones.

Por otro lado, es importante anotar que Tailandia, Luxemburgo y Corea del Sur son los países que pagan un mayor valor unitario, con valores de 6.601 USD/t, 5.660 USD/t y 5.082 USD/t, respectivamente, muy por encima de los 2.759 USD/t promedio mundial (Trade Map, 2019).

1.1.5. EXPORTACIONES A NIVEL MUNDIAL

Para el año 2019, el país que presenta mayores exportaciones es México, con 1.112.136 t, equivalentes a 2.790 millones de USD, es decir, al 42,9% del valor total mundial, como se evidencia en la Tabla 4. La lista de los mayores exportadores mundiales la continúan en volumen, Países Bajos, Perú, Chile y España. Colombia se encuentra en la sexta posición, con 59.638 t, por un valor de 175 millones de USD (Trade Map, 2019).

México satisface el 100% de sus requerimientos nacionales, y sus exportaciones se han incrementado en la última década en un 171,9%. Enero y diciembre son los meses con mayor flujo comercial al extranjero de este país. Sus principales destinos de exportación son Estados Unidos, Japón, Canadá, España, Francia, Países Bajos, El Salvador, China, Honduras y Guatemala, conjunto que representa cerca del 98% del total de las exportaciones. Sin embargo, los productores mexicanos planean dejar de concentrar gran parte de su producción hacia Estados Unidos y buscar otros clientes, para evitar así la saturación de este mercado (Trade Map, 2019).

Tabla 3

Principales países importadores de aguacate a nivel mundial 2015 - 2019

Importadores	2015		2016		2017		2018		2019	
	Cantidad importada, Toneladas	Valor (miles de USD)	Cantidad importada, Toneladas	Valor (miles de USD)	Cantidad importa-da, Tonela-das	Valor (miles de USD)	Cantidad importa-da, Tone-ladas	Valor (miles de USD)	Cantidad importa-da, Tone-ladas	Valor (miles de USD)
Mundo	1.811.229	3.861.679	2.022.368	4.996.715	2.152.536	6.301.981	2.613.219	6.215.700	2.634.906	7.270.889
Estados Unidos	867.383	1.703.496	859.606	1.992.886	900.198	2.727.914	1.038.111	2.448.439	1.105.375	2.864.125
Países Bajos	187.336	403.647	246.567	643.810	267.197	720.095	345.261	704.026	348.883	1.043.851
Francia	116.627	281.828	134.988	378.742	146.034	447.673	157.370	408.383	164.970	520.249
España	60.989	127.538	87.810	200.179	98.763	252.285	129.326	281.131	136.015	347.039
Reino Unido	77.391	169.549	99.882	242.375	105.023	282.426	117.667	267.404	116.370	342.698
Canadá	70.020	155.801	77.872	174.284	79.871	224.030	94.206	223.286	94.961	237.830
Alemania	48.435	147.892	59.385	206.613	72.710	275.557	93.696	320.473	91.323	329.357
Japón	57.588	153.511	73.915	211.545	60.635	205.195	74.096	218.121	77.287	239.702
Chile	18.761	16.187	25.443	17.883	9.776	10.535	57.017	41.145	46.444	28.127
Rusia	11.807	19.016	12.248	20.907	19.120	36.253	29.242	59.010	35.631	91.172
China	15.989	45.092	25.128	78.343	32.137	105.453	43.859	133.380	32.564	92.443

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

Tabla 4

Principales países exportadores de aguacate a nivel mundial 2015 - 2019

Exportadores	2015		2016		2017		2018		2019	
	Cantidad exportada, Toneladas	Valor (miles de USD)	Cantidad exportada, Toneladas	Valor (miles de USD)	Cantidad exportada, Toneladas	Valor (miles de USD)	Cantidad exportada, Toneladas	Valor (miles de USD)	Cantidad exportada, Toneladas	Valor (miles de USD)
Mundo	1.644.682	3.330.048	1.950.733	4.376.859	2.064.736	5.826.111	2.496.794	5.841.703	2.498.604	6.499.323
México	863.503	1.662.366	926.597	2.050.763	897.748	2.827.913	1.091.936	2.562.387	1.112.136	2.789.668
Países Bajos	151.605	426.151	209.970	644.611	243.811	796.910	312.266	888.435	317.984	1.033.150
Perú	175.640	303.779	194.098	396.583	247.364	581.229	359.428	722.310	312.073	751.330
Chile	97.768	161.881	160.740	297.326	193.309	391.115	144.422	273.628	156.973	300.699
España	85.738	223.428	93.720	274.907	107.904	349.620	109.301	354.191	119.654	391.975
Colombia	5.543	10.279	18.201	35.040	28.487	52.948	30.009	62.732	59.638	175.427
Estados Unidos	37.869	99.365	53.350	128.665	50.907	152.283	68.477	179.635	59.377	154.309
Kenia	38.858	52.695	46.682	63.901	51.507	78.011	71.879	118.289	58.786	137.787
Sudáfrica	57.666	71.112	57.866	72.443	43.492	64.205	89.343	116.245	47.948	70.756
República Dominicana	15.272	16.586	26.357	33.449	35.374	48.860	36.090	50.757	44.199	86.944

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

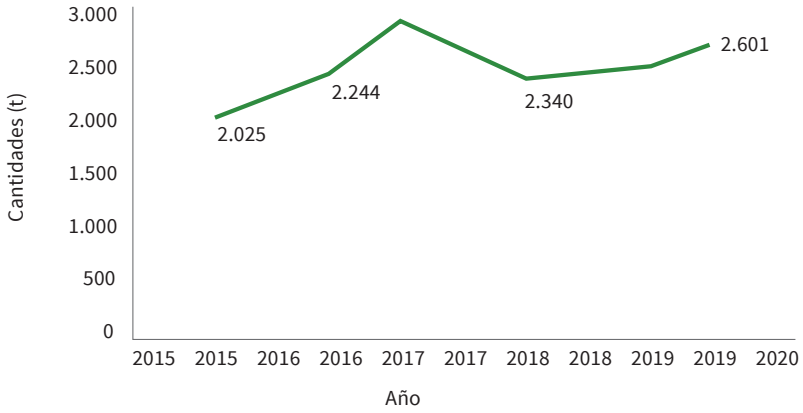
Por otro lado, Perú es el tercer mayor exportador a nivel mundial. De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Riego, uno de los mayores avances en el mercado mundial se debe a la suscripción del protocolo fitosanitario entre Perú y China, firmado en el 2015. Esto permitió el acceso a un mercado con 1.400 millones de consumidores y ser el proveedor del 14% de aguacate importado por China en 2016 (Perú Info, 2017).

1.1.6. EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE AGUACATE A NIVEL MUNDIAL

La Figura 2 muestra el valor unitario promedio de las importaciones de aguacate a nivel mundial. El precio internacional del fruto no se fija en mercados especializados, sino por la disponibilidad del producto y el mercado. Tradicionalmente, durante el verano del hemisferio norte hay más oferta, por lo que el precio baja, pero en general, el valor externo es casi el doble de lo que cuesta en Colombia.

Figura 2

Valor unitario promedio de las importaciones de aguacate a nivel mundial 2015 - 2019



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

1.1.7. PRODUCTOS DERIVADOS DE ALTO VALOR AGREGADO COMERCIALIZADOS EN EL MUNDO

Además del producto en fresco, con altos estándares de calidad, sustentables, con certificación de comercio justo y orgánico, a continuación, se relacionan los productos a base de aguacate que se encuentran actualmente en el mercado:

- *Aceite de aguacate:* Se destaca por su alta concentración de minerales como potasio, hierro y fósforo. También es rico en otras moléculas esenciales como el ácido fólico, así como en vitaminas antioxidantes, especialmente

E y K. Gracias a sus propiedades, es un buen sustituto de los demás aceites de cocina. Aunado a ello, por su gran cantidad de propiedades curativas y su contenido de ácidos grasos que aumentan la formación del colágeno e hidratan la piel, el aceite de aguacate es muy utilizado en la industria cosmética para la elaboración de productos para pieles sensibles, secas y expuestas al sol (Cubillos y Bolívar, 2018).

- *Mantequilla de aguacate:* Posee una alta concentración de nutrientes. Cada botella contiene alrededor de un 85% de aguacate, además de zumo de limón, vinagre de vino blanco y aceite de semilla de uva, que le aporta mayor cremosidad (Gutiérrez-Grijalva et al., 2018).
- *Mayonesa de aguacate:* Además de contener las propiedades del aguacate, es más saludable que la mayonesa tradicional al tener como base el aceite de aguacate.
- *Plástico de aguacate:* La empresa michoacana Biofase se encarga de procesar los huesos del aguacate para transformarlos en polietileno y producir bolsas y cubiertos, entre otros productos (Cubillos y Bolívar, 2018). Actualmente el representante de la empresa Biofase Miguel Munguia Olvera cuenta con la patente "MX2012008962 - Proceso para obtener biopolímeros a partir de un aislado sólido derivado de la semilla de aguacate y los biopolímeros obtenidos".
- *Biocombustibles a base de aguacate:* En la industria química, el aguacate tiene diferentes usos, dentro de estos, la elaboración de biocombustibles, gracias a su alto contenido de ácidos orgánicos. Este proceso se desarrolla en una biorrefinería, pulverizando el aguacate para posteriormente hacer un secado de aspersión. Este método es muy útil, debido a la utilización de residuos o desechos que se obtienen del aguacate dañado por las malas condiciones de almacenaje, el inadecuado transporte y los métodos poco controlados de poscosecha (Cubillos y Bolívar, 2018).

1.2. ÁMBITO NACIONAL

En Colombia se cultivan aguacates de las razas antillana, guatemalteca y mexicana, e híbridos entre ellas. Principalmente, las variedades más cultivadas en el país son Lorena, Trinidad, Booth-8, Fuerte, Hass, Trapo, Santana, Colinred y Ettinger. Según datos del Fondo para el financiamiento del sector agropecuario – FINAGRO (2018), se estima que en Colombia existen alrededor de 13.000 productores en cerca de 18.113 unidades productivas, cuya principal actividad económica se deriva de este cultivo.

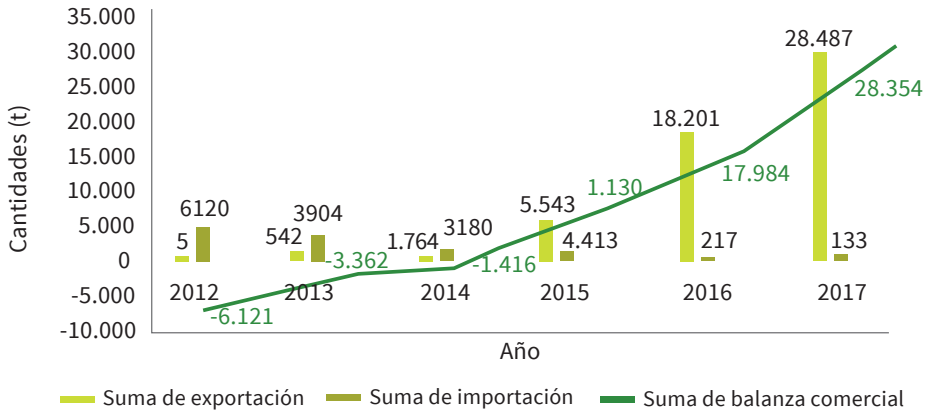
La balanza comercial de aguacate para Colombia, que se evidencia en la Figura 3, presenta desde el año 2015 un comportamiento positivo. Las exportaciones que se realizaron en el año 2017 alcanzaron las 28.487 t,

con destino a Países Bajos, España y Reino Unido. Para ese mismo año, las importaciones alcanzaron las 133 t, provenientes de Ecuador.

La tendencia creciente se explica por diversos factores, dentro de los cuales se destacan la expectativa en torno al potencial del sector agropecuario, el aumento del consumo, el ingreso a nuevos mercados de exportación y la promoción de nuevas siembras (Fondo para el financiamiento del sector agropecuario-FINAGRO, 2018).

Figura 3

Comportamiento de la balanza comercial de aguacate en Colombia 2012 - 2017



Fuente: Elaboración propia con datos de la Base de exportaciones e importaciones del DIAN (2019)

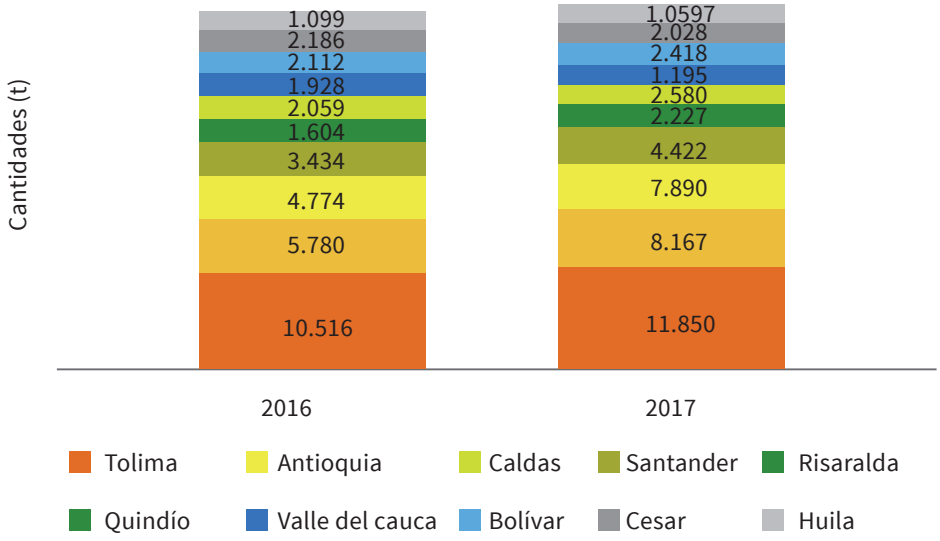
La disponibilidad de aguacate Hass en Colombia se da prácticamente todo el año, lo que lo convierte en uno de los proveedores más atractivos de este fruto para el mundo. Teniendo en cuenta lo anterior, en el año 2017, el país se consolidó como uno de los principales exportadores por la apertura de nuevos mercados como el de Estados Unidos y de mayores compras por parte de la Unión Europea.

1.2.1. PRODUCCIÓN NACIONAL DE AGUACATE

En el año 2017, el área cosechada de aguacate a nivel nacional fue de 52.013 ha. El Tolima es el departamento con el mayor indicador, con 11.850 ha, seguido por Antioquia con 8.167 ha y Caldas con 7.890 ha (Figura 4). Con respecto al 2016, el aumento del área cosechada a nivel nacional fue del 26,9%. En el Tolima, el área se incrementó en un 12,7%, en Antioquia en un 41,3% y en Caldas en un 65,3% (Agronet, 2019). Se identifica que el Tolima es el departamento con mayor área cosechada en Colombia, pero Antioquia y Caldas registran un mayor incremento en el indicador en los últimos años.

Figura 4

Área cosechada de aguacate por departamento 2016 - 2017



Fuente: Elaboración propia con datos de Agronet (2019)

El rendimiento promedio del cultivo de aguacate a nivel nacional en el año 2017 fue de 9,43 t/ha. Antioquia presenta el mayor indicador con 16,34 t/ha. El Tolima registró 6,08 t/ha, ubicándose por debajo del promedio nacional, con una cifra significativamente menor en comparación con el departamento líder (Tabla 5).

El departamento que registra la mayor producción en Colombia es Antioquia, con 133.461 t, seguido por Caldas, con 81.447 t (Figura 5). El Tolima se ubica en el tercer lugar, a pesar de poseer la mayor área cosechada en el país.

Tabla 5

Rendimiento departamental de aguacate 2016 – 2017

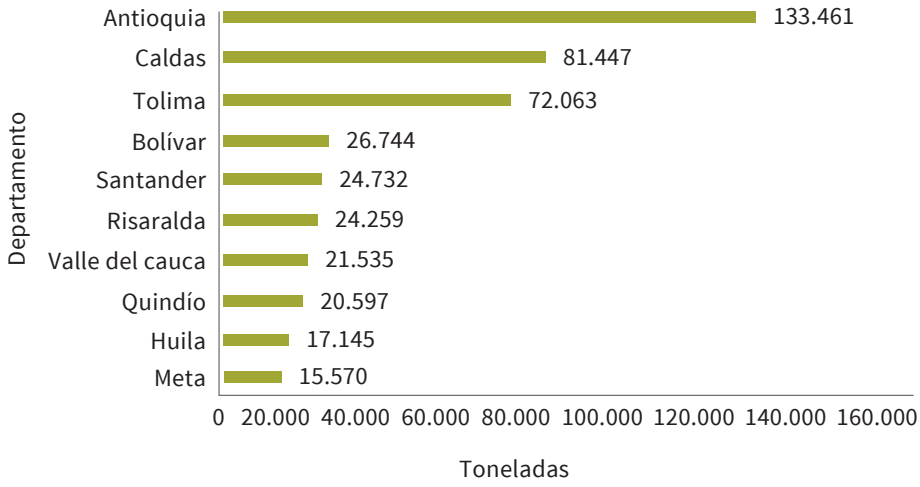
Departamento	Rendimiento (t/ha)		Variación (%)
	2016	2017	
TOTAL	8,2	9,43	15
Tolima	5,56	6,08	9,3
Antioquia	11,6	16,34	40,9
Caldas	8,92	10,32	15,7
Santander	6,34	5,59	-11,8
Risaralda	10,72	10,9	1,6

Departamento	Rendimiento (t/ha)		Variación (%)
	2016	2017	
Quindío	7,78	7,98	2,7
Valle del Cauca	13,69	9,81	-28,3
Bolívar	9,94	11,06	11,3
Cesar	6,76	6,53	-3,3
Huila	10,54	10,74	1,9
Cundinamarca	5,48	6,77	23,7
Meta	9,95	11,27	13,2
Boyacá	6,63	8,69	31

Fuente: Elaboración propia con datos de Agronet (2019)

Figura 5

Producción departamental de aguacate 2017



Fuente: Agronet (2019)

Según el calendario de cosechas, que se muestra en la Tabla 6, se cuenta con disponibilidad del fruto a lo largo de todo el año. Sin embargo, por las condiciones agroecológicas y fisiológicas del cultivo, el pico de cosecha se encuentra entre los meses de octubre y enero.

Tabla 6

Calendario de cosecha aguacate

Calendario cosecha aguacate Hass												
Departamento	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Antioquia												
Caldas												
Cauca												
Risaralda												
Quindío												
Tolima												
Valle del Cauca												

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019)

La producción de las diferentes variedades de aguacate en el país se distribuye de acuerdo a las distintas zonas productoras. Así, en los departamentos de Antioquia, Caldas, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca y Tolima, se producen, principalmente, las variedades Hass y papelillo; en Bolívar, Cesar y Santander, genotipos de la raza antillana e hibridaciones interespecíficas con la raza guatemalteca y en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Meta, Casanare y Arauca, el Papelillo verde (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

Como resultado del trabajo mancomunado entre el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, la Federación de productores de aguacate del Tolima - Paltolima, las alcaldías municipales de las 12 asociaciones adscritas, la Gobernación del Tolima y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia, se exportó el primer cargamento de aguacate Hass de 22 t, producido en el departamento del Tolima, con destino a España, país que se ha convertido en uno de los principales destinos de exportación, junto a Países Bajos (Instituto Colombiano Agropecuario-ICA, 2018b).

1.2.2. PRODUCCIÓN DEPARTAMENTAL DE AGUACATE

En el departamento del Tolima, la producción de aguacate se concentra principalmente, en la zona norte. Esto se debe a la influencia de Caldas y Antioquia, lo que ha generado que sea una de las zonas con más experiencia en el manejo del cultivo y con mayor área sembrada en el departamento. El municipio de Fresno lidera la producción, seguido de Mariquita, Falan y Casabianca (Tabla 7).

Tabla 7

Producción municipal de aguacate en el Tolima 2016 - 2017

Municipio	Producción (t)		Área cosechada (ha)		Área sembrada (ha)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Alvarado	2.493	2.187	277	608	621	644
Anzoátegui	350	1.902	35	317	327	337
Armero (Guayabal)	78	1.125	28	75	28	75
Ataco	348	468	116	156	131	156
Cajamarca	252	385	126	154	158	186
Casabianca	3.234	4.632	574	579	911	921
Chaparral	320	200	80	50	80	70
Falan	5.270	4.920	527	615	577	615
Fresno	24.380	30.300	6.095	6.060	6.095	6.548
Herveo	2.780	3.624	310	344	323	344
Honda	500	300	50	20	50	20
Ibagué	220	2.240	22	224	30	229
Icononzo	-	225	-	45	-	55
Lérida	260	398	50	75	145	180
Líbano	938	900	134	150	195	235
Mariquita	8.713	8.713	1.025	1.025	1.070	1.070
Ortega	858	1.086	143	181	169	187
Palocabildo	1.415	2.165	283	433	393	433
Planadas	350	160	70	20	105	125
Rioblanco	800	960	100	120	120	140
Rovira	1.940	3.670	194	367	264	375
San Antonio	24	28	3	28	148	148
San Luis	1.320	-	110	-	130	-
Valle de San Juan	140	154	14	26	23	32
Venadillo	500	750	50	75	75	90
Villahermosa	1.000	572	100	104	104	134

Fuente: Elaboración propia con base en Datos Abiertos Colombia (2019)

1.2.3. EXPORTACIONES DE AGUACATE COLOMBIANO SEGÚN PARTIDAS ARANCELARIAS

Mientras los principales competidores producen solo de abril a octubre, Colombia ofrece dos cosechas de aguacate al año: la principal comprendida entre los meses de octubre a enero y la secundaria, dependiendo del departamento y la ubicación del cultivo, se presenta en la época de mayo a septiembre.

De acuerdo con la partida arancelaria 080440 (Aguacates "paltas", frescos o secos), las exportaciones de Colombia en el año 2017, como se muestra en la Tabla 8, se dirigieron principalmente a Países Bajos, España, Reino Unido, Bélgica y Francia, con un 96% del total. Durante 2017 y 2018, los principales socios comerciales de esta fruta colombiana han sido los mismos, mostrando un consumo creciente en Europa. En menor proporción, se ha empezado a establecer comercialización con Estados Unidos, Suecia, Rusia, Portugal y Arabia Saudita (Trade Map, 2019).

Tabla 8

Destino de las exportaciones de aguacate colombiano 2014 - 2018

Importadores	Cantidad (t)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Países Bajos	1.369	3.339	7.385	10.184	13.992
España	80	583	4.206	6.905	6.181
Reino Unido	224	1.170	4.539	6.760	5.506
Bélgica	-	-	104	2.047	1.572
Francia	44	428	1.481	1.593	1.310
Estados Unidos	-	-	-	29	346
Suecia	-	-	-	-	179
Panamá	17	22	80	148	165
Alemania			209	438	135
Costa Rica	21	-	63	56	115
Rusia	-	-	-	10	115
Canadá	-	-	17	19	113
Portugal	-	-	-	69	106
Arabia Saudita	-	-	-	-	48
Emiratos Árabes Unidos	-	-	2	48	41
Resto del mundo	4	1	113	180	84
Total	**1.760**	**5.543**	**18.201**	**28.487**	**30.009**

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

Las exportaciones colombianas de aguacate para el mercado estadounidense, sin duda, están presentando un gran crecimiento, teniendo en cuenta que representan menores tiempos de transporte y costos logísticos, por ser un mercado más cercano geográficamente. En el año 2017 se exportaron 29,34 t, mientras que en el 2018, se incrementó la cifra a 346,19 t (Trade Map, 2019).

1.2.4. CONSUMO NACIONAL DE AGUACATE

Por tradición cultural, el aguacate es uno de los alimentos más importantes en la dieta de los colombianos. Sin embargo, recientemente, los aguacates han dominado los menús de los restaurantes con el fin de atraer a más consumidores y a un mayor número de turistas.

El volumen de consumo de aguacate en Colombia fue de 291.180 t en 2018 (609 millones de USD), y se estima que alcanzará las 368.247 t (771 millones de USD) para 2024 (Mordor Intelligence, 2020). Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019), el consumo per cápita de aguacate en fresco en Colombia es de 3,8 kg al año. Debido a su gran tamaño y sabor, el aguacate de piel verde es la variedad preferida entre los consumidores colombianos, para su uso en platos familiares tradicionales.

Sin embargo, debido a la falta de conocimiento sobre el aguacate Hass y sus características, esta variedad se consume poco en el país, por lo que se están llevando a cabo campañas para promover su consumo en el mercado interno, resaltando su tamaño, sabor, perfil nutricional y facilidad de preparación para diferentes platos, los cuales reflejan aún más el potencial de esta variedad. Por ello, se espera que aumente la demanda de Hass entre los consumidores colombianos.

Existen otros factores que inciden positivamente en el aumento del consumo nacional de aguacate, tanto Hass, como de otras variedades, tales como:

- El cambio en los hábitos alimenticios de los colombianos, quienes buscan dietas más saludables y reconocen las bondades nutricionales que tiene el aguacate.
- El incremento notable en la cantidad disponible y la consecuente disminución del precio en los mercados nacionales, principalmente en la variedad de aguacate Hass, en especial en las épocas de mayor producción.

1.2.5. EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE AGUACATE EN LOS MERCADOS MÁS IMPORTANTES PARA COLOMBIA

En los últimos años, los valores unitarios (USD/t) de exportación de aguacate hacia los principales mercados, presentaron en promedio un comportamiento irregular del -5% en 2015, el 4% en 2016, el -2% en 2017 y el 13% en 2018, con una variación promedio entre 2014 y 2018 del 9%, según los datos consignados

en la Tabla 9. Durante el último año, la variación de los precios de venta alcanzó su valor máximo.

Tabla 9

Evolución de precios en mercados de exportación para Colombia 2014 - 2018

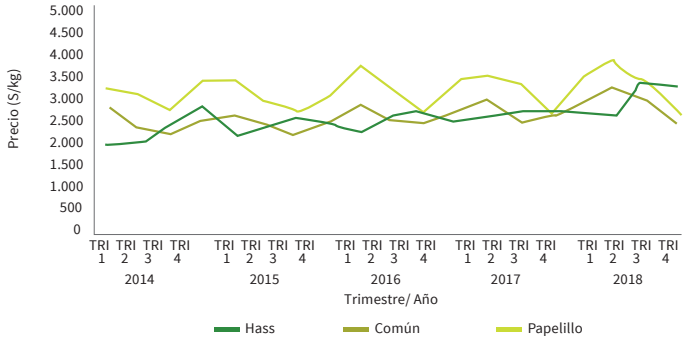
Importadores	2014	2015		2016		2017		2018	
	Precio (USD/t)	Precio (USD/t)	Variación	Precio (USD/t)	Variación	Precio (USD/t)	Variación	Precio (USD/t)	Variación
Países Bajos	2.083	1.845	-11%	1.975	7%	1.853	-6%	2.119	14%
Reino Unido	2.045	2.077	2%	2.088	1%	2.093	0%	2.269	8%
España	1.838	1.595	-13%	1.692	6%	1.684	0%	1.881	12%
Bélgica	-	-	-	1.702	-	1.848	9%	2.060	11%
Francia	1.568	1.631	4%	1.843	13%	1.601	-13%	1.916	20%
Promedio	1.883,5	1.787	-5%	1.860	4%	1.815,8	-2%	2.049	13%

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

El precio del aguacate en el mercado nacional presenta unos picos de alza durante el primer trimestre de cada año, relacionados con la época en que disminuyen los volúmenes disponibles en los mercados para el consumo. Durante el segundo y tercer trimestre, se presenta una tendencia de estabilidad del precio, mientras que durante el cuarto se evidencia una disminución, debido a la época de cosecha y los altos volúmenes disponibles en el mercado (Figura 6). Los precios internos dependen del tipo de aguacate, siendo los verdes más estables que los demás y dependientes de la oferta de los aguacates criollos.

Figura 6

Precio promedio nacional consumidor final de aguacate ($/kg) 2014 - 2018



Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019)

1.2.6. EMPRESAS EXPORTADORAS DE AGUACATE EN COLOMBIA

Durante 2018, se registraron exportaciones de aguacate cercanas a las 30.000 t, lo cual muestra una tendencia al incremento de las cantidades exportadas en fresco, en comparación con las 28.000 t exportadas en 2017.

Las exportaciones de aguacate, desde el nivel regional, fueron lideradas por el departamento de Antioquia aportando el 49,9% del total, seguido por Risaralda con un 23,5% de participación y en tercer lugar, el departamento del Valle del Cauca, con un 15,3%. Tolima aportó el 0,41% (Tabla 10).

Las exportaciones de aguacate Hass representan un poco más del 90% del total de exportaciones de la subpartida de aguacates, lo que implica que las demás variedades (pieles verdes), representan menos del 10%.

Tabla 10

Exportaciones por departamento 2018

Departamento	Cantidad (Toneladas)
Antioquia	14.999,6
Risaralda	7.054,6
Valle del cauca	4.596,3
Bogotá	1.538,2
Santander	566,7
Cundinamarca	475,3
Quindío	351,4
Caldas	238,8
Tolima	123,5
Magdalena	47,6
Sucre	8,1
Atlántico	5,6
Cesar	2,9
Total general	30.008,7

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Legiscomex (2019)

A continuación, se relacionan algunas de las empresas que realizan exportaciones de aguacate:

- *Cartama:* Es un grupo de empresas colombianas que desde hace más de 15 años cultiva y comercializa aguacate Hass de excelente calidad. Cuenta con unidades productivas en diferentes zonas de Colombia, planta de embalaje en la ciudad de Pereira, comercialización a nivel internacional e importantes alianzas comerciales. Posee la certificación Global GAP.

- *Hass Diamond Company:* Es una empresa creada en el año 2016. Actualmente cuenta con cultivos de propiedad de la compañía, ubicados en varios sectores del país, principalmente en Risaralda, Antioquia y Caldas, en los municipios de Apía, Pereira, Abejorral y Aguadas. La compañía ha adquirido una experiencia importante en exportaciones de fruta hacia los mercados europeos.
- *Hass Colombia SAT:* Es una sociedad agrícola en transformación, constituida desde el 2007 por productores de aguacate de diversas partes del país. Hoy cuenta con 50 asociados y más de 100 productores aliados. Hass Colombia es una planta de empaque y comercialización de aguacate, con máquinas y equipos de última tecnología con capacidad para seleccionar y empacar 8 t/h.

CAPÍTULO

2 ESTRUCTURA DE LA CADENA PRODUCTIVA DE AGUACATE EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

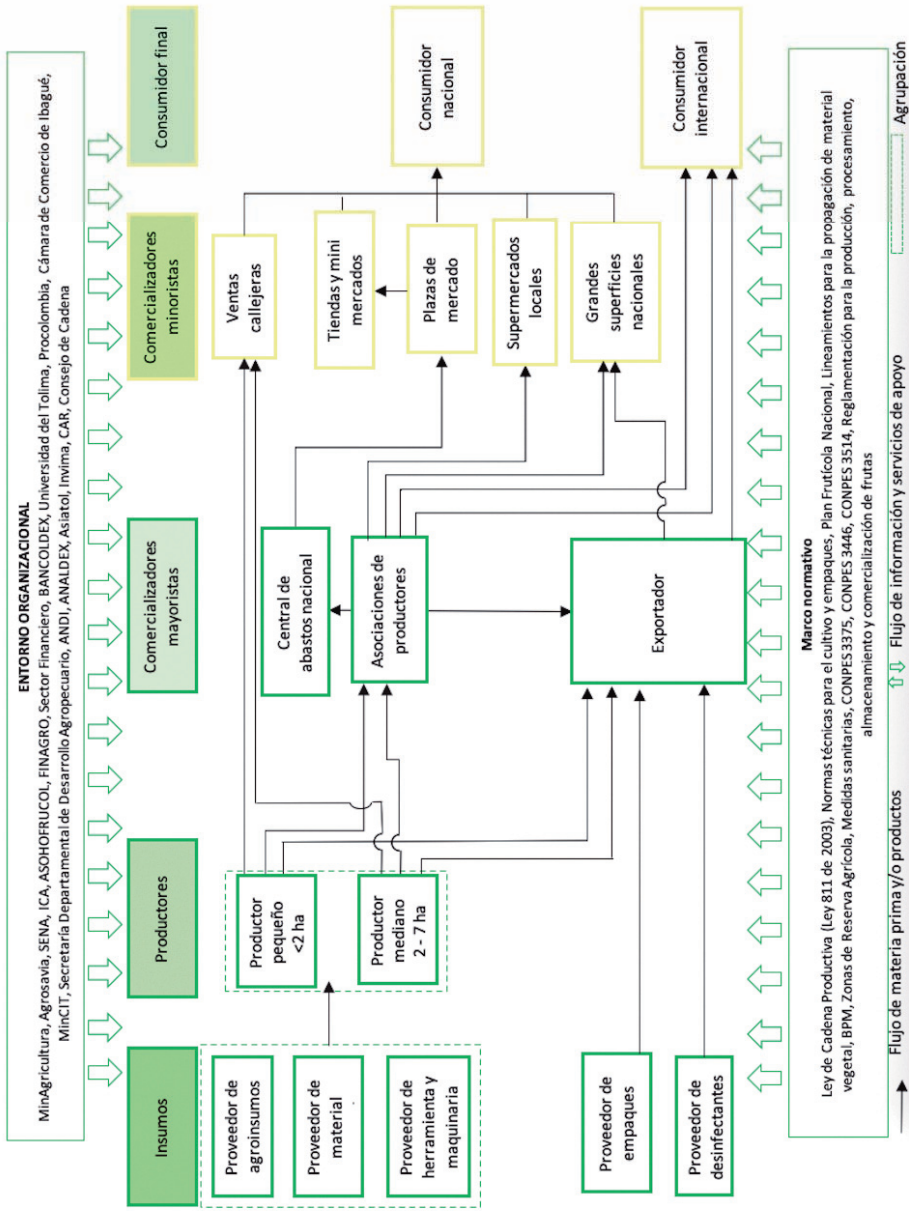
En junio de 2008, se creó el Consejo Nacional de Aguacate, como órgano consultivo del Gobierno Nacional en materia de política para la sostenibilidad y competitividad de la cadena. El Consejo cuenta con la participación de la Asociación de Productores de Frutos de Fresno - ASOFRUTOS, la Asociación de Productores de Aguacate del Retiro - APROARE SAT, la Asociación Hortifrutícola de Colombia - ASOHOFRUCOL, la Corporación Antioqueña del Aguacate - CORPOAGUACATE, BIOCATE LTDA., PROEXPORT, la Corporación Colombia Internacional - CCI, la Corporación Nacional de Comerciantes - CONALCO, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia, la Universidad Nacional, el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, el Vivero PROFRUTALES, la Corporación de Investigaciones Biológicas - CIB, la Cámara Procultivos (ANDI) y la dirección de Cadenas Productivas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

La cadena de aguacate a través del Consejo, constituyó seis mesas temáticas en torno a la competitividad de este rubro: fortalecimiento gremial; comercialización, mercadeo, logística, exportaciones y agroindustria; zonificación y censo; trazabilidad e inocuidad; capacitación y especialización en aguacate, y registro y certificación. De acuerdo con la política de descentralización del Consejo Nacional de Aguacate, se han consolidado comités regionales de la cadena en Tolima, Bolívar, Antioquia, Santander y Cauca.

A partir de la revisión de las políticas del Consejo Nacional de Aguacate, y del análisis de fuentes primarias y secundarias, se ha definido la estructura actual de la cadena de aguacate para el departamento del Tolima, presentada a continuación (Figura 7).

Figura 7

Modelo de la Cadena Productiva de Aguacate



Fuente: Elaboración propia

2.1. ESLABÓN DE PROVEEDURÍA

Los insumos que requieren los agricultores que cultivan aguacate se resumen en productos para el control de plagas y para el enriquecimiento de suelos. Los principales proveedores se encuentran localizados en Ibagué y operan principalmente como distribuidores (Bermeo et al., 2012). Se destacan Ferticom Ltda., que ofrece mezclas para el enriquecimiento de suelos según condiciones específicas y Su Campo, que ofrece productos industriales para el control de plagas.

En el Tolima, el ICA cuenta con 159 viveros registrados de frutales, ornamentales, forestales, cacao y cafetos, concentrando su mayor cantidad en la zona norte y centro del departamento, que cumplen con la Resolución 3180 de 2009, por medio de la cual se establecen los requisitos y procedimientos para la producción y distribución de material de propagación de frutales en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones. Con este registro específico, se acreditan como confiables en la venta y comercialización de material de propagación de especies frutales (Instituto Colombiano Agropecuario-ICA, 2018a).

FINAGRO ofrece a los productores semillas, abonados y fertilizantes agroquímicos. Sin embargo, su fuerte es la venta de equipos de maquinaria como son tractores; combinadas; secadoras portátiles; motobombas, equipos y sistemas de riego; sembradora - abonadora; equipo láser y trasplantadora, entre otros (Fondo para el financiamiento del sector agropecuario-FINAGRO, 2018)

A pesar de todos estos esfuerzos, la escasez de semilla es una de las causas de los problemas fitosanitarios del cultivo, lo cual debe ser visto como una de las principales limitaciones de la cadena.

2.2. ESLABÓN DE PRODUCCIÓN

El cultivo de aguacate, generalmente se encuentra en manos de pequeños productores, con altos niveles de analfabetismo y sin acceso a tecnología de punta. La comunidad productiva adolece en general de servicios esenciales como electrificación, acueductos, vías de acceso, comunicaciones y centros de salud (Agrosavia, 2008).

El aguacate ha mostrado crecimiento, no solo en temas de exportación, sino también en la generación de empleo. Para el año 2018, la cadena generó cerca de 54.500 empleos, manteniendo la tendencia de crecimiento de los últimos cuatro años. En el departamento del Tolima hay alrededor de 3.500 familias que dependen de la producción del aguacate (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

Una de las entidades que apoya el proceso productivo del aguacate en el Tolima es ASOHOFRUCOL, que tiene como objetivo representar los intereses

de los productores hortofrutícolas de Colombia y fomentar el mejoramiento productivo y competitivo de sus agronegocios, contribuyendo con el desarrollo rural integral del país.

El departamento del Tolima cuenta con 148 predios de aguacate Hass registrados como productores para la exportación en fresco. Los municipios en los que se concentra la producción de la fruta son Cajamarca, Fresno, Herveo y Casabianca, en donde se encuentra el mayor número de hectáreas sembradas registradas ante el ICA (2018). Dicha institución, ejerce vigilancia sanitaria a los predios registrados dedicados a la producción y a empresas de exportación, por lo que se ha avanzado en los controles fitosanitarios para garantizar la sanidad del aguacate, estableciendo sitios de producción libres de plagas cuarentenarias.

Un hecho histórico para la asociatividad en el Tolima se generó con la formalización y constitución legal de la Federación de productores de aguacate del Tolima - Paltolima, organismo que ha permitido desarrollar procesos de economía solidaria y organización de asociaciones que articulan las diferentes etapas de producción.

2.2.1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE PRODUCCIÓN

La falta de conocimiento del adecuado manejo en cosecha causa grandes pérdidas, principalmente por el corte de frutos fisiológicamente inmaduros. Por otro lado, la altura del árbol dificulta la cosecha y aumenta las pérdidas hasta en un 25 - 30%. También hay pérdidas del fruto en poscosecha durante la selección, clasificación, empaque, conservación, almacenamiento y transporte. En la Tabla 11 se mencionan otros limitantes y algunas oportunidades para los productores.

Tabla 11

Limitaciones y oportunidades del eslabón de producción

Limitaciones	Oportunidades
• No se realizan las labores de fertilización adecuadas. • Pocos productores utilizan sistemas de riego. • Baja aplicación de podas sistemáticas para el sostenimiento de los árboles. • Agricultores sin visión de empresa. • Deficiencias en el manejo fitosanitario. • Desconocimiento de factores de adaptabilidad a condiciones de variabilidad y cambio climático. • Bajo uso de nuevas tecnologías. • Rechazos por mala calidad debido al mal manejo en precosecha y poscosecha. • Desconocimiento de los servicios ecosistémicos.	• Creación de viveros para la obtención de árboles certificados. • Tecnologías para la estimación del índice óptimo de cosecha. • Mejora del manejo en poscosecha para garantizar la calidad del producto final. • Aprovechamiento de rechazos y subproductos para la elaboración de productos para las industrias alimenticia, cosmética y farmacéutica.

Fuente: Elaboración propia

2.3. ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN

La comercialización local del aguacate en el Tolima se enfoca en ventas callejeras, plazas de mercado y grandes superficies. Con el propósito de seguir impulsando el desarrollo de la cadena de aguacate a nivel nacional y aumentar las exportaciones, el ministro de Agricultura y Desarrollo Rural Juan Guillermo Zuluaga, inauguró una planta para este producto en el municipio de Armero Guayabal (Tolima), que tiene como objetivo mejorar la comercialización y optimizar los ingresos de los productores de esta fruta. Además, se espera que con esta infraestructura se impulsen las ventas de aguacate en el mercado internacional (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

El objetivo de la planta es proporcionar las condiciones mínimas necesarias para llevar a cabo los procesos de selección, almacenamiento y empaque de aguacate de los productores del Norte del Tolima y de otros departamentos del centro del país como Caldas, Huila y Cundinamarca, además de generar relaciones comerciales con empresarios nacionales e internacionales y optimizar los ingresos y la calidad de vida de los productores.

Exportadores

El ICA, como autoridad sanitaria y aliado estratégico del agronegocio colombiano, ha venido trabajando con la Federación de productores de

aguacate del Tolima en la certificación de predios productores de aguacate Hass para la exportación en fresco y la certificación de la Planta Seleccionadora y Empacadora de Aguacate de Armero Guayabal para exportación, dando cumplimiento a los requisitos establecidos en la Resolución ICA 448 de 2016. De igual manera, el instituto adelanta acciones de inspección, vigilancia y control fitosanitario, e implementación de Buenas Prácticas Agrícolas - BPA, en la producción primaria de aguacate Hass, para dar cumplimiento a las condiciones de calidad e inocuidad de los frutos exigidos por los mercados especializados (Instituto Colombiano Agropecuario-ICA, 2018a).

En los 148 predios de aguacate Hass registrados como productores para la exportación en fresco en el departamento del Tolima, se fortalecerá la asistencia técnica para la certificación de predios aguacateros de los municipios de Cajamarca y Casabianca, así como la recertificación en el municipio de Herveo, con el apoyo de la Asociación Nacional de Comercio Exterior - ANALDEX y ASOHOFRUCOL.

2.3.1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN

Una de las principales limitaciones que se presenta en este eslabón es que parte del aguacate producido en el Norte del Tolima es exportado como producción de Antioquia, ya que, al no estar registrados como predio exportador, muchos productores tolimenses venden directamente el aguacate a compradores en Antioquia, quienes lo exportan como producto propio, lo que genera una distorsión en los datos de producción y comercialización. Por otro lado, los avances en asociatividad representan una gran oportunidad para el mejoramiento de los procesos. En la Tabla 12, se presenta el conjunto de limitaciones y oportunidades para los comercializadores.

Tabla 12

Limitaciones y oportunidades del eslabón de comercialización

Limitaciones	Oportunidades
• Falta de homogeneidad al momento de la clasificación del fruto según su madurez. • Deficiencias en los empaques para la conservación de las propiedades organolépticas. • Daños mecánicos del fruto por mal manejo poscosecha. • Pequeños productores con baja adopción de BPA y predio exportador.	• Mejoramiento de empaques y recubrimientos. • Implementación de plataformas que actúen como puente entre el productor y el cliente. • Fortalecimiento de la asociatividad. • Agregación de valor en la oferta exportable. • Competencia por calidad para hacer frente a la producción masiva de México.

Fuente: Elaboración propia

2.4. ENTORNO ORGANIZACIONAL

El entorno organizacional de la cadena de aguacate 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 las 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.
- *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 y transferir procesos de innovación tecnológica al sector agropecuario.
- *Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA:* Es un establecimiento público del orden nacional, que ofrece formación gratuita en programas técnicos, tecnológicos y complementarios que permiten fortalecer las actividades productivas del sector agrícola y de su industria.
- *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.
- *Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - MinCIT:* Es la institución de orden nacional encargada de apoyar la actividad empresarial, productora de bienes, servicios y tecnología, así como la gestión turística de las diferentes regiones del país.
- *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.
- *Asociación Hortofrutícola de Colombia - ASOHOFRUCOL:* Es una organización nacional de carácter gremial, fundada en 1995, como una sociedad agrícola sin ánimo de lucro y de derecho privado, que tiene como propósito el mejoramiento de las condiciones sociales, económicas, laborales, culturales y familiares de los productores de frutas, hortalizas, plantas medicinales y aromáticas del país.
- *Asociación Nacional de Comercio Exterior - ANALDEX:* Tiene como objetivo fomentar y fortalecer la actividad exportadora nacional, promover la imagen de Colombia en el exterior, apoyar el diseño y la ejecución de políticas

de exportación de corto, mediano y largo plazo. Analdex asesora a los empresarios para que las exportaciones sean un mejor negocio y ayuda en la definición de estrategias de comercio exterior. De igual manera, incentiva la cultura exportadora y la competitividad por medio de la realización de talleres.

- *Universidad del Tolima:* Es una institución de educación superior de carácter público que fomenta el desarrollo de capacidades humanas para la búsqueda incesante del saber y la producción, apropiación y divulgación del conocimiento en los diversos campos de la ciencia.
- *Universidad de Ibagué:* Es una institución de educación superior que promueve la formación integral de líderes y empresarios con sólidas bases científicas y profesionales, en áreas de Ingeniería y Ciencias económicas y administrativas, entre otras.
- *Asociación Nacional de Empresarios de Colombia - ANDI:* Es una agremiación sin ánimo de lucro que tiene como objetivo difundir y propiciar los principios políticos, económicos y sociales de un sano sistema de libre empresa.
- *Fondo para el financiamiento del sector agropecuario - FINAGRO:* Es una entidad que promueve el desarrollo del sector rural colombiano con instrumentos de financiamiento y desarrollo rural que estimulan la inversión.
- *Banco de Comercio Exterior de Colombia - BANCOLDEX:* Es el banco de desarrollo que promueve el crecimiento empresarial y el comercio exterior de Colombia. Su gestión se enfoca en fomentar las exportaciones, apoyar la productividad y la competitividad con énfasis en las pyme, contribuir a la defensa del medio ambiente y a la mitigación del cambio climático y actuar como instrumento para el restablecimiento del tejido empresarial en zonas de desastre o de deterioro de las condiciones económicas.
- *Federación de productores de aguacate del Tolima - Paltolima:* Organismo que permite desarrollar procesos de economía solidaria y organización de asociaciones que articulan las diferentes etapas de producción.

2.5. MARCO NORMATIVO

Corresponde a las políticas, normas, leyes y reglas que regulan e influencian la cadena productiva. Entre ellas se encuentran:

- *LEY 811 DE 2003, por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993:* Se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación - SAT, y se dictan otras disposiciones.
- *Especificación normativa disponible END 094:* Establece los requisitos que debe cumplir el aguacate Persea americana mil, variedad Hass, destinado

para el consumo en fresco o como materia prima para la agroindustria. La END se aplica desde el momento previo a la cosecha del aguacate hasta su comercialización.

- *CONPES 3375:* Política nacional de sanidad agropecuaria e inocuidad de alimentos para el sistema de medidas sanitarias y fitosanitarias.
- *Norma técnica colombiana NTC 1248:* Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos y los métodos para la clasificación de los aguacates en categorías de calidad.
- *Resolución 3180 de 2009:* Por medio de la cual se establecen los requisitos y procedimientos para la producción y distribución de material de propagación de frutales en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones.
- *PLAN OPERATIVO DE TRABAJO - POT:* Es el documento suscrito por APHIS-USDA, autoridad sanitaria de Los Estados Unidos, el ICA y CorpoHass, en el cual se establecen los requisitos para la importación de frutos de aguacate Hass procedentes de Colombia, basados en un enfoque de sistemas que incluye diferentes medidas para el manejo de plagas cuarentenarias.
- *Ley 1876 de 2017 - Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria - SNIA:* Tiene por objeto la creación y puesta en marcha del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria - SNIA, compuesto por subsistemas, planes estratégicos, instrumentos de planificación y participación, plataformas de gestión y procedimientos para su implementación, así como mecanismos para su financiación, seguimiento y evaluación.

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 de aguacate 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 el aguacate que se produce en el 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 aguacate.

La ecuación de búsqueda utilizada para abarcar todas las áreas relacionadas a los aguacates es la siguiente:

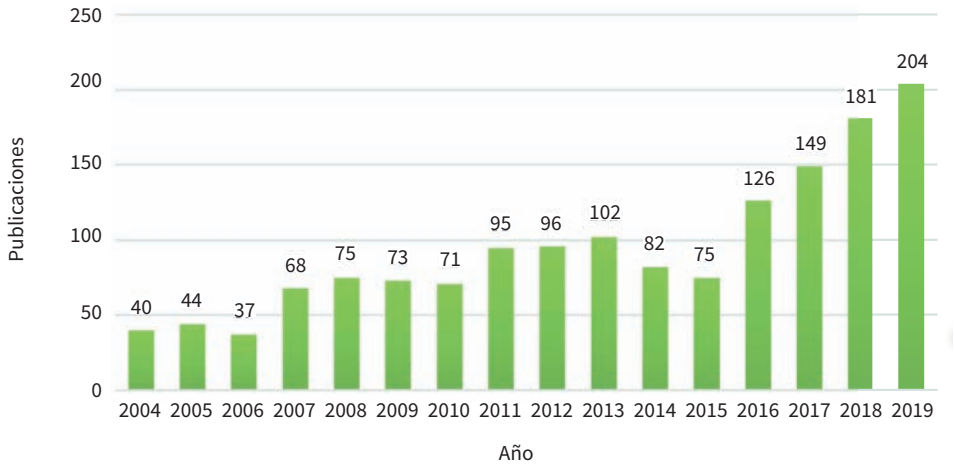
TI= (avocado OR "persea americana")

3.1.1. DINÁMICA DE PUBLICACIÓN

Una vez realizada la búsqueda en la Colección Principal de *Web of Science*, se obtuvieron 1.518 publicaciones en el periodo de tiempo 2004-2019. Tal como se observa en la Figura 8, se presenta una tendencia creciente, lo que demuestra el interés a nivel mundial por estudiar el tema.

Figura 8

Número de publicaciones por año



Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2019)

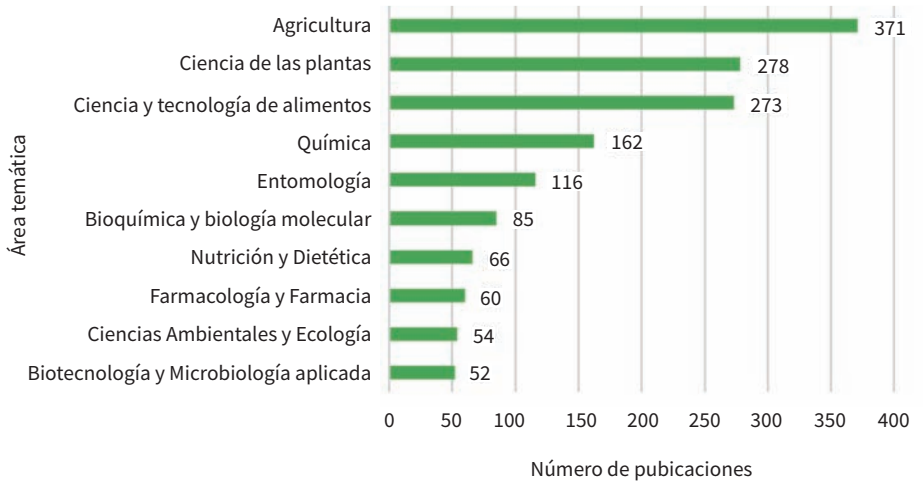
3.1.2. ÁREAS DE INVESTIGACIÓN

Tal como se observa en la Figura 9, las áreas en las que más se han desarrollado las investigaciones son: Agricultura y ciencia de las plantas (relacionadas con variedad botánica, eficiencia fotosintética, rendimiento, calidad del fruto,

riego, pudrición de la fruta y genotipado); ciencia y tecnología de los alimentos (centradas en la obtención de subproductos a partir de la semilla, caracterización de la miel de aguacate, descripción de proteínas comestibles a partir de subproductos del procesamiento del aceite de aguacate e identificación de compuestos bioactivos), y química (relacionadas con la obtención de carbón activado, pigmentos y anticorrosivos naturales a partir de la semilla, aceite de aguacate, propiedades antioxidantes de las hojas y recuperación de compuestos bioactivos de la cáscara).

Figura 9

Áreas de investigación



Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2019)

Adicional a las áreas sobre las que más se ha realizado investigación, se deben resaltar aquellas que presentan tendencia creciente durante los últimos años, permitiendo identificar, como lo presenta la Tabla 13, que agricultura, ciencia y tecnología de los alimentos, química, nutrición y dietética, alergias y ciencias computacionales, son las áreas sobre las cuales la comunidad académica y científica a nivel mundial ha focalizado su interés.

Tabla 13

Dinámica de publicación en las áreas de investigación con tendencia creciente

Área	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Agricultura	12	12	10	26	24	24	18	22	27	27	23	14	30	38	52	12
Ciencia y tecnología de los alimentos	13	11	7	8	13	7	14	20	18	21	16	13	21	40	30	21
Química	9	3	3	6	8	6	7	10	11	10	10	11	14	17	22	15
Nutrición y dietética	2	4	0	1	2	2	2	1	5	8	4	3	4	7	10	11
Alergias	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	3	1
Ciencias de la computación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	4	1

Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2019)

En la Tabla 14, se relacionan los temas específicos de estudio para cada una de las áreas que presentan tendencia creciente.

Tabla 14

Temas específicos de estudio por área

Área	Sub área	Temas específicos de estudio
Agricultura	Manejo de enfermedades	Fungicidas contra *Phytophthora cinnamomi* para controlar la pudrición de raíz (PRR)
		Detección temprana de pudrición de la raíz blanca
		Control integrado contra la pudrición de la raíz blanca
		Utilización de quitosano y propóleos para inhibir la antracnosis
	Productividad	Requerimientos hídricos
		Procesos de polinización
		Uso de porta injertos para aumentar la producción de aguacate
		Uso de fertilizantes nitrogenados para contrarrestar los síntomas de clorosis de hierro en los árboles de aguacate
	Caracterización	Diferenciación de los aguacates según su variedad botánica

Área	Sub área	Temas específicos de estudio
Ciencia y tecnología de los alimentos y química	Compuestos bioactivos	Caracterización de propiedades benéficas de la miel de aguacate
		Caracterización de compuestos bioactivos de diversas variedades de aguacate
		Análisis de la capacidad antioxidante de la cáscara y la hoja de aguacate
		Utilización de la semilla de aguacate para prevenir úlceras gástricas
		Utilización de la cáscara y la semilla de aguacate en el sector alimentario, cosmético, eliminación de contaminantes del agua y producción de biocombustibles
		Producción de ácido láctico a partir de la semilla de aguacate
	Subproductos	Producción de pigmento natural a partir de la semilla de aguacate
		Producción de proteína comestible a partir de harina de aguacate desgrasada
		Mejora de la calidad en la extracción de aceite de aguacate
		Producción de harina de semilla de aguacate para aplicaciones alimentarias
		Producción de jugo de aguacate en polvo Extracción y caracterización de biopolímeros
	Poscosecha	Análisis de condiciones ideales para el almacenamiento poscosecha
		Uso de quitosano para prevenir enfermedades poscosecha del aguacate
Nutrición y dietética	Tratamiento de enfermedades	Propiedades de la pulpa y la semilla en la prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, el cáncer y otras actividades anti patógenas
		Uso del aguacate para el manejo del apetito y las preocupaciones metabólicas en hombres y mujeres con sobrepeso y obesidad
		Uso del aceite virgen de aguacate en el tratamiento de hipercolesterolemia, hipertensión, diabetes, hígado graso, reducción del riesgo cardio metabólico y sus propiedades antimicrobianas
		Componentes bioactivos en la semilla de aguacate como inhibidor del envejecimiento enzimático
		Consumo de aguacates como estrategia efectiva para la salud cognitiva
		Caracterización de las propiedades nutracéuticas de la pulpa y la cáscara de aguacate

Área	Sub área	Temas específicos de estudio
Alergias	Reacciones alérgicas	Relación en la ingesta de aguacate y el síndrome de enterocolitis inducida por proteínas alimentarias
		Anafilaxia por consumo de aguacate
Ciencias computacionales	Sistemas de posicionamiento geográfico	Diseño de un sistema de localización que utiliza un escáner 2D LiDAR (Detección de luz y rango) para contrarrestar la ausencia de señal GNSS en maquinaria agrícola dentro de un cultivo de aguacate
		Selección del sitio para el cultivo de aguacate usando SIG
	Modelos matemá-ticos	Detección remota y sistema de alerta temprana de la enfermedad del marchitamiento del laurel en el aguacate

Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2019)

En la Tabla 15, se observa que las temáticas que presentan tendencia creciente en el interés de las publicaciones a nivel mundial se relacionan al aceite de aguacate, plagas como los coleópteros y los curculiónidos, la actividad antioxidante, compuestos bioactivos, extractos de las hojas y la podredumbre de la raíz de aguacate.

Tabla 15

Palabras clave por año

Palabras clave	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Aceite de aguacate	0	1	1	1	3	2	0	2	4	4	5	7	6	7	12	6
Coleóptera	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	0	4	4	2
Aguacate Hass	1	0	2	1	3	2	3	3	1	0	3	2	6	8	7	1
Curculionidae	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	0	2	0	3	3	1
Extracto	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	0	0	1	0	6	0
Semilla de aguacate	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	3	1
Patógeno	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	4	0
Actividad antioxidante	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0	0	1	2	4	1	2
Compuesto bioactivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	1
Pudrición de la raíz	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0
Extracto de hoja	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0

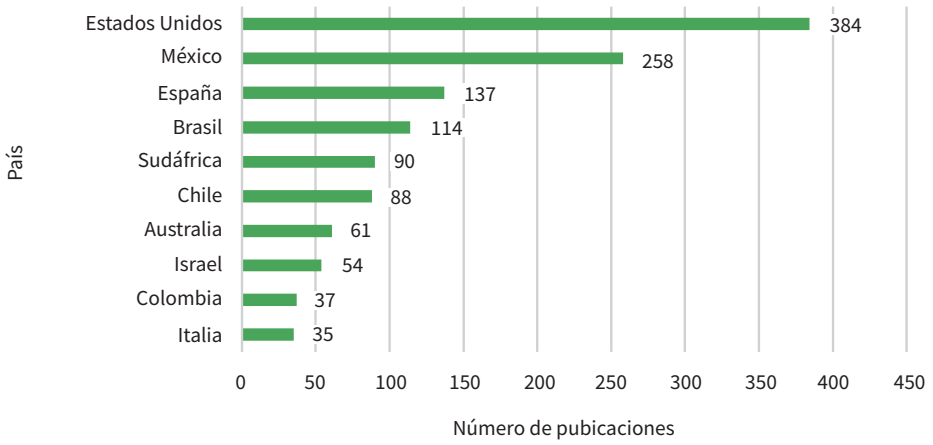
Fuente: Elaboración p*ropia* con base en información de Web of Science (2019)

3.1.3. ACTORES LÍDERES

La Figura 10 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 27% sobre el total de las publicaciones analizadas, seguido por México y España.

Figura 10

Países líderes en investigación



Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2019)

Aunque Estados Unidos es el país que mayor producción científica aporta a nivel mundial, en la Tabla 16 se observa que son Brasil, Sudáfrica, Australia, Colombia, China, Malasia, Turquía, Alemania, Ecuador y Mauricio aquellos que presentan un interés creciente en este tema durante los últimos años.

Tabla 16

Países con dinámica de publicación creciente

País	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Brasil	0	2	2	3	8	5	1	7	6	7	12	9	12	16	22	7
Sudáfrica	1	3	3	1	1	4	6	2	8	11	7	3	8	9	15	5
Australia	4	3	3	3	1	2	3	5	1	5	2	2	3	5	10	4
Colombia	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	3	1	4	6	15	2
China	0	0	1	0	0	1	0	3	0	2	0	2	4	3	4	5
Malasia	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	2	2	3	9	2

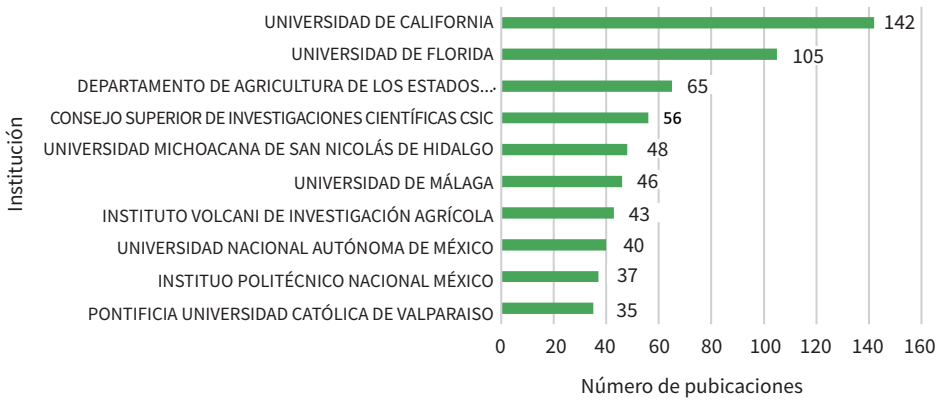
País	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Turquía	1	0	0	2	0	2	1	2	2	1	0	2	2	0	4	0
Alemania	1	0	0	2	0	1	1	2	2	3	1	0	1	1	4	0
Ecuador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	6	0
Mauricio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0	2

Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2019)

Teniendo en cuenta el número de publicaciones realizadas en este tema específico, y como se observa en la Figura 11, las principales instituciones identificadas son la Universidad de California, la Universidad de Florida y el Departamento de Agricultura de los Estado Unidos - USDA.

Figura 11

Instituciones líderes en investigación



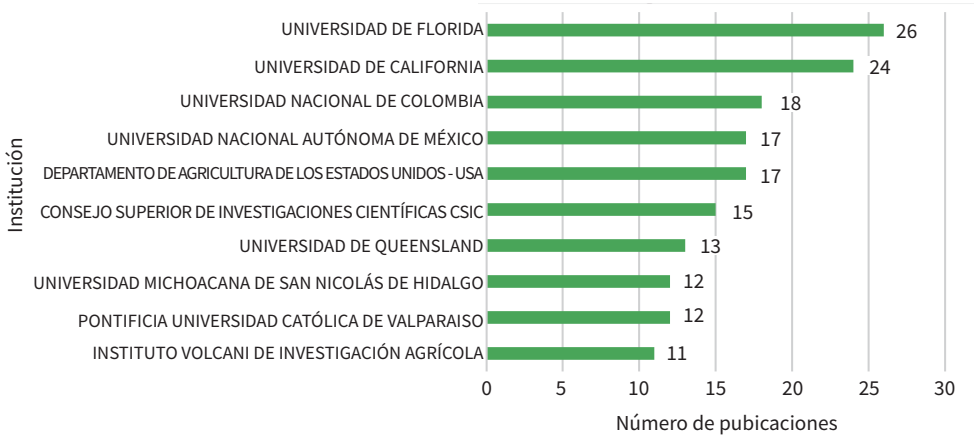
Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2019)

Tal como se observa en la Figura 12, durante los últimos tres años, la Universidad de Florida en Estados Unidos ha sido la institución que más publicaciones ha realizado, enfocando sus estudios en detección de viroides con manchas solares, polinización, detección temprana y métodos de tratamiento de la enfermedad del marchitamiento del laurel en el aguacate. Por su parte, la Universidad de California desarrolla estudios enfocados en la pudrición de la raíz de *Phytophthora* (PRR), el *Fusarium solani*, la enfermedad del marchitamiento del laurel en el aguacate, poscosecha, actividad antifúngica de las rizobacterias del aguacate y procesamiento de aguacate para generación de valor agregado. En el caso de la Universidad Nacional de Colombia, esta ha enfocado sus investigaciones a condiciones de almacenamiento poscosecha, ciclos biogeoquímicos del suelo,

caracterización del aceite de aguacate, indicadores de madurez de cosecha, modelo de nicho ecológico, biorrefinería para el procesamiento de aguacate y la enfermedad del marchitamiento del aguacate.

Figura 12

Instituciones líderes en investigación durante los últimos tres años

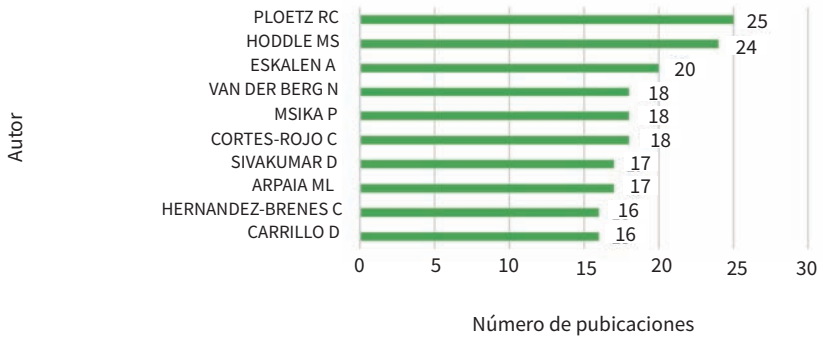


Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2019)

En cuanto a los investigadores a nivel mundial, de acuerdo con la Figura 13, los autores que mayor número de publicaciones registran son Randy C. Ploetz, de la Universidad de Florida; Mark S. Hoddle, de la Universidad de California en Riverside, y Akif Eskalen, de la Universidad de California en Davis. Finalmente, se destaca que, durante los últimos tres años, Randy C. Ploetz y Daniel Carrillo, ambos de la Universidad de Florida, son los autores que mayor número de publicaciones han realizado.

Figura 13

Autores líderes en investigación



Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2019)

3.1.4. REVISIÓN ACADÉMICA EN COLOMBIA

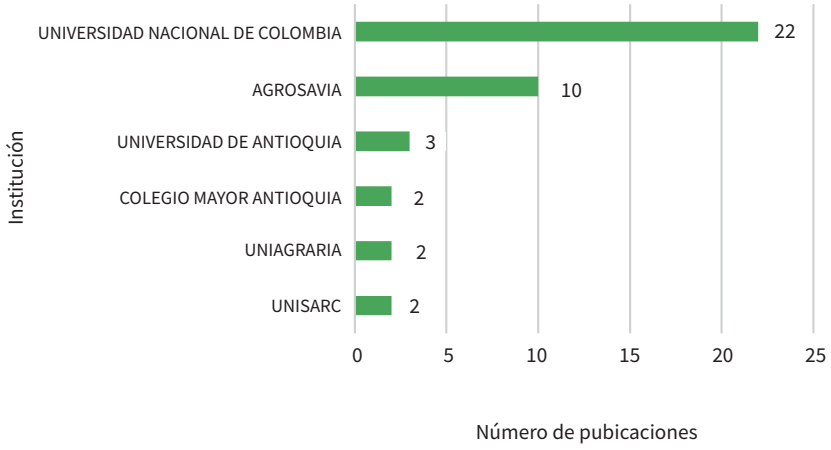
Para el caso específico de Colombia, las instituciones que mayor número de publicaciones han realizado en temas relacionados con el aguacate, tal como se presenta en la Figura 14, son la Universidad Nacional de Colombia y Agrosavia.

En la Universidad Nacional de Colombia, los estudios se han enfocado en identificar el potencial geográfico y productivo de los cultivos de aguacate, determinar el impacto económico de plagas como el escarabajo, la evaluación del efecto de una inoculación de hongos en la descomposición de la hojarasca en los cultivos, la polinización, indicadores de madurez de cosecha, condiciones de almacenamiento de la fruta, caracterización del aceite de aguacate y análisis y alertas tempranas de la enfermedad de marchitez de aguacate.

Por su parte, Agrosavia ha trabajado en la identificación de los factores relacionados con la mosca blanca y el estudio de un insecto de la familia *Coccidae* que afecta los cultivos de aguacate.

Figura 14

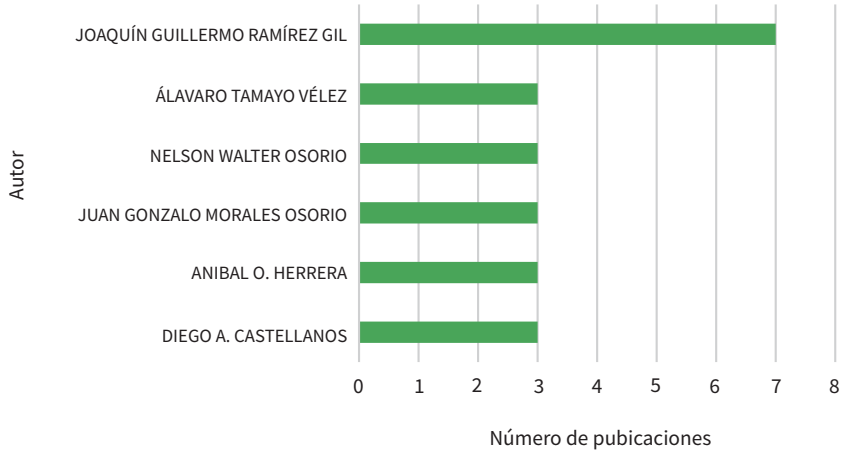
Instituciones líderes en investigación en Colombia



Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2019)

En Colombia, de acuerdo con la Figura 15, el investigador que mayor número de publicaciones ha realizado es Joaquín Guillermo Ramírez Gil, de la Universidad Nacional de Colombia, quien ha liderado las investigaciones de esta institución durante los últimos años en temas como el potencial geográfico y productivo de los cultivos de aguacate y la evaluación del efecto de la aplicación foliar de productos para la producción de fruta y la calidad del aguacate Hass.

Figura 15
Autores líderes en investigación en Colombia



Fuente: Elaboración propia con base en información de Web of Science (2019)

3.2. REVISIÓN TECNOLÓGICA

La revisión tecnológica se llevó a cabo a partir de un barrido de patentes, por medio de las cuales se pretende identificar las tecnologías desarrolladas y las tendencias de desarrollo tecnológico a nivel mundial en temas relacionados con aguacate.

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

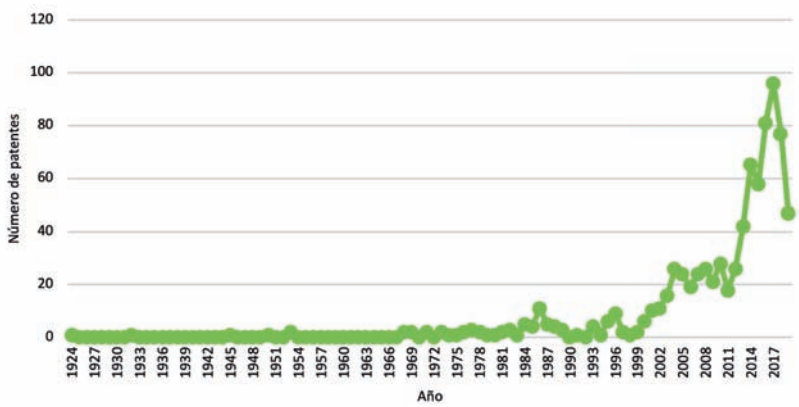
TI= (avocado OR "persea americana")

3.2.1. DINÁMICA DE PUBLICACIÓN

Una vez realizada la búsqueda en la base de datos de patentes *Lens*, se obtuvieron 787 patentes. Tal como se observa en la Figura 16, los desarrollos tecnológicos relacionados con el aguacate se registran desde 1924, pero es sobre el año 2002 que la dinámica de patentamiento empezó a crecer hasta llegar a su punto máximo de 96 patentes en el año 2017, lo que demuestra el interés creciente a nivel mundial por desarrollar nuevos productos o procesos relacionados con el aguacate.

Figura 16

Número de patentes por año



Fuente: Resultados base de datos de patentes Lens (2019)

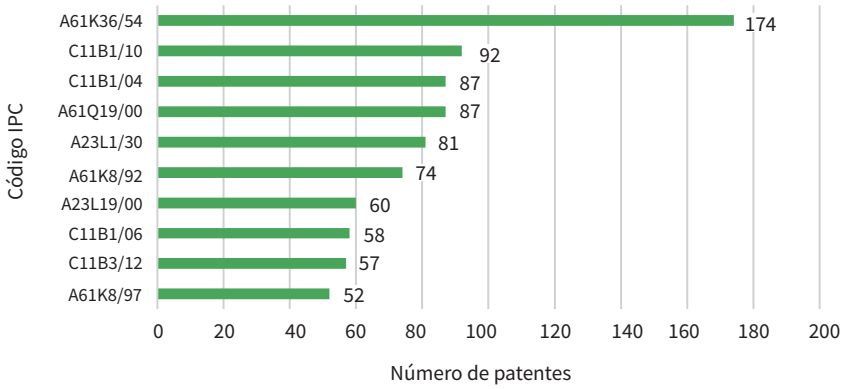
3.2.2. ÁREAS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

A nivel mundial, la mayor cantidad de patentes están relacionadas con las preparaciones medicinales de constitución indeterminada que contienen sustancias procedentes de plantas de la familia *Lauraceae* (A61K36/54), seguidas por la producción de grasas o aceites grasos por extracción (C11B1/10), producción de grasas o aceites grasos de materias primas vegetales (C11B1/04) y preparaciones para el cuidado de la piel (A61Q19/00) (ver Figura 17).

En la Tabla 17, se puede observar la descripción de cada uno de los códigos IPC relacionados en la Figura 17.

Figura 17

Códigos IPC más patentados



Fuente: Resultados base de datos de patentes Lens (2019)

Tabla 17

Descripción de códigos IPC más patentados

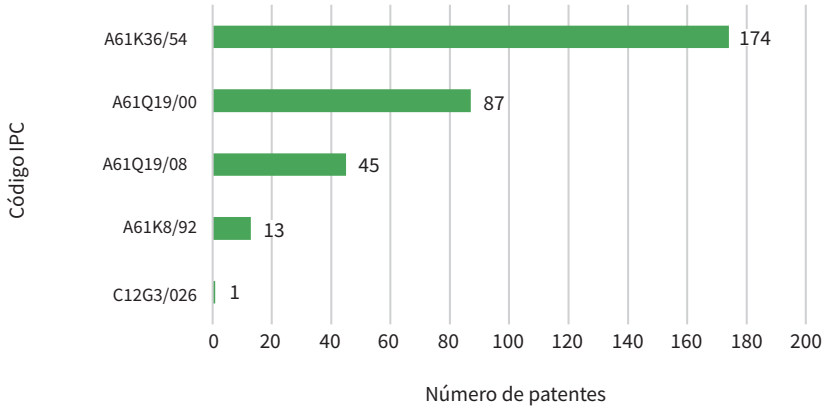
Código IPC	Descripción
A61K36/54	Preparaciones medicinales de constitución indeterminada que contienen sustancias procedentes de plantas de la familia *Lauraceae*
C11B1/10	Producción de grasas o aceites grasos por extracción
A61Q19/00	Preparaciones para el cuidado de la piel
C11B1/04	Producción de grasas o aceites grasos de materias primas vegetales
A23L1/30	Productos dietéticos que contienen aditivos
A61K8/92	Cosméticos o preparaciones similares para el aseo a partir de derivados de aceites, grasas o ceras
A23L19/00	Preparación de productos de frutas o verduras
C11B1/06	Producción de grasas o aceites grasos por prensado
C11B3/12	Refinado de grasas o aceites por destilación
A61K8/97	Cosméticos o preparaciones similares para el aseo que contienen productos de origen vegetal

Fuente: Resultados base de datos de patentes Lens (2019)

En la Figura 18, se observa que los temas de patentamiento que presentan tendencia creciente no se diferencian sustancialmente del interés histórico. Sin embargo, se debe resaltar que empiezan a surgir temas como las preparaciones antienvejecimiento (A61Q19/08) y desde el año 2018, la preparación de bebidas alcohólicas por fermentación con ingredientes que mejoran la salud, por ejemplo, flavonoides, flavonas, polifenoles o polisacáridos, agregados antes o durante la etapa de fermentación (C12G3/026).

Figura 18

Códigos IPC con tendencia creciente



Fuente: Resultados base de datos de patentes Lens (2019)

La descripción de cada uno de los códigos IPC se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18

Descripción de códigos IPC con tendencia creciente

Código IPC	Descripción
A61K36/54	Preparaciones medicinales de constitución indeterminada que contienen sustancias procedentes de plantas de la familia *Lauraceae*
A61Q19/00	Preparaciones para el cuidado de la piel
A61Q19/08	Preparaciones antienvejecimiento
A61K8/92	Cosméticos o preparaciones similares para el aseo a partir de derivados de aceites, grasas o ceras.
C12G3/026	Preparación de bebidas alcohólicas por fermentación con ingredientes que mejoran la salud, por ejemplo, flavonoides, flavonas, polifenoles o polisacáridos, agregados antes o durante la etapa de fermentación

Fuente: Resultados base de datos de patentes Lens (2019)

En la Tabla 19, se relacionan algunas de las patentes más citadas, así como las nuevas, para cada una de las tecnologías que presentan tendencia creciente.

Tabla 19

Relación de patentes para las tecnologías con tendencia creciente

Tecnología	Número de patente	Nombre de la patente
Preparaciones medicinales de constitución indeterminada que contienen sustancias procedentes de plantas de la familia *Lauraceae*	CA 2807779 C	Actividad inhibidora de la germinación antimicrobiana, antibacteriana y de esporas de acetogeninas de aguacate
	WO 2019/050340 A3	Composición farmacéutica que contiene fracción de aceite de aguacate como ingrediente activo para la prevención o el tratamiento de la pérdida auditiva
	CN 109512816 A	Composiciones administrables por vía oral que comprenden insaponificables de aguacate / soja y métodos de administración
	KR 101952943 B1	Aceite de aguacate funcional que incluye antioxidantes derivados de productos naturales y su composición
	CN 102227208 B	Composición farmacológica o dermatológica que contiene extracto de péptido de aguacate para tratar y prevenir el prurito

Tecnología	Número de patente	Nombre de la patente
Preparaciones para el cuidado de la piel	CN 108324664 A	Máscara de pulpa de aguacate y gusano de seda y método de preparación
	CN 109288761 A	Loción que contiene líquido de extracción de aguacate y hoja de olivo y método de preparación de la loción
	CN 108567657 A	Máscara facial de banano y aguacate
	CN 107653105 A	Jabón de limpieza facial que contiene aceite de aguacate y método de preparación
	CN 107648075 A	Gel de ducha que contiene aceite de aguacate y método de preparación
	CN 106727217 A	Limpiador facial de aguacate y método de preparación
	CN 106420428 A	Crema de mascarilla de aguacate en polvo
Preparaciones antienvejecimiento	US 2018/0369193 A1	Carne de aguacate y/o extracto de piel rico en polifenoles y composiciones cosméticas, dermatológicas y nutracéuticas que contienen los mismos
	CN 107648148 A	Crema hidratante para ojos de 8 horas que contiene aceite de aguacate y método de preparación
	US 10092495 B2	Uso de una composición que comprende aguacate en la protección de las células madre epidérmicas
Cosméticos o preparaciones similares para el aseo a partir de derivados de aceites, grasas o ceras	CN 107648076 A	Método de preparación para reparar e hidratar el brillo de labios que contiene aceite de aguacate
	CN 107714629 A	Método de preparación de lápiz cosmético que contiene extracto de aceite de aguacate
	CN 106913496 A	Crema facial de aguacate capaz de embellecer
	CN 105342886 A	Desinfectante de manos con aceite de aguacate
	EP 2872608 A4	Un proceso para obtener alcoholes grasos polihidroxilados a partir de semillas de aguacate y su uso en cosméticos y medicamentos
	CN 105267134 A	Crema hidratante de 36 h que contiene néctar y aguacate y método de preparación
	CN 105213228 A	Combinación cosmética que contiene aceite de aguacate y método de preparación de combinación cosmética
Preparación de bebidas alcohólicas por fermentación con ingredientes que mejoran la salud, por ejemplo, flavonoides, flavonas, polifenoles o polisacáridos, agregados antes o durante la etapa de fermentación	CN 109136012 A	Vino de arroz con aguacate y avena y método de preparación

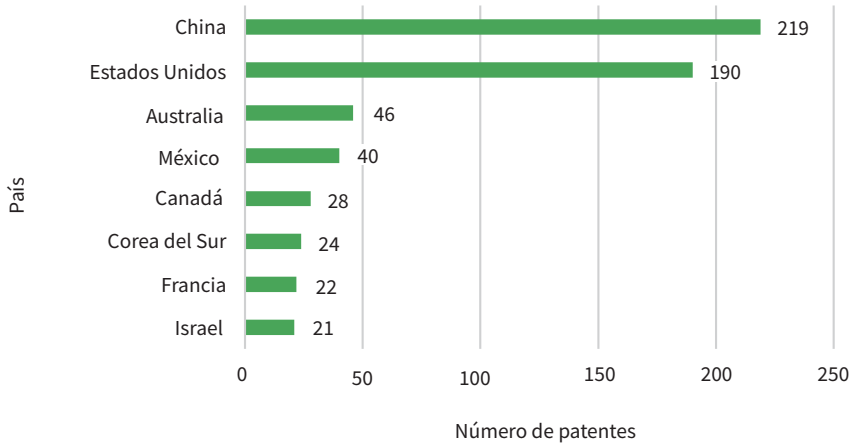
Fuente: Elaboración propia con base en datos de Derwent Innovation (2019)

3.2.3. ACTORES LÍDERES

Tal como se observa en la Figura 19, China es el país donde mayor número de patentes relacionadas con el aguacate se protegen a nivel mundial seguido por Estados Unidos, Australia y México.

Figura 19

Principales oficinas de propiedad industrial



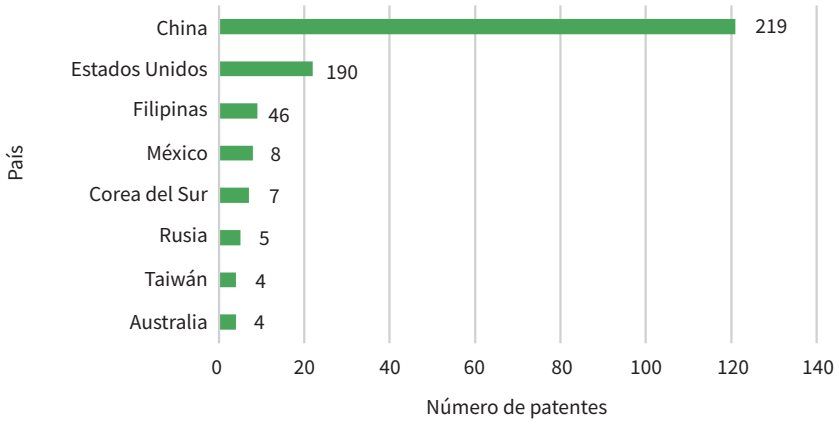
Fuente: Resultados base de datos de patentes Lens (2019)

Durante los últimos tres años, como se observa en la Figura 20, China lidera el desarrollo de productos relacionados con el aguacate, seguido de Estados Unidos y Filipinas. En el caso de China, las patentes se han concentrado en preparaciones para el cuidado de la piel (A61Q19/00); cosméticos o preparaciones similares para el aseo a partir de derivados de aceites, grasas o ceras del aguacate (A61K8/92) y productos dietéticos con extractos de aguacate (A23L33/105).

En el caso de Estados Unidos, las patentes se han orientado a nuevas variedades de aguacate (A01H5/08) y preparaciones medicinales a partir del aguacate (A61K36/54). Finalmente, Filipinas ha centrado sus patentes en productos de panadería terminados o parcialmente terminados (A21D13/00); salsas de aguacate (A23C9/133); colorantes naturales a partir del aguacate (C09B61/00), y procesos generales de teñido o estampado de textiles o procesos generales de teñido de cuero, pieles o sustancias macromoleculares sólidas en cualquier forma, con colorantes a partir del aguacate (D06P1/34).

Figura 20

Principales oficinas de propiedad industrial durante los últimos tres años

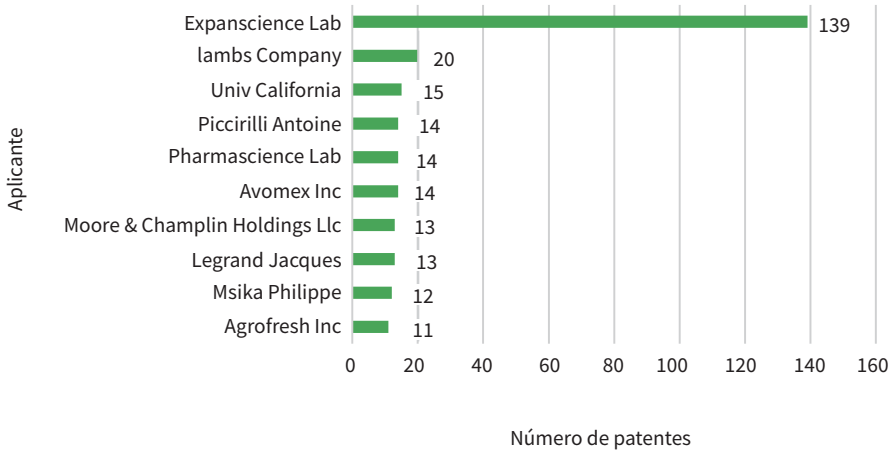


Fuente: Resultados base de datos de patentes Lens (2019)

En cuanto a los principales aplicantes, tal como se observa en la Figura 21, los resultados destacan el liderazgo de Expanscience Laboratories, un laboratorio especializado en dermocosmética, reumatología, salud dental, dermatología y comercialización de activos cosméticos.

Figura 21

Principales aplicantes



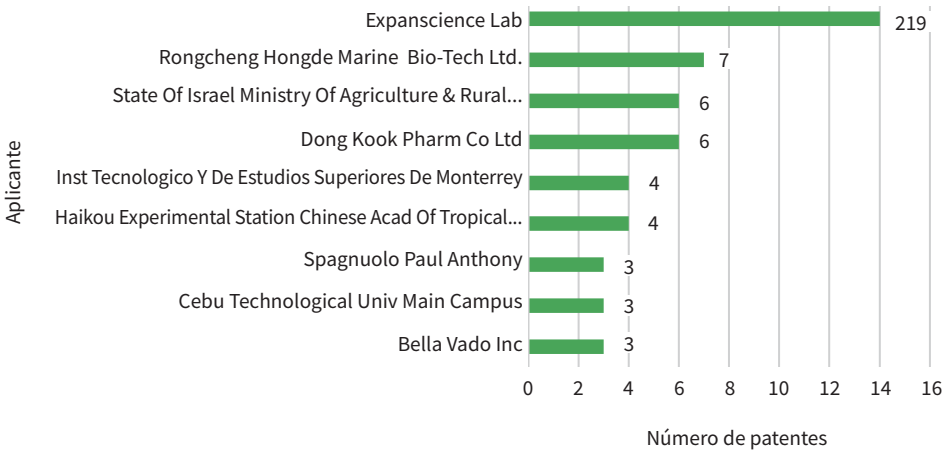
Fuente: Resultados base de datos de patentes Lens (2019)

Durante los últimos tres años, los aplicantes que han liderado el desarrollo de patentes relacionadas al aguacate, tal como se observa en la Figura 22, son Expanscience Laboratories y Rongcheng Hongde Marine Bio-Tech Ltd.

En el caso de Expanscience Laboratories, sus desarrollos se concentran en preparaciones medicinales a partir del aguacate; fármacos para trastornos articulares y agentes antigota, y producción de grasas o aceites grasos de aguacate. Por su parte, Rongcheng Hongde Marine Bio-Tech Ltd. se concentra en desarrollar productos nutracéuticos.

Figura 22

Principales aplicantes durante los últimos tres años



Fuente: Resultados base de datos de patentes Lens (2019)

3.2.4. REVISIÓN TECNOLÓGICA EN COLOMBIA

Para el caso específico de Colombia solo existe una patente relacionada al aguacate (WO/2017/203453) perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia, Hra Uniquímica S.A. y Taco Nacho & Mex S.A.S. aprobada en el año 2017 y enfocada a un proceso para obtener composiciones sólidas a base de aguacate con un alto contenido de sólidos totales provenientes del fruto de aguacate, con alto valor nutricional y seguras desde el punto de vista microbiológico, con color, sabor y aroma propios de la pulpa de aguacate.

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 de aguacate en el departamento del Tolima:

- *Caracterización de las variedades de aguacate presentes en el Tolima:* Las acciones de Investigación y Desarrollo que conduzcan a la definición de las propiedades físicas y químicas, los requerimientos edafoclimáticos, las afectaciones epidemiológicas, el manejo cultural y las prácticas de cosecha

y poscosecha más adecuadas de forma específica para las diferentes variedades de aguacate presentes en el Tolima permitirán un mejor aprovechamiento industrial y comercial del aguacate.

- *Obtención de aceites y grasas para cocinar:* Los aceites vegetales de cocina, mantequillas, margarinas y grasas para untar utilizados tradicionalmente aumentan los niveles de colesterol en el cuerpo, mientras que las grasas monoinsaturadas y poliinsaturadas que contienen los aceites y grasas a base de aguacate tienden a disminuir este indicador.
- *Alimentos nutracéuticos a partir de la obtención de extractos bioactivos de aguacate:* El alto contenido de lípidos, principalmente ácido oleico, y fitoquímicos como vitamina E, carotenoides, polifenoles y luteína, asociados a una fuerte actividad antioxidante, contribuye a mejorar la función cardiaca, la actividad del sistema nervioso, disminuir la inflamación y prevenir enfermedades como cataratas, diabetes y cáncer de próstata. Las acciones articuladas para desarrollar alimentos nutracéuticos a base de las diferentes variedades de aguacate del Tolima contribuirían al aprovechamiento integral del cultivo y a aumentar los márgenes de rentabilidad por generación de valor agregado para este mercado en crecimiento.
- *Productos para la industria cosmética a base de aceite de aguacate extra virgen:* El aumento de la tendencia de los ingredientes naturales en productos cosméticos ha incrementado la demanda de aceite de aguacate extra virgen entre los fabricantes de cosméticos. Este aceite, que tiene un elevado precio en el mercado, contiene ácidos grasos, precursores de colágeno y propiedades antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias, que son beneficiosos para la piel y el cabello, por lo que se deben buscar la innovación en productos para evitar problemas como el enrojecimiento, las arrugas y la psoriasis, cuidar la piel y embellecer el cabello, son acciones tecnológicas que generarían rupturas en la cadena productiva de aguacate, al permitir el aprovechamiento integral del producto y aumentar los márgenes de rentabilidad por generación de valor agregado.
- *Diversificación a través del aprovechamiento del hueso de aguacate:* El potencial de la pepa para elaborar tintas orgánicas y productos descartables como pitillos y cubiertos permite el aprovechamiento integral del aguacate, en el marco del crecimiento del mercado de productos sostenibles.

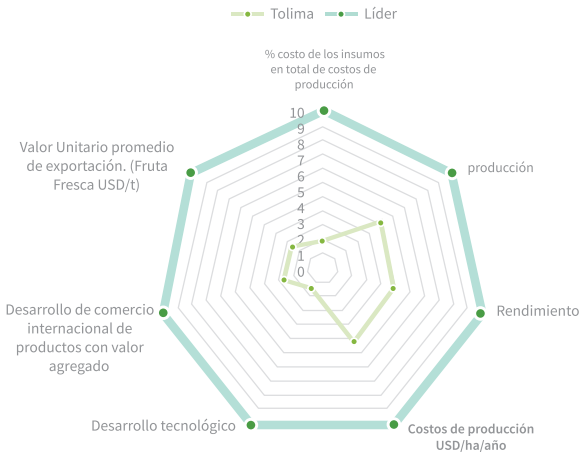
CAPÍTULO

4 ANÁLISIS DE BRECHAS

Con base en la información recopilada en la caracterización de la cadena productiva de aguacate 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: porcentaje del costo de los insumos en el total de los costos de producción, rendimiento, producción, desarrollo tecnológico, 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 de aguacate en el Tolima con respecto al líder mundial



Fuente: Elaboración propia

En México, el 31% de los costos de producción corresponde a insumos, mientras que en Colombia, este es el rubro que mayor peso ejerce, con más del 60% sobre el total (Agronet, 2019). La producción a nivel mundial es liderada por México con 2.029.886 t, mientras que en el Tolima, este indicador es de 66.000 t (Agronet, 2019; FAO, 2019).

México es líder mundial en tres aspectos: área sembrada, producción y exportación. Este país tiene condiciones agroclimáticas óptimas (temperatura, luminosidad y suelo) para la producción constante de diversas variedades como Booth 7, Booth 8, Hass, Choquette, Edranol, Fuerte, Grana, Bacon, Criollo, Wurtz, Lula, Rincón hall, y raza mexicana. El comercio de este fruto a más de 160 países del mundo es posible gracias al cumplimiento de los requisitos de sanidad e inocuidad impuestos por cada nación a la que se exporta (Mordor Intelligence, 2020).

Además, el estatus fitosanitario brinda a los productores la oportunidad de comercializar su producto en condiciones más favorables en mercados nacionales e internacionales, gracias a las buenas prácticas basadas en labores de investigación y desarrollo en manejo de diferentes plagas y enfermedades como los Trips, *Stenoma Catenifer*, moscas blancas, gorgojos, lepidópteros, etc.

La ventaja de México frente a otros productores es que el aguacate mexicano puede llegar a Estados Unidos en cuestión de días, lo que hace muy ágil su distribución. Varias empresas mexicanas aprovechan esta ventaja para colocar con éxito esta fruta y otros derivados como la pulpa congelada en el mercado norteamericano.

El país que presenta mayor rendimiento en producción de aguacate es República Dominicana, con 46,3 t/a, mientras que en Colombia, este indicador llega a 10 t/ha. El departamento del Tolima no está muy lejos del promedio nacional, con un total de 9 t/ha (Agronet, 2019; FAO, 2019).

República Dominicana es líder en rendimiento, ya que la cadena productiva de aguacate en este país se caracteriza por un alto nivel de tecnificación y desarrollo empresarial (FAO, 2019). El país tiene una ventaja endógena: gracias a sus diferentes zonas de producción, altitudes y variedades, dispone de aguacate durante todo el año. Algunas de las mejores prácticas identificadas que contribuyen al liderazgo en rendimiento de este país son (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2017; Nova, 2019):

- Determinación de la variedad de aguacate a sembrar a partir del análisis de la pluviometría del terreno y su temperatura.
- El uso de semillas criollas y de producción propia.
- Viveros con alta capacidad de almacenamiento (hasta de 300 mil plantas).
- Mano de obra con conocimiento y experiencia suficiente para siembra y producción, con contratación directa.
- Proceso productivo que incluye clasificación de semillas, traslado a germinadero, plantación, injertación, aplicación de protector solar para evitar que las hojas se quemen, traslado a campo naviero, traslado a la zona de plantación, siembra y reafirmación de la planta.
- A la hora de hacer la plantación, se realizan levantamientos de tierra que se forman para sembrar la planta, a través de hoyos de unos 30 a 40 cm de profundidad, aplicando fertilizante en el fondo (por lo general una fórmula rica en fósforo).
- La reafirmación de la planta se realiza asegurando que no queden cámaras de aire, que causan la muerte de las raíces.
- En el país se ha caracterizado el perfil nutricional y de mercado de diferentes tipos de variedades de aguacates como Semil 34, Hass, Popenoe, Simmonds, Pollock, Doctor Dupoi y Carla. En este proceso se han identificado, por ejemplo, aguacates criollos con bajo contenido de aceite que pueden promocionarse en los mercados especiales como aguacate “Light”.
- Actualmente, los eslabones de la cadena productiva de aguacate están gestionando varios proyectos de producción de aceite de aguacate y de procesamiento como producto ultracongelado, así como la extracción de diferentes subproductos para la elaboración de pinturas y cosméticos, con el fin de alcanzar un aprovechamiento integral del cultivo.

En cuanto a los costos de producción por hectárea al año, en México equivalen a USD 5.576. En Colombia esta cifra asciende a USD 6.490. En promedio, cada

año los costos de producción en el país aumentan en un 5% hasta el año 7, a partir del cual se estabilizan (Agronet, 2019).

Los países más eficientes en costos a nivel mundial son Kenia, Sudáfrica, Perú y México. Sin embargo, por su capacidad en producción por volumen, México, Chile y Perú seguirán siendo los países líderes para el abastecimiento de aguacates, con ventajas competitivas como el arbitraje de precios y la flexibilidad, en términos de especificaciones de calidades y volúmenes de aguacates (Mordor Intelligence, 2020).

En cuanto al desarrollo tecnológico basado en la dinámica de patentamiento, se evidencia el liderazgo de China a nivel mundial (219 patentes), durante los últimos tres años, se ha concentrado en desarrollar preparaciones para el cuidado de la piel, cosméticos y productos similares para el aseo a partir de derivados de aceites, grasas o ceras del aguacate y productos dietéticos con extractos de aguacate (Web of Science, 2019).

Es evidente que una de las debilidades del país es la transformación. Colombia exporta un total de 30.009 t de aguacate en fresco, mientras que aceite de aguacate, grasas y aceites vegetales se exporta un total de 351 t, en este aspecto India es el país líder con 628.473 t (Trade Map, 2019).

Además del bajo valor agregado que se genera en Colombia, el valor unitario promedio de exportación tampoco compensa esta limitante. Mientras el país exporta a USD 2.090 por tonelada, Noruega lo hace a USD 4.669 (Trade Map, 2019). En la Tabla 20 se muestra el consolidado de brechas para los diferentes indicadores de la cadena productiva de aguacate.

Tabla 20

Consolidación de brechas de la cadena productiva de aguacate

% costo de los insumos en total de costos de producción			
Condición local (Colombia)	**Condición en país líder (México)**	**Valoración**	**Brecha**
69%	31,6%	2	8
Rendimiento			
Condición local (Tolima)	**Condición en país líder (República Dominicana)**	**Valoración**	**Brecha**
9 t/ha	46.3 t/ha	5,2	4,8
Costos de producción USD/ha/año			
Condición local (Colombia)	**Condición en país líder (México)**	**Valoración**	**Brecha**
6.490	5.576	5,4	4,6

% costo de los insumos en total de costos de producción			
Condición local (Colombia)	**Condición en país líder (México)**	**Valoración**	**Brecha**
Desarrollo tecnológico			
Condición local (Colombia)	**Condición en país líder (China)**	**Valoración**	**Brecha**
Conservación o maduración química de frutas u hortalizas	Repelentes de plagas o atrayentes, o reguladores del crecimiento de plantas que contienen microorganismos, virus, hongos microbianos, enzimas, fermentados o sustancias. Preparaciones puestas en contacto directo con la piel para brindar protección contra influencias externas, por ejemplo, luz solar, rayos X u otros rayos dañinos, materiales corrosivos, bacterias o picaduras de insectos. Uso específico de cosméticos o productos de higiene similar. Preparaciones para el cuidado del cabello. Preparaciones de maquillaje. Polvos para el cuerpo. Preparaciones para quitar el maquillaje.	1,47	8,53
Desarrollo de comercio internacional de productos con valor agregado			
Condición local (Colombia)	**Condición en país líder (India)**	**Valoración**	**Brecha**
Aceite de aguacate, grasas y aceites vegetales fijos: 351 t	Aceite de aguacate, grasas y aceites vegetales fijos: 628.473 t	2,6	7,4
Valor unitario promedio de exportación (Fruta Fresca USD/t)			
Condición local (Colombia)	**Condición en país líder (Noruega)**	**Valoración**	**Brecha**
2.090 USD	4.669 USD	2,67	7,33

Fuente: Elaboración propia

Colombia y el departamento del Tolima tienen la oportunidad de disminuir las brechas descritas anteriormente a través de acciones de investigación y desarrollo para la mejora de las prácticas agrícolas por medio de tecnologías emergentes que conduzcan a la disminución de los costos, el aumento de los rendimientos por hectárea y la producción de bienes a base de aguacate con valor agregado para las industrias alimenticia, cosmética y farmacéutica, tomando como ejemplo las prácticas de cosecha y poscosecha implementadas en República Dominicana y las acciones de desarrollo tecnológico en China y haciendo uso eficiente de las técnicas de nutrición y de manejo integrado de plagas y enfermedades para reducir su impacto en la estructura de costos.

CAPÍTULO

5 PLAN PROSPECTIVO DE CARÁCTER TECNOLÓGICO CON ESCENARIOS DEFINIDOS EN EL MEDIANO Y LARGO PLAZO PARA LA CADENA DE AGUACATE

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 entorno departamental.

5.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Con base en el análisis de la información recopilada en las etapas de caracterización de la cadena, vigilancia tecnológica y análisis de brechas, se logró establecer un total de 20 variables que inciden en el comportamiento de la cadena productiva de aguacate 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 21 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 21

Consolidación de limitantes y oportunidades para la cadena de aguacate según los diferentes eslabones

Eslabón que influye	Oportunidades y limitaciones relacionadas	Nombre de la variable
	Variables tecnológicas	
Producción	**Limitaciones:** El cultivo del aguacate se encuentra expuesto actualmente a enfermedades como marchitamiento y pudrición de la raíz, plagas como los lepidópteros, los coleópteros, la mosca blanca y oomicetos como la *Phytophthora.* Los costos de control de estas enfermedades son elevados y su prevención e identificación presentan dificultades. **Oportunidades:** Identificación de paquetes tecnológicos pertinentes para la detección temprana y el tratamiento de plagas y enfermedades en cosecha y poscosecha.	Identificación temprana y manejo integrado de plagas y enfermedades
Producción	**Limitaciones:** El problema del balance hídrico está asociado a la variabilidad climática y a la implementación de sistemas de producción en lugares marginales. **Oportunidades:** Investigación en distribución actual y futura de los sistemas productivos. Investigación y Desarrollo en efectos del cambio climático en suelos y aguas.	Investigación y Desarrollo de tecnologías para la eficiencia en el uso del agua
Producción	**Limitaciones:** Costo, transferencia tecnológica, adopción y conectividad de tecnologías de la información y la comunicación aplicadas al cultivo. **Oportunidades:** Sistemas de información, localización y georreferenciación para la toma de decisiones y monitoreo de variables climáticas para el control del cultivo. Diseño de dispositivos electrónicos para la alerta temprana de enfermedades como el marchitamiento (Ramírez-Gil et al., 2018)	Tecnologías de Big Data e IoT para monitoreo y predicción de variables del cultivo

Eslabón que influye	Oportunidades y limitaciones relacionadas	Nombre de la variable
Producción	**Limitaciones:** Pérdidas relacionadas a malas prácticas de recolección (estimación del índice de cosecha). La altura del árbol dıficulta la cosecha y aumenta las pérdidas hasta un 25 - 30%. Baja aplicación de podas sistemáticas para sostenimiento de los árboles. **Oportunidades:** Reducción de pérdidas por daños en frutos. Acceso a mercados diferenciados. Tecnologías para mejorar el manejo en cosecha.	Investigación, Desarrollo e innovación en manejo en producción y cosecha
Transformación	**Limitaciones:** Falta de homogeneidad en la clasificación del fruto según la madurez. **Oportunidades:** Tecnologías para selección de frutos, limpieza y desinfección.	Investigación, Desarrollo e innovación en limpieza, desinfección y selección
Comercialización	**Limitaciones:** Daños mecánicos en el fruto y disminución de la vida útil debido a la acumulación de agua condensada dentro del empaque, entre otros factores. **Oportunidades:** Empaques para controlar la humedad y otras variables que disminuyen la vida útil del fruto.	Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para el mejoramiento de los empaques y recubrimientos
Comercialización	**Limitaciones:** Dificultad para llegar a los mercados distantes geográficamente. Incumplimiento de barreras no arancelarias. **Oportunidades:** Mejora de las técnicas de almacenamiento y transporte para preservar la vida útil y la calidad del fruto, evitando desórdenes fisiológicos (lenticelosis, pardeamiento, pudrición, antracnosis y moho).	Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para almacenamiento y transporte
Transformación	**Limitaciones:** Escasa investigación sobre las potencialidades de transformación y composición de las variedades locales de aguacate. Falta de maquinaria y equipo para la transformación. **Oportunidades:** Desarrollo de productos dietéticos y veganos a base de aguacate. Bebidas funcionales alcohólicas por fermentación y no alcohólicas. Harina, jarabe, mantequilla, mayonesa y jugo en polvo de aguacate, guacamole y otras preparaciones.	Desarrollo de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia

Eslabón que influye	Oportunidades y limitaciones relacionadas	Nombre de la variable
Transformación	**Limitaciones:** Escasa investigación sobre las propiedades de las variedades locales de aguacate para las industrias cosmética y farmacéutica. Falta de maquinaria y equipo para la transformación. **Oportunidades:** Extractos bioactivos para la elaboración de productos para el cuidado de la piel y el cabello. Propiedades nutracéuticas del aguacate para la industria farmacéutica.	Desarrollo de productos de alto valor agregado para las industrias cosmética y farmacéutica
Transformación	**Limitaciones:** Desaprovechamiento de los residuos (cáscara, hueso, hojas y/o "descartes"). No hay disponibilidad de infraestructura productiva para absorber los excedentes que no son demandados por los mercados de aguacate fresco. **Oportunidades:** Los consumidores demandan productos resultantes de procesos de economía circular o simbiosis industrial. Aprovechamiento del aguacate dañado por condiciones inadecuadas de manejo poscosecha para la elaboración de biocombustibles a partir de los ácidos orgánicos. Procesamiento de los huesos del aguacate para su transformación en polietileno (plástico) y producción de bolsas, pitillos y cubiertos, entre otros. Producción de tintes a base de semilla de aguacate. Obtención de extractos bioactivos antioxidantes.	Investigación y Desarrollo en el aprovechamiento de subproductos para la obtención de productos con valor agregado
Comercialización	**Limitaciones:** Baja implementación de mecanismos/herramientas que faciliten el contacto directo entre productor y cliente en el proceso de comercialización y exportación. **Oportunidades:** Mecanismos tecnológicos de acercamiento entre el productor o asociación local y el cliente extranjero.	Plataformas integrales de comercialización directa entre productor-cliente
Producción	**Limitaciones:** Escasa Investigación y Desarrollo tecnológico en el mejoramiento genético. **Oportunidades:** Desarrollo de variedades mejoradas adaptadas a las condiciones agroecológicas que faciliten el manejo y calidad en los frutos.	Investigación y Desarrollo de genotipos adaptados a las condiciones agroecológicas de la Región
Producción	**Limitaciones:** Uso excesivo de agroquímicos. **Oportunidades:** Uso de productos orgánicos para la fertilización y eliminación de plagas y enfermedades. Patrones de manejo con agricultura de precisión.	Investigación y Desarrollo en procesos productivos para la obtención de aguacate orgánico

Eslabón que influye	Oportunidades y limitaciones relacionadas	Nombre de la variable
	Variables no tecnológicas	
Producción	**Limitaciones:** Escasez de semillas certificadas. Baja uniformidad de los cultivos. Dificultad para el logro de la estandarización. **Oportunidades:** Alternativas tecnológicas para el control de los estándares de implementación de sellos de calidad como Buenas Prácticas Agrícolas - BPA y Global GAP.	Adopción de estándares y certificaciones de calidad voluntarios
Producción	**Limitaciones:** Cultivos de mediano rendimiento. Alto costo de la semilla. **Oportunidades:** Tecnologías para el aumento de la eficiencia en el proceso productivo.	Optimización de los costos de producción
Producción	**Limitaciones:** Escasez de mano de obra especializada. Envejecimiento de la mano de obra. Migración de los jóvenes a las ciudades en busca de mejores oportunidades de empleo. **Oportunidades:** Tecnificación del campo como atractivo para los *millennials y centennials.*	Disponibilidad de mano de obra
Producción	**Limitaciones:** Bajo grado de asociatividad entre los productores. Limitada integración de la cadena de suministro. Agricultores sin visión de empresa. **Oportunidades:** Vigilancia sanitaria a los predios exportadores. Asociaciones fuertes con músculo financiero para exportar directamente.	Desarrollo empresarial
Comercialización	**Limitaciones:** Intermediación en la compraventa de aguacate. Dificultades logísticas. **Oportunidades:** Megatendencia "comercio justo". Centrales de acopio y transformación del aguacate ubicadas estratégicamente.	Comercialización interna
Comercialización	**Limitaciones:** Desconocimiento de los productores con respecto a las exigencias de calidad del producto dirigido a la exportación. Pocas unidades productivas con registro de predio exportador. **Oportunidades:** Competencia por calidad y diferenciación.	Capacidad exportadora
Transformación	**Limitaciones:** Escaso acceso de los productores a maquinaria y equipo para la mediana industria (transformación). **Oportunidades:** Procesos de I+D+i en generación de valor agregado vinculando a los productores con la academia.	Acceso de medianos productores a tecnología para la agregación de valor

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 22), 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 22

Definición y estado actual de las variables identificadas

Nombre de la variable	Definición de la variable	Estado actual
Identificación temprana y manejo integrado de plagas y enfermedades	Tecnologías para evitar las pérdidas por plagas y enfermedades que atacan el cultivo de aguacate y limitan el acceso de la fruta a los mercados externos.	Actualmente el cultivo de aguacate en el Tolima se ve afectado, especialmente, por la antracnosis y la lenticelosis. Las principales plagas son los Trips, los pasadores o perforadores del fruto *(Heilipus lauri, Heilipus trifasciatus y Stenoma catenifer)* y los chinches. Una de las enfermedades más preocupantes es la marchitez por *Phytophthora cinnamomi y Verticillium sp.,* entre otros factores bióticos y abióticos, que ha crecido rápidamente en los cultivos de aguacate en Colombia. En ese sentido a nivel nacional, se han realizado acciones de investigación para mitigar las consecuencias del cambio climático en la prevalencia de esta enfermedad, basados en la selección adecuada de genotipos, nuevas herramientas para plantar y manejo en cosecha (Henao-Rojas et al., 2020). Se ha estudiado, además, la distribución y el manejo de árboles infectados por el *oomicete Phytophthora* (Ramírez-Gil et al., 2017; Ramírez-Gil y Peterson, 2019). Por otro lado, Ramírez-Gil y Henao-Rojas (2019) han definido diferentes criterios en cosecha que contribuyen a evitar enfermedades en poscosecha como la lenticelosis causada por factores bióticos y abióticos (Ramírez-Gil y Henao-Rojas, 2019; Ramírez-Gil y Morales-Osorio, 2020). Las plagas cuarentenarias representan una restricción para la exportación. El departamento requiere de investigación encaminada a la solución de problemas de identificación, monitoreo y manejo para la comunidad. Por otro lado, es necesario buscar el bienestar y la seguridad del producto para responder a las exigencias del mercado con aplicaciones menos frecuentes de agroquímicos, así como buscar alternativas más sostenibles como el manejo de las enfermedades con microorganismos.

Nombre de la variable	Definición de la variable	Estado actual
Investigación y Desarrollo de tecnologías para la eficiencia en el uso del agua	Tecnologías para el uso eficiente del agua, teniendo en cuenta el consumo hídrico del cultivo.	Se requieren trabajos de fenología para identificar oportunidades en disponibilidad de agua, así como investigación en acciones para el manejo hídrico, en función de la variedad de aguacate. Los requerimientos de variedades como el Hass, que se cultiva en climas fríos son moderados, mientras que en aguacates de clima cálido como el Lorena, hay problemas por escasez de agua. La mayoría de los cultivos no cuenta con sistemas de riego y drenaje. La siembra en condiciones de humedad afecta la productividad de los cultivos, ya que una planta sembrada en un terreno húmedo muere. En Colombia se han realizado labores de investigación relevantes relacionadas con modelamiento de nichos ecológicos para estimar los requerimientos ambientales de aguacate Hass, con base en la relación entre las ocurrencias geográficas conocidas y las condiciones del ambiente, con el fin de establecer la geografía potencial y productividad de los cultivos (Ramírez-Gil et al., 2018). Así mismo, se ha investigado sobre la distribución actual y futura del aguacate Hass, teniendo en cuenta el impacto del cambio climático (Ramírez-Gil et al., 2019).
Tecnologías de Big Data e IoT para monitoreo y predicción de variables del cultivo	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 para controlar y predecir variables del cultivo.	Esta tecnología es incipiente en el cultivo de aguacate en el Tolima. A nivel nacional, los principales avances en el cultivo de aguacate se centran en la identificación de nichos agroecológicos óptimos de producción según la información disponible (Agrosavia, 2017) .En este sentido, se han desarrollado investigaciones para la estimación de la distribución geográfica potencial de los cultivos a través del modelamiento de nicho ecológico con información derivada de imágenes satelitales multitemporales y modelos digitales de elevación (Ramírez-Gil et al., 2018). Por otro lado se han realizado labores de I+D+i en dispositivos electrónicos para la detección temprana del marchitamiento y el monitoreo de variables climáticas (Ramírez-Gil et al., 2018; Ramírez-Gil y Peterson, 2019).

Nombre de la variable	Definición de la variable	Estado actual
Investigación, Desarrollo e innovación en manejo en producción y cosecha	Tecnologías para mejorar la estimación del índice de cosecha y la poda, entre otros factores, para evitar las pérdidas relacionadas a malas prácticas de recolección.	Las buenas prácticas en poda son fundamentales para el adecuado desarrollo del cultivo, y dependen de cada especie. Como en los cultivos en topografías pendientes, la cosecha se realiza de forma manual, las características organolépticas dependen de una adecuada recolección (por lo que el estado de los aditamentos, herramientas, equipos y máquinas pequeñas utilizadas es fundamental) y estimación del índice de cosecha. Actualmente, el indicador de recolección o índice de cosecha se determina a través de prácticas empíricas y en cultivos más tecnificados, específicamente de aguacate Hass para exportación, a través de pruebas de materia seca (que debe estar entre 22% y 29% para la maduración). El departamento requiere métodos físicos y químicos para aumentar la eficiencia y exactitud de la determinación del índice de cosecha para las diferentes variedades. Así mismo, en el Tolima no se conoce el área sembrada de aguacate Hass, y no se han caracterizado las diferentes variedades de aguacates presentes, su ubicación, ni las edades de los cultivos. Así mismo, es necesario conocer la fenología y adaptar los suplementos nutricionales tradicionales e innovadores y las podas a las etapas de desarrollo.
Investigación, Desarrollo e innovación en limpieza, desinfección y selección	Tecnologías para selección de frutos según el grado de madurez, para limpieza y desinfección.	Se hace desinfección a través de un lavado con procloraz, para realizar un posterior secado, empacado y llevado a frío. A mediano plazo, este producto se encuentra en riesgo de ser prohibido, por lo que es prioritario buscar nuevas alternativas para el manejo en poscosecha. En la Unión europea, por ejemplo, la autorización del uso de la sustancia activa procloraz expirará el 31 de diciembre de 2021, por lo que se está trabajando en la investigación de posibles fungicidas sustitutivos (Unión Europea, 2019).
Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para el mejoramiento de los empaques y recubrimientos	Soluciones para controlar la humedad y otras variables que disminuyen la vida útil del fruto.	Ramírez-Gil y Henao-Rojas (2019) dividen las características de percepción de calidad del aguacate en tres tipos: físicas (tamaño, peso, etc.), químicas (riqueza metabólica del fruto relacionada con el perfil lipídico y el contenido de triterpeno y vitamina E) y microbiológicas (presencia de hongos, mohos o levaduras). En este sentido, los empaques y recubrimientos son fundamentales para garantizar la calidad en poscosecha, evitando problemáticas como la lenticelosis causada por factores bióticos y abióticos y defectos en forma y color. Actualmente a nivel departamental, los esfuerzos de investigación en este tema son escasos.

Nombre de la variable	Definición de la variable	Estado actual
Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para almacenamiento y transporte	Mejora de las técnicas de almacenamiento y transporte para preservar la vida útil y la calidad del fruto.	Luego de la recolección, el aguacate debe tener una temperatura óptima de maduración. Si se madura a temperatura muy alta o baja, el sabor no es igual. Por tanto, el departamento requiere investigación y desarrollo en tecnologías para manejo de temperatura, humedad relativa y extractores de etileno, ya que actualmente en las plantas no se conocen y aplican las temperaturas ideales de maduración. El transporte a nivel nacional se realiza en bultos y canastillas, siendo estas últimas la mejor opción para evitar daños en poscosecha. A nivel departamental, en cuanto a prácticas de embalaje, las empacadoras manejan cajas de 4 y 10 kg para exportación, mientras que para mercado local se utilizan, mayoritariamente, enmallados. Ramírez-Gil et al. (2020) han investigado sobre las principales causas de rechazo de aguacate por daños en las etapas de almacenamiento y transporte, que incluyen malformaciones, deficiencias nutricionales, defectos mecánicos, daños y desórdenes ambientales, cuantificando el impacto económico para las empacadoras.
Desarrollo de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia	Elaboración de productos a base de aguacate como bebidas funcionales, mantequilla, mayonesa, jugo en polvo, guacamole y alimentos nutracéuticos.	Actualmente, el Tolima no cuenta con plantas procesadoras de aguacate, que tienen un alto costo en el mercado, requiriendo una alta inversión. Hay una gran oportunidad en la industria alimenticia, ya que los mercados internacionales demandan grandes cantidades de productos de valor agregado, siendo los principales el guacamole y los aceites.
Desarrollo de productos de alto valor agregado para las industrias cosmética y farmacéutica	Aprovechamiento de los extractos bioactivos del aguacate para la elaboración de productos de belleza para el cuidado de la piel y el cabello.	La tecnología requiere una alta inversión para mercados de nicho. Hay requerimientos en investigación de las propiedades cosméticas y farmacéuticas de los cientos de variedades que posee el departamento.
Investigación y Desarrollo en el aprovechamiento de subproductos para la obtención de productos con valor agregado	Aprovechamiento de residuos de aguacate para la alimentación animal, biocombustibles y productos como tintes y envases desechables.	Gran porcentaje del aguacate consiste en pepa y cáscara. Actualmente, la mayoría se está desperdiciando en el cultivo al ser tratado como residuo. En el departamento se han utilizado con éxito estos subproductos en la alimentación de cerdos y conejos.

Nombre de la variable	Definición de la variable	Estado actual
Plataformas integrales de comercialización directa entre productor-cliente	Instrumentos digitales que actúan como puente para el contacto directo entre el productor y el cliente para mejorar las condiciones de negociación.	En el Tolima se requiere un sistema de información ágil y oportuno para los productores y los demás eslabones de la cadena.
Investigación y Desarrollo de genotipos adaptados a las condiciones agroecológicas de la Región	Mejoramiento genético a través del desarrollo de variedades con alta adaptabilidad a un ambiente específico.	Actualmente, el desarrollo de genotipos es un tema prioritario para la investigación, ya que el sistema productivo no ha identificado un portainjerto con características genéticas, sanitarias y fisiológicas, con evaluaciones en campo. El portainjerto influye directamente sobre la eficiencia productiva y la calidad del producto final. Así mismo, es necesario encontrar patrones y yemas de la región con alta productividad y que no generen alternancia de producción.
Investigación y Desarrollo en procesos productivos para la obtención de aguacate orgánico	Procesos para la fertilización orgánica y eliminación de plagas y enfermedades sin usar productos de síntesis química.	A pesar de ser tendencia mundial, la investigación en formas de producción orgánica de aguacate es escasa en el Tolima.
Adopción de estándares y certificaciones de calidad voluntarios	Certificaciones Global GAP, Buenas Prácticas Agrícolas - BPA y predio exportador.	En el Tolima, por normatividad, las plantas comercializadoras de aguacate que exportan exigen a sus socios comerciales la certificación de predio exportador, por lo que esta es un requisito fundamental para que los productores aprovechen la gran oportunidad de entrar en mercados extranjeros. Además de las BPA, el Global GAP y el predio exportador, los sellos Rainforest Alliance - UTZ son un valor agregado para el producto, así como la trazabilidad. El valor de la certificación de predio exportador cuesta entre 7 y 8 millones de pesos, por lo que el pequeño productor no cuenta con los recursos suficientes para certificarse.
Optimización de los costos de producción	Disminución de los costos del proceso productivo.	Al año 2017, la mano de obra representa el 20% de los costos de producción, y los insumos, equipos y herramientas, el 69%. En este rubro se encuentran incluidos los costos relacionados con sistema de riego, fertilización y manejo integrado de plagas. El restante 11% corresponde a costos indirectos (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). En el departamento, es necesario gestionar políticas que permitan el acceso a insumos y fertilizantes más baratos.

Nombre de la variable	Definición de la variable	Estado actual
Disponibilidad de mano de obra calificada	Talento humano calificado disponible para el proceso productivo.	La generación de empleo asociada a la cadena productiva de aguacate presenta una tendencia al alza año tras año, relacionada con el incremento de los indicadores de producción y exportación, promoviendo la consolidación del sector económico. La capacitación de la mano de obra en cosecha es fundamental para asegurar la calidad del producto.
Desarrollo empresarial	Cultura agroempresarial, fortalecimiento de los gremios, articulación de los eslabones de la cadena e integración entre productores e industria.	El departamento del Tolima cuenta con múltiples asociaciones agrupadas en la Federación Paltolima, donde se desarrollan estrategias para la comercialización interna y externa, el manejo adecuado del cultivo. La Asociación Nacional de Comercio Exterior, ANALDEX y la Asociación Hortifrutícola de Colombia, ASOHOFRUCOL, fortalecen la asistencia técnica para la certificación de predios aguacateros de los municipios del norte del Tolima.
Comercialización interna	Condiciones de comercialización en Colombia.	Actualmente, en el mercado nacional hay gran cantidad de intermediarios y el margen de ganancia para el agricultor es menor que en el mercado de exportación. Aunado a ello, el aguacate de contrabando de Venezuela (donde el cultivo del aguacate está subsidiado) afecta los precios.
Capacidad exportadora	Competencia para optimizar la oferta exportable.	El departamento del Tolima se consolida a nivel nacional como el territorio que registra la mayor área sembrada y producción de aguacate del país. El aguacate de las plantas seleccionadoras del Tolima en Guayabal está siendo exportado desde el 2018 a la Unión Europea y Canadá, con miras a Corea, Arabia y China. Así mismo, se presenta una ventana exportadora, ya que el departamento cuenta con aguacate para abastecer a los países importadores (cosecha de septiembre a diciembre).
Acceso de medianos productores a tecnología para la agregación de valor	Capacidad de los medianos productores de acceder a conocimiento, maquinaria y equipo para la industria.	Las tecnologías de transformación de aguacate son actualmente muy costosas y de bajo acceso para este rango de productores.

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 los factores críticos, se definieron dos criterios: impacto en el desempeño y 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

- 1= Previsibilidad casi nula
- 2= Previsibilidad muy baja
- 3= Previsibilidad elevada
- 4= Previsibilidad muy elevada

Grado de Impacto

- 0= No tiene impacto
- 1= Impacto casi nulo
- 2= Impacto muy bajo
- 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 serán aquellos con mayor nivel de impacto en el desempeño y menor previsibilidad[2] sobre el comportamiento futuro de la misma. En la Tabla 23, se presentan los resultados obtenidos en el instrumento de priorización de factores críticos según impacto en función de la previsibilidad aplicado a los expertos.

Tabla 23

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	Grado de impacto	Grado de impacto
Identificación temprana y manejo integrado de plagas y enfermedades (TECPLA)	3,55	3,3	3,8	10,65	1,00
Investigación y Desarrollo de tecnologías para la eficiencia en el uso del agua (TEUSAG)	2,95	3,15	3,3	9,40	1,40
Tecnologías de Big Data e IoT para monitoreo y predicción de variables del cultivo (BIGIOT)	2,85	3,2	3,15	9,20	1,35
Investigación, Desarrollo e innovación en manejo en producción y cosecha (INNOCOSE)	3,75	3,7	3,6	11,05	0,80
Investigación, Desarrollo e innovación en limpieza, desinfección y selección (LIMPDES)	3,11	3,00	3,16	9,26	0,89
Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para el mejoramiento de los empaques y recubrimientos (TECEMPA)	2,95	2,74	3,32	9,00	1,05

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	Grado de impacto	Grado de impacto
Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para almacenamiento y transporte (ALMATRA)	3,21	3,00	3,42	9,63	1,32
Desarrollo de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia (ALIMEN)	3,7	3,35	3,35	10,40	0,85
Desarrollo de productos de alto valor agregado para las industrias cosmética y farmacéutica (COSMECEU)	3	2,8	2,75	8,55	1,50
Investigación y Desarrollo en el aprovechamiento de subproductos para la obtención de productos con valor agregado (SUBPRO)	3,2	3,15	2,8	9,15	1,40
Plataformas integrales de comercialización directa entre productor-cliente (PLATCOME)	3,6	3,5	3,2	10,30	1,20
Investigación y Desarrollo de genotipos adaptados a las condiciones agroecológicas de la Región (GENOAGRO)	2,6	2,9	3,05	8,55	1,55

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	Grado de impacto	Grado de impacto
Investigación y Desarrollo en procesos productivos para la obtención de aguacate orgánico (AGUAORGA)	3,25	3,15	3,25	9,65	1,55
Adopción de estándares y certificaciones de calidad voluntarios (CALIDAD)	3,6	3,25	3,35	10,20	1,30
Optimización de los costos de producción (COSTPROD)	3,3	3,3	3,15	9,75	1,55
Disponibilidad de mano de obra (MANOBRA)	3,05	3,21	2,95	9,21	1,68
Desarrollo empresarial (DEMPRES)	3,42	3,32	3,11	9,84	1,42
Comercialización interna (COMERINT)	2,74	2,84	2,74	8,32	1,63
Capacidad exportadora (CAPAEXPOR)	3,42	3,16	3,26	9,84	1,11
Acceso de medianos productores a tecnología para la agregación de valor (TECAGREGA)	3,25	3,25	3,1	9,60	1,60

Fuente: Elaboración propia

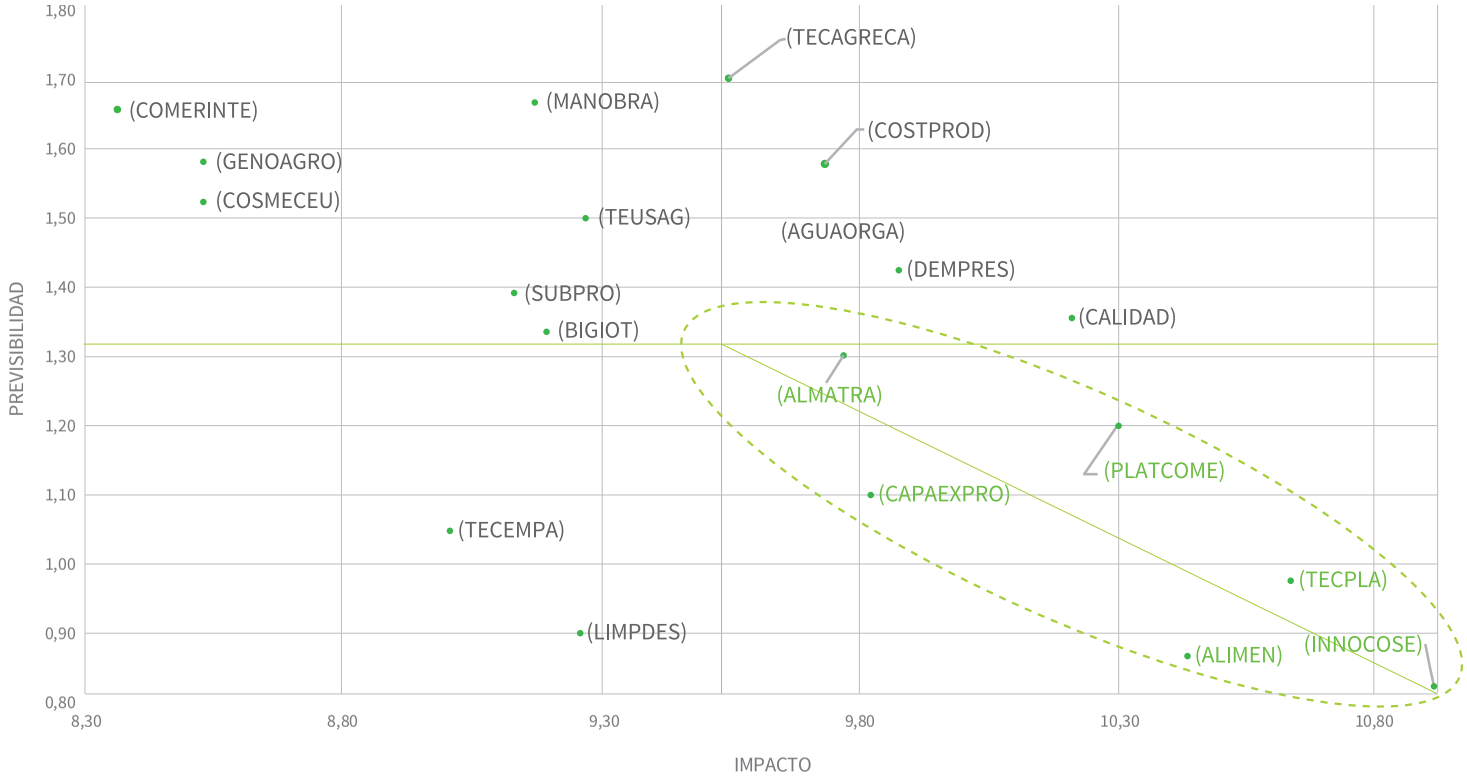
5.4. PLANO DE PRIORIZACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS SEGÚN IMPACTO EN FUNCIÓN DE LA PREVISIBILIDAD

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 se consideran 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 de aguacate en el departamento:

- Investigación, Desarrollo e innovación en manejo en producción y cosecha (INNOCOSE)
- Identificación temprana y manejo integrado de plagas y enfermedades (TECPLA)
- Desarrollo de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia (ALIMEN)
- Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para almacenamiento y transporte (ALMATRA)
- Capacidad exportadora (CAPAEXPOR)
- Plataformas integrales de comercialización directa entre productor-cliente (PLATCOME)

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) (Figura 25). La lectura es la siguiente:

Las acciones de I+D+i en identificación temprana y manejo integrado de plagas y enfermedades y en manejo en cosecha, les permitirán a los productores de aguacate del departamento obtener frutos sanos, homogéneos y en óptimas condiciones para su transformación en productos de alto valor agregado para la industria alimenticia y aprovechar los subproductos como materia prima intermedia para otras industrias. Lo anterior mejorará la capacidad exportadora de la cadena, siempre y cuando se desarrollen procesos de investigación e innovación en tecnologías para el almacenamiento y transporte, tanto de productos en fresco como transformados y la implementación de plataformas integrales de comercialización directa entre productores y clientes que elimine los intermediarios y aumente los márgenes de ganancia.

Figura 25

Sintaxis lógica de las variables estratégicas priorizadas para la cadena de aguacate

Fuente: Elaboración propia

5.6. ESCENARIOS AL AÑO 2030 PARA LA CADENA DE AGUACATE

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 de la capacidad de las partes involucradas de alcanzar consensos, desde una posición proactiva en el presente para efecto en el futuro.

La construcción de escenarios alternativos para la evolución científico - tecnológica de la cadena productiva de aguacate 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 anteriormente, 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 24, permitiendo explorar de manera sistemática las diferentes combinaciones de escenarios de carácter tecnológico para la cadena (Godet y Durance, 2007; Mojica, 2005).

Tabla 24

Hipótesis de futuro para cada factor crítico

Factor crítico	Hipótesis tendencial	Hipótesis transformacional	Hipótesis de ruptura
Investigación, Desarrollo e innovación en manejo en producción y cosecha (INNOCOSE)	Se mantienen las pérdidas relacionadas con la falta de implementación de BPA, además de la baja aplicación de podas sistemáticas durante todo el ciclo productivo.	Los grupos y centros de investigación del departamento se articulan para la estructuración y formulación de proyectos de investigación básica y aplicada relacionados con el desarrollo de tecnologías para la estimación del índice de cosecha aplicando métodos fisicoquímicos y con la determinación de tiempos y tipos óptimos de poda en el cultivo de aguacate para el Tolima.	Como resultado de los proyectos de investigación adelantados por las universidades, centros de investigación y empresas privadas, se han desarrollado soluciones tecnológicas eficientes para la estimación de índice de cosecha, tipo de nutrición según estado fenológico de la planta y determinación de tiempos y tipos óptimos de poda en el cultivo de aguacate. Estas tecnologías son transferidas y adoptadas por los productores, aumentando la productividad.
Identificación temprana y manejo integrado de plagas y enfermedades (TECPLA)	Se presentan pérdidas en el cultivo debido a enfermedades como antracnosis, Trips y *Phytophthora*. Las plagas cuarentenarias continúan siendo una restricción para la exportación, así como la excesiva aplicación de productos de síntesis química como medida de tratamiento y control.	Se identifican y transfieren tecnologías para el manejo de enfermedades como antracnosis, Trips y *Phytophthora* en aguacate, sin embargo, su eficiencia es limitada debido a las condiciones agroclimáticas específicas de la región. Muchas de las tecnologías transferidas provienen de síntesis química, lo que impacta negativamente en las estrategias de certificación y comercialización internacional.	La identificación temprana y el manejo integrado de plagas y enfermedades reduce las pérdidas en cultivo gracias a los avances científicos y tecnológicos desarrollados por los grupos de investigación, centros de investigación y empresas privadas del departamento, a partir de técnicas de visión por computadora, construcción de bases de datos epidemiológicas y el desarrollo de productos de base biotecnológica coherentes con la normatividad nacional e internacional vigente, y con estudios que respaldan su efectividad para las condiciones agroecológicas de la región. Lo anterior se acompaña de métodos y técnicas de aplicación eficientes que mejoran su acción y desempeño.

Factor crítico	Hipótesis tendencial	Hipótesis transformacional	Hipótesis de ruptura
Desarrollo de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia (ALIMEN)	A pesar de los avances logrados en asociatividad por parte de los productores, la débil articulación con otros actores de la cadena ha impedido la consolidación de estrategias de transformación y agregación de valor en la industria alimenticia, basadas en el aprovechamiento de la infraestructura disponible, los volúmenes de producción y las propiedades nutricionales del aguacate, reduciendo la competitividad en mercados nacionales e internacionales.	Los grupos y centros de investigación del departamento formulan y desarrollan proyectos orientados a la optimización de procesos para obtención de productos de valor agregado en laboratorio como guacamole o aceite de aguacate, sin embargo, los altos costos de infraestructura y equipos para el escalado impiden la obtención y validación en el mercado de los mismos. Se mejoran los procesos de articulación para el manejo de volúmenes.	A partir de la articulación de los diferentes actores del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación, se logra el desarrollo y escalado de productos alimenticios (bebidas funcionales, productos nutraceúticos y alimentos en polvo) de alto valor agregado con potencial de ser comercializados a nivel internacional en nichos identificados a partir de estudios de mercado, mediante estructuras asociativas, mejorando los ingresos de los productores y la competitividad de la cadena. Lo anterior se acompaña de estudios de definición de perfiles de uso de aguacate de acuerdo con la variedad.
Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para almacenamiento y transporte (ALMATRA)	Se mantienen las pérdidas derivadas de daños mecánicos que sufren los frutos por inadecuados manejos en el transporte, además de las deficiencias en el control de temperatura, humedad relativa y etileno durante su almacenamiento.	Se reducen las pérdidas poscosecha en la cadena, a partir de la transferencia y adopción de tecnologías para el transporte de aguacate, sin embargo, no se realizan controles sobre las variables de almacenamiento como temperatura y humedad, entre otras, que reduzcan la senescencia de los frutos.	Se desarrollan, prototipan y comercializan tecnologías para el transporte y manipulación óptima de los frutos de aguacate cosechados en el departamento, tanto de finca a centro de acopio y hasta procesos de transformación. Además, se desarrollan protocolos para el monitoreo de variables de almacenamiento y tecnologías retardantes de la maduración como herramientas para la reducción de pérdidas de valor nutricional y comercial.

Factor crítico	Hipótesis tendencial	Hipótesis transformacional	Hipótesis de ruptura
Capacidad exportadora (CAPAEXPOR)	Aunque el departamento cuenta con una alta capacidad de producción de aguacate Hass, sumada a la certificación de predios exportadores, no se dispone de estrategias locales que fomenten la exportación directa de estos productos, por lo cual los productores se ven obligados a comercializarlos a través de agentes exportadores ubicados en otros departamentos como Antioquia o Valle del Cauca.	Se lideran y desarrollan programas para el fomento de la capacidad exportadora por parte de Proexport y las cámaras de comercio de la región. Estos programas potencializan la capacidad exportadora a partir de la asociatividad y aseguramiento de volúmenes, sin embargo, se mantienen los intermediarios y agentes exportadores, reduciendo los márgenes de ganancia para el productor.	Se fortalecen y articulan las estructuras locales de fomento a la exportación, logrando acceso a mercados internacionales de alto valor. Lo anterior se basa en estrategias de trazabilidad, asociatividad, y logrando acuerdos comerciales justos, posicionando al aguacate del Tolima como marca región y referente de exportación nacional por su calidad. Se inicia la exploración de mercados atractivos para otro tipo de variedades con potencial culinario.
Plataformas integrales de comercialización directa entre productor-cliente (PLATCOME)	La comercialización se realiza a través de intermediarios departamentales y nacionales que fijan los precios y tiempos de pago, limitando el poder de negociación de los productores y sus márgenes de ganancias.	Se lidera la implementación de programas de orden nacional como “Coseche y venda a la fija” y otras estructuras, que plantean el uso de herramientas tecnológicas para la identificación y cierre de acuerdos comerciales con clientes a nivel nacional para la compra del aguacate del departamento.	A través del desarrollo e implementación de herramientas tecnológicas de comercialización, se logra reducir la intermediación por parte de agentes externos, mejorando la capacidad de negociación de los productores, logrando la interacción productor - cliente tanto a nivel nacional como internacional, según los nichos de mercado potenciales para las variedades presentes en el departamento, y mejorando los ingresos de los productores.

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: "Aguacate: oro verde del Tolima"
- Escenario 2: "Seguimos en las mismas"
- Escenario 3: "Con proyección internacional, pero sin calidad"
- Escenario 4: "Con proyección, pero alta intermediación"

La Tabla 25 muestra las combinaciones de hipótesis para cada factor crítico en cada uno de los diferentes escenarios.

Tabla 25

Hipótesis elegidas por los expertos para constituir los cuatro escenarios

	Escenarios posibles			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
H	"Aguacate: oro verde del Tolima"	"Seguimos en las mismas"	"Con proyección internacional, pero sin calidad"	"Con proyección, pero alta interme-diación"
FC 1: Investigación, Desarrollo e innovación en manejo en producción y cosecha (INNOCOSE)				
H1		X	X	
H2				
H3	X			X
FC 2: Identificación temprana y manejo integrado de plagas y enfermedades (TECPLA)				
H1		X	X	
H2				
H3	X			X
FC 3: Desarrollo de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia (ALIMEN)				
H1		X		
H2				
H3	X		X	X
FC 4: Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para almacenamiento y transporte (ALMATRA)				
H1		X		
H2			X	X
H3	X			
FC 5: Capacidad exportadora (CAPAEXPOR)				
H1		X		X
H2			X	
H3	X			
FC 6: Plataformas integrales de comercialización directa entre productor-cliente (PLATCOME)				
H1		X		X
H2				
H3	X		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 de aguacate al año 2030.

5.7.1. ESCENARIO 1: AGUACATE: ORO VERDE DEL TOLIMA

Corre el año 2030 y la cadena productiva de aguacate ha logrado reducir las pérdidas en cultivo gracias a los avances científicos y tecnológicos desarrollados por el trabajo en alianza entre grupos de investigación, centros de investigación y empresas privadas del departamento, en la identificación temprana y el manejo integrado de plagas y enfermedades, a partir de técnicas de visión por computadora, construcción de bases de datos epidemiológicas y el desarrollo de productos de base biotecnológica coherentes con la normatividad nacional e internacional vigente, y con estudios que respaldan su efectividad para las condiciones agroecológicas de la región. Lo anterior se acompaña de métodos y técnicas de aplicación eficientes que mejoran su acción y desempeño.

Como resultado de los proyectos de investigación adelantados a través de estas alianzas, se han desarrollado soluciones tecnológicas eficientes para la estimación de índice de cosecha, tipo de nutrición según estado fenológico de la planta y determinación de tiempos y tipos óptimos de poda en el cultivo de aguacate. Estas tecnologías son transferidas y adoptadas por los productores, aumentando la productividad. Además, se desarrollan, prototipan y comercializan tecnologías para el transporte y manipulación óptimos de los frutos de aguacate cosechados, tanto de finca a centro de acopio y hasta procesos de transformación, por lo que se desarrollan e implementan protocolos para el monitoreo de variables de almacenamiento y tecnologías retardantes de la maduración como herramientas para la reducción de pérdidas de valor nutricional y comercial.

De igual manera, a partir de la articulación de los diferentes actores del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación, se logra el desarrollo, pilotaje y escalado de productos alimenticios (bebidas funcionales, productos nutraceúticos y alimentos en polvo) de alto valor agregado con potencial de ser comercializados a nivel internacional en nichos identificados a partir de estudios de mercado, mediante estructuras asociativas, mejorando los ingresos de los productores y la competitividad de la cadena, puesto que se aprovechan las materias primas que no cumplen con los estándares de exportación.

Así mismo, se fortalecen y articulan las estructuras locales de fomento a la exportación, logrando acceso a mercados internacionales de alto valor, tanto para aguacate en fresco como para productos transformados, con base en estrategias de trazabilidad, asociatividad, y logrando acuerdos comerciales

justos, posicionando al aguacate del Tolima como marca región y referente de exportación nacional por su calidad. Se ha iniciado también la exploración de mercados atractivos para otro tipo de variedades con potencial culinario.

Por último, mediante el desarrollo e implementación de herramientas tecnológicas de comercialización, se logra reducir la intermediación por parte de agentes externos, mejorando la capacidad de negociación de los productores, logrando la interacción productor - cliente, tanto a nivel nacional como internacional, según los nichos de mercado potencial para las variedades presentes en el departamento y mejorando los ingresos de los productores.

Gracias a la generación e incorporación de conocimiento para el desarrollo de ventajas competitivas basadas en innovación en los diferentes eslabones, la cadena productiva de aguacate se ha consolidado como una de las más importantes en el departamento.

5.7.2. ESCENARIO 2: SEGUIMOS EN LAS MISMAS

Corre el año 2030 y en la cadena de aguacate del departamento se siguen presentando pérdidas en el cultivo debido a enfermedades como antracnosis, Trips y *Phytophthora*. Las plagas cuarentenarias continúan siendo una restricción para la exportación, así como la excesiva aplicación de productos de síntesis química como medida de tratamiento y control. La falta de implementación de prácticas culturales para una cosecha oportuna y con aplicación de BPA, además de la baja aplicación de podas sistemáticas durante todo el ciclo productivo, ha empeorado las condiciones de producción, reduciendo la competitividad de la cadena y perdiendo mercado local y nacional.

A pesar de los avances logrados en asociatividad por parte de los productores, la débil articulación con otros actores de la cadena ha impedido la consolidación de estrategias de transformación y agregación de valor en la industria alimenticia, basadas en el aprovechamiento de la infraestructura disponible, los volúmenes de producción y las propiedades nutricionales del aguacate del departamento. Lo anterior se suma a los daños mecánicos que sufren los frutos por inadecuados manejos en el transporte, además de las deficiencias en el manejo de temperatura, humedad relativa y control de etileno durante su almacenamiento.

Aunque el departamento dispone de una alta capacidad de producción de aguacate Hass y certificación de predios exportadores, no se cuenta con estrategias locales que fomenten la exportación directa de estos productos, por lo cual los productores se ven obligados a comercializarlos a través de agentes exportadores ubicados en otros departamentos como Antioquia, Quindío o Valle del Cauca. La comercialización sigue realizándose a través de intermediarios departamentales y nacionales que fijan los precios y tiempos de pago, limitando el poder de negociación de los productores y sus márgenes de ganancias.

5.7.3. ESCENARIO 3: CON PROYECCIÓN INTERNACIONAL, PERO SIN CALIDAD

Corre el año 2030 y a partir de la articulación de los diferentes actores del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación, se ha logrado el desarrollo y escalado de productos alimenticios (bebidas funcionales, productos nutraceúticos y alimentos en polvo) de alto valor agregado que son comercializados a nivel internacional en nichos identificados a partir de estudios de mercado, mediante estructuras asociativas, mejorando los ingresos de los productores y la competitividad de la cadena.

Además, se lideran y desarrollan programas para el fomento de la capacidad exportadora por parte de Proexport y las cámaras de comercio de la región. Estos programas potencializan la capacidad exportadora a partir de la asociatividad, el aseguramiento de volúmenes y la reducción de las pérdidas poscosecha en la cadena, con base en la transferencia y adopción de tecnologías para el transporte del aguacate. Sin embargo, no se realizan controles sobre las variables de almacenamiento como temperatura y humedad para reducir la senescencia de los frutos.

Se lidera la implementación de programas de orden nacional como "Coseche y venda a la fija" y otras estructuras, que plantean el uso de herramientas tecnológicas para la identificación y cierre de acuerdos comerciales con clientes a nivel nacional para la compra del aguacate del departamento. No obstante, se mantienen los intermediarios y agentes exportadores, reduciendo los márgenes de ganancia para el productor.

A pesar de estos avances, no se ha logrado explotar todo el potencial de la cadena, debido a que se mantienen las pérdidas relacionadas con la falta de implementación de prácticas culturales para una cosecha oportuna y con aplicación de BPA, además de la baja aplicación de podas sistemáticas durante todo el ciclo productivo. Todo lo anterior se agudiza por las pérdidas en el cultivo debido a enfermedades como antracnosis, Trips y *Phytophthora*. Las plagas cuarentenarias continúan siendo una restricción para la exportación, así como la excesiva aplicación de productos de síntesis química como medida de tratamiento y control.

5.7.4. ESCENARIO 4: CON PROYECCIÓN, PERO ALTA INTERMEDIACIÓN

Corre el año 2030 y la cadena productiva de aguacate ha logrado reducir las pérdidas en cultivo gracias a los avances científicos y tecnológicos desarrollados mediante alianzas entre grupos de investigación, centros de investigación y empresas privadas del departamento, en la identificación temprana y el manejo integrado de plagas y enfermedades, a partir de técnicas de visión por computadora, construcción de bases de datos epidemiológicas y el desarrollo

de productos de base biotecnológica coherentes con la normatividad nacional e internacional vigente y con estudios que respaldan su efectividad para las condiciones agroecológicas de la región. Lo anterior se acompaña de métodos y técnicas de aplicación eficientes que mejoran su acción y desempeño.

Como resultado de los proyectos de investigación adelantados en estas alianzas, se han desarrollado soluciones tecnológicas eficientes para la estimación de índice de cosecha, tipo de nutrición según estado fenológico de la planta y determinación de tiempos y tipos óptimos de poda en el cultivo de aguacate. Estas tecnologías han sido transferidas y adoptadas por los productores, aumentando la productividad. Además, se han reducido las pérdidas en poscosecha en la cadena, mediante la transferencia y adopción de tecnologías para el transporte de aguacate. Sin embargo, no se realizan controles sobre las variables de almacenamiento como temperatura y humedad para reducir la senescencia de los frutos.

A partir de la articulación de los diferentes actores del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación, se logra el desarrollo, pilotaje y escalado de productos alimenticios (bebidas funcionales, productos nutraceúticos y alimentos en polvo) de alto valor agregado con potencial de ser comercializados a nivel internacional en nichos identificados a partir de estudios de mercado, mediante estructuras asociativas, mejorando los ingresos de los productores y la competitividad de la cadena. Lo anterior se acompaña de estudios de definición de perfiles de uso de aguacate de acuerdo con la variedad.

Aunque el departamento dispone de una alta capacidad de producción de aguacate Hass, sumada a la certificación de predios exportadores, no se cuenta con estrategias locales que fomenten la exportación directa de estos productos, por lo cual los productores se ven obligados a comercializarlos a través de agentes exportadores ubicados en otros departamentos como Antioquia o Valle del Cauca. A pesar de estos logros, la comercialización de aguacate en fresco y productos de alto valor agregado sigue realizándose a través de intermediarios departamentales y nacionales que fijan los precios y tiempos de pago, limitando el poder de negociación de los productores y sus márgenes de ganancias.

5.8. SISTEMA DE MATRICES DE IMPACTOS CRUZADOS 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 26 muestra las etiquetas implementadas para nombrar cada una de las hipótesis en el programa.

Tabla 26

Lista de hipótesis y etiquetas

Hipótesis	Título largo	Título corto
H1	Investigación, Desarrollo e innovación en manejo en producción y cosecha	INNOCOSE
H2	Identificación temprana y manejo integrado de plagas y enfermedades	TECPLA
H3	Desarrollo de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia	ALIMEN
H4	Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para almacenamiento y transporte	ALMATRA
H5	Capacidad exportadora	CAPAEXPOR
H6	Plataformas integrales de comercialización directa entre productor-cliente	PLATCOME

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 27 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 27

Probabilidades simples ajustadas para cada hipótesis de futuro según expertos consultados

Hipótesis	Probabilidades
1 - INNOCOSE	0,548
2 – TECPLA	0,60
3 – ALIMEN	0,655
4 - ALMATRA	0,618
5 - CAPAEXPOR	0,643
6 - PLATCOME	0,556

Fuente: Elaboración propia

Según las calificaciones obtenidas en el trabajo participativo y bajo el consenso de los grupos de trabajo, se logró identificar tres hipótesis con probabilidad moderada, es decir entre 60-70%. Estas son: ALIMEN, ALMATRA, CAPAEXPOR y TECPLA. Se identifican, además, tres hipótesis con ocurrencia dudosa. Estas son: INNOCOSE y PLATCOME.

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 28 muestra los resultados obtenidos:

Tabla 28

Probabilidades condicionadas netas positivas para el grupo de expertos consultados

Hipótesis	INNOCOSE	TECPLA	ALIMEN	ALMATRA	CAPAEXPOR	PLATCOME
1 - INNOCOSE	0,548	0,929	0,787	0,773	0,767	0,751
2 - TECPLA	1	0,60	0,816	0,805	0,83	0,789
3 - ALIMEN	0,94	0,906	0,655	1	0,967	0,969
4 - ALMATRA	0,871	0,842	0,942	0,618	0,942	0,93
5 - CAPAEX-POR	0,901	0,905	0,95	0,982	0,643	0,91
6 - PLATCOME	0,763	0,744	0,823	0,838	0,787	0,556

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 29 muestra los resultados obtenidos:

Tabla 29

Probabilidades condicionadas netas negativas para el grupo de expertos consultados

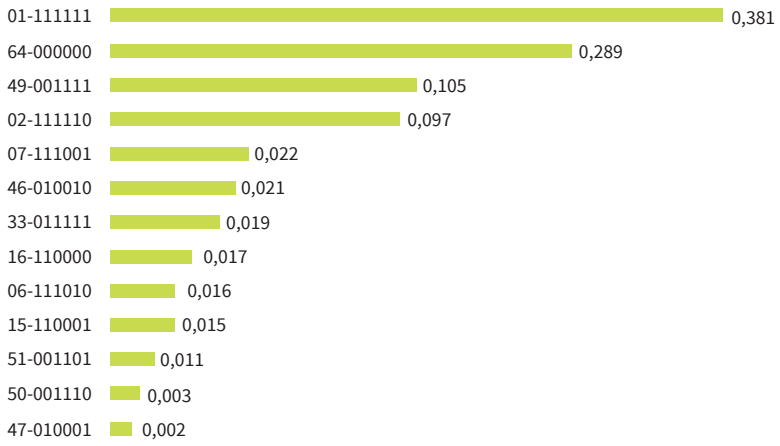
Hipótesis	INNOCOSE	TECPLA	ALIMEN	ALMATRA	CAPAEXPOR	PLATCOME
1 - INNOCOSE	0	0	0,095	0,184	0,153	0,293
2 - TECPLA	0,093	0	0,161	0,244	0,157	0,341
3 - ALIMEN	0,31	0,294	0	0,099	0,093	0,262
4 - ALMATRA	0,31	0,294	0	0	0,032	0,226
5 - CAPAEX-POR	0,331	0,266	0,061	0,097	0	0,309
6 - PLATCOME	0,306	0,286	0,05	0,102	0,141	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 26 (Figura 26). La ocurrencia o no de los eventos se expresa con las 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, los cuatro escenarios más probables al año 2030 para la cadena de aguacate se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30

Escenarios más probables al año 2030 para la cadena de aguacate

Código	Escenario	Probabilidad	Descripción
01	111111	0,381	"Aguacate: oro verde del Tolima"
64	000000	0,289	"Seguimos en las mismas"
49	001111	0,106	"Con proyección internacional, pero sin calidad"
02	111110	0,097	"Con proyección, pero alta intermediación"

Fuente: Elaboración propia

5.9. ESTRATEGIAS PARA ALCANZAR EL ESCENARIO APUESTA

El escenario apuesta "Aguacate: oro verde del Tolima" 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 de aguacate. Cada uno de los factores críticos ha sido planteado a manera de reto, tal como se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31

Reto de futuro para cada factor crítico

Factor crítico	Reto de futuro que genera el factor crítico
Investigación, Desarrollo e innovación en manejo en producción y cosecha (INNOCOSE)	Generar y transferir capacidades, tanto en los eslabones primarios como en la academia y la empresa privada, para adelantar procesos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en producción y cosecha de aguacate, que tengan potencial de ser adoptados e implementados (nutrición - tiempos y tipos de poda - índice de cosecha).
Identificación temprana y manejo integrado de plagas y enfermedades (TECPLA)	Facilitar los procesos de identificación y control temprano de plagas y enfermedades, tanto para productores como para la empresa privada, empleando técnicas de visión por computadora, construcción de bases de datos epidemiológicas y el desarrollo de productos de base biotecnológica coherentes con la normatividad nacional e internacional vigente.
Desarrollo de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia (ALIMEN)	Generar y transferir capacidades, tanto en la academia como en la industria, para el desarrollo, prototipado y escalado de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia (bebidas funcionales, productos nutraceúticos y alimentos en polvo), a partir de la identificación de nichos potenciales para su comercialización.
Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para almacenamiento y transporte (ALMATRA)	Generar y transferir capacidades, tanto en los eslabones primarios de la cadena como en la academia, para el desarrollo de procesos de investigación y desarrollo tecnológico, y la incorporación de innovaciones tecnológicas que reduzcan los daños generados en los procesos de almacenamiento y transporte del aguacate, tanto de finca a centro de acopio y hasta procesos de transformación.
Capacidad exportadora (CAPAEXPOR)	Garantizar las condiciones técnicas y de cultivo que faciliten el acceso directo a mercados internacionales de alta exigencia, además de la exploración de mercados atractivos para otro tipo de variedades con potencial culinario.
Plataformas integrales de comercialización directa entre productor-cliente (PLATCOME)	Facilitar los procesos de comercialización directa productor - cliente, a través de mecanismos tecnológicos que reduzcan la intermediación y aumenten la rentabilidad del productor según los nichos de mercado potenciales para las variedades presentes en el departamento.

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 manejo en producción y cosecha (INNOCOSE): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan a la identificación de áreas actuales y potenciales para el cultivo de aguacate, diferenciando sus variedades y requerimientos nutricionales; la generación de conocimientos y tecnologías para procesos de producción, cosecha y estimación óptima de madurez fisiológica y comercial en diferentes variedades del fruto en el departamento y finalmente, al fomento de la apropiación social del conocimiento científico y tecnológico respecto a procesos de producción y cosecha.

2. Identificación temprana y manejo integrado de plagas y enfermedades (TECPLA): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan al diagnóstico del estado fitosanitario en las zonas potenciales para el cultivo de aguacate; el desarrollo de tecnologías de información dirigidas al control, monitoreo y prevención de plagas y enfermedades en relación con variables de tipo ambiental, y al desarrollo de productos de base tecnológica para la prevención y control de plagas y enfermedades.
3. Desarrollo de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia (ALIMEN): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan a la identificación de las tendencias internacionales en el desarrollo de nuevos productos de alto valor agregado para la industria alimenticia y los nichos potenciales de comercialización; la implementación de modelos de interacción academia-empresa que permitan desarrollar a nivel de laboratorio nuevos procesos de producción para la transformación de aguacate en la industria alimentaria y la validación a nivel de prototipo y semiindustrial de nuevos productos de alto valor agregado para las industrias alimentaria y cosmética, a partir del aprovechamiento integral del fruto en el departamento del Tolima
4. Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para almacenamiento y transporte (ALMATRA): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan a la generación de capacidades en el desarrollo e incorporación de tecnologías para la reducción de pérdidas en los productores, y al desarrollo y aplicación de tecnologías asociadas a logística, almacenamiento y transporte.
5. Capacidad exportadora (CAPAEXPOR): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan al desarrollo e implementación de un programa de acompañamiento a productores y asociaciones para la obtención de certificaciones internacionales para el acceso a mercados diferenciados y al desarrollo de programas permanentes de inteligencia de mercados agropecuaria para la búsqueda de nichos atractivos/alternativos para el aguacate del Tolima.
6. Plataformas integrales de comercialización directa entre productor-cliente (PLATCOME): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan al desarrollo de un programa de transferencia, apropiación y uso de las TIC para las zonas productoras del cultivo de aguacate; al desarrollo de mecanismos de comunicación productor-cliente para conocer la trazabilidad del proceso productivo, y al fortalecimiento de la asociatividad de los productores del departamento.
7. En las tablas 32 a la 37, 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, 2010; Mojica, 2005; Orjuela-Garzon et al., 2017).

Tabla 32

Árbol de pertinencia para el factor crítico "Investigación, Desarrollo e innovación en manejo en producción y cosecha"

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
Generar y transferir capacidades, tanto en los eslabones primarios como a la academia y la empresa privada, para adelantar procesos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en producción y cosecha de aguacate, que tengan potencial de ser adoptados e implementados (nutrición - tiempos y tipos de poda - índice de cosecha).	1. Identificar las áreas actuales y potenciales para el cultivo de aguacate, diferenciando sus variedades y requerimientos nutricionales.	1. Realización del inventario de las áreas cultivadas por municipio según variedad, vinculando a la universidad y al Estado	1. Generación de sistemas de información, localización y georreferenciación para el cultivo de aguacate, que vinculen los requerimientos nutricionales y agroecológicos de las diferentes variedades del fruto	1. Seguimiento y actualización del sistema de información, localización y georreferenciación
		2. Identificación de los requerimientos nutricionales y agroecológicos para las diferentes variedades de aguacate del departamento del Tolima. Además, realizar experimentos controlados con respecto a la nutrición de las plantas	2. Generación de un análisis de la huella hídrica del aguacate y combinarlo con sistemas de información geográfica para promover la eficiencia en el uso del agua	2. Seguimiento y actualización del efecto de la variabilidad climática, el suelo y huella hídrica del cultivo en la calidad de los frutos, con el fin de facilitar la toma de decisiones
		3. Desarrollo de estudios de suelo de las áreas con potencial de cultivo a un mayor nivel de detalle	3. Establecimiento de indicadores que permitan monitorear la calidad del suelo, clima y huella hídrica a través del tiempo y los defectos generados en los frutos	

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
Generar y transferir capacidades, tanto en los eslabones primarios como a la academia y la empresa privada, para adelantar procesos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en producción y cosecha de aguacate, que tengan potencial de ser adoptados e implementados (nutrición - tiempos y tipos de poda - índice de cosecha).	2. Generar conocimiento en procesos de producción y cosecha del aguacate.	1. Realización de experimentos controlados con respecto a tiempos y tipos de poda en aguacate según variedad	1. Evaluación de la influencia del clima, humedad del suelo y época de floración sobre la biomasa y composición nutrimental de los frutos de aguacate	1. Evaluación de los efectos de la poda sobre la resistencia a enfermedades y reducción en consumo de agua para el cultivo de aguacate
		2. Desarrollo de programas de poda progresiva para evaluar crecimiento, rendimiento y tamaño del fruto en aguacate según la variedad	2. Evaluación del efecto del uso de los restos de la poda (mulching orgánico) sobre los nutrientes en piel y pulpa de aguacate	2. Monitoreo de manera remota de la fotosíntesis del dosel aplicando tecnologías como fluorescencia transitoria inducida
	3. Generar tecnologías y conocimientos para la estimación óptima de madurez fisiológica y madurez comercial en variedades de aguacate del departamento.	1. Realización de experimentos controlados con respecto al índice de cosecha de las diferentes variedades de aguacate, que permitan correlacionar el efecto en la composición (materia seca), contenido de aceite y ácidos grasos con la calidad del fruto	1. Establecimiento de protocolos óptimos de recolección según variedad y condiciones agroclimáticas en el departamento del Tolima	1. Transferencia de prototipos de tecnologías que implementen algoritmos de clasificación, basados en las características fisicoquímicas del fruto
		2. Desarrollo y validación en campo de tecnologías no invasivas como visión por computadora (infrarrojo) para la estimación de estados óptimos de madurez y clasificación durante la recolección	2. Desarrollo y validación de tecnologías para la determinación de madurez en recolección, aplicando espectroscopia acústica no invasiva (determinación de óxido nítrico y etileno)	
	4. Fomentar la apropiación social del conocimiento científico y tecnológico respecto a procesos de producción y cosecha del aguacate.	1. Identificación de prácticas actuales a nivel internacional en la producción y cosecha realizadas por los productores, con respecto a nutrición, poda e índices de cosecha y formulación de plan de mejoramiento tecnológico	1. Identificación de estrategias vitales de adopción y apropiación del conocimiento tecnológico para los pequeños y medianos productores de aguacate del departamento	1. Desarrollo participativo de aplicaciones para el seguimiento y monitoreo en las actividades de producción, poda y cosecha de aguacate

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33

Árbol de pertinencia para el factor crítico "Identificación temprana y manejo integrado de plagas y 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
Facilitar los procesos de identificación y control temprano de plagas y enfermedades, tanto para productores como para la empresa privada, empleando técnicas de visión por computadora, construcción de bases de datos epidemiológicas y el desarrollo de productos de base biotecnológica coherentes con la normatividad nacional e internacional vigente.	1. Diagnosticar el estado fitosanitario en las zonas potenciales para el cultivo de aguacate.	1. Identificación de incidencia de las plagas y enfermedades más importantes en las zonas con potencial productivo de aguacate en el departamento, con el apoyo de distribución espacial	1. Evaluación de la incidencia de plagas y enfermedades sobre la calidad de los frutos (antioxidantes, ácidos grasos, etc.)	1. Construcción de una plataforma interactiva para la identificación, monitoreo e incidencia de plagas y enfermedades, acompañados de medidas de control y reporte de casos en el departamento
		2. Generación de una base de datos para su respectivo análisis que permita relacionar el estado fitosanitario con estudios epidemiológicos y variables climáticas	2. Monitoreo de plagas y enfermedades por zonas con potencial de producción de aguacate	
		3. Caracterización de los principios prácticos de manejo y control de plagas y enfermedades, tanto a nivel nacional como internacional	3. Desarrollo de protocolos de identificación rápida de enfermedades, aplicando métodos moleculares de detección en campo	3. Transferencia de conocimientos y tecnologías para el manejo, control e identificación rápida de plagas y enfermedades 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
Facilitar los procesos de identificación y control temprano de plagas y enfermedades, tanto para productores como para la empresa privada, empleando técnicas de visión por computadora, construcción de bases de datos epidemiológicas y el desarrollo de productos de base biotecnológica coherentes con la normatividad nacional e internacional vigente.	2. Desarrollar tecnologías de información dirigidas al control, monitoreo y prevención de plagas y enfermedades en relación con variables de tipo ambiental.	1. Conformación de una red de estaciones meteorológicas para el estudio de variables climáticas clave y su relación con la incidencia y aparición de plagas y enfermedades	1. Monitoreo de variables ambientales clave mediante aplicaciones móviles para el desarrollo del cultivo de aguacate	1. Desarrollo de modelos de transferencia y apropiación de tecnologías de detección, control, monitoreo y prevención de plagas y enfermedades en aguacate que contemplen las barreras de acceso para los productores
		2. Implementación de sistemas expertos para el asesoramiento remoto (imágenes y fotografías), en identificación y detección de plagas y enfermedades	2. Desarrollo de tecnologías de información aplicadas a la detección temprana, control y manejo de plagas y enfermedades (visión por computadora soportada en drones, *machine learning*)	
	3. Desarrollar productos de base tecnológica para la prevención y control de plagas y enfermedades.	1. Identificación de microorganismos - M.O. con potencial biocontrolador, así como de metabolitos secundarios y posibles depredadores de plagas y enfermedades	1. Evaluación de la capacidad de biocontrol de extractos bacterianos para proteger las frutas y plantas de aguacate de las infecciones por patógenos	1. Transferencia tecnológica y apropiación social del conocimiento para el uso y aplicación de productos amigables con el ambiente para el manejo y control de plagas y enfermedades
		2. Caracterización de M.O., metabolitos o prácticas culturales que apoyen la mitigación de plagas y enfermedades en el cultivo de aguacate	2. Desarrollo de estrategias participativas piloto para el manejo y control de plagas y enfermedades usando tecnologías de información	2. Identificación de biomarcadores bioquímicos asociados a la resistencia a enfermedades del aguate
		3. Evaluación y aplicación de las prácticas culturales, M.O. y metabolitos secundarios para el control de plagas y enfermedades		3. Evaluación de los efectos de tratamientos como el agua oxidante electrolizada en enfermedades poscosecha del aguacate

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34

Árbol de pertinencia para el factor crítico "Desarrollo de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia"

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
Generar y transferir capacidades tanto en la academia como en la industria para el desarrollo, prototipado y escalado de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia (bebidas funcionales, productos nutraceúticos y alimentos en polvo), a partir de la identificación de nichos potenciales para su comercialización.	1. Identificar las tendencias internacionales en el desarrollo de nuevos productos de alto valor agregado para la industria alimenticia y los nichos potenciales de comercialización.	1. Desarrollo de ejercicios de vigilancia tecnológica para la identificación de las tendencias de investigación y desarrollo tecnológico en torno a la agregación de valor del aguacate para la industria alimentaria	1. Implementación de sellos de calidad, normas de certificación y distinciones geográficas con base en la caracterización de las propiedades diferenciadas del aguacate del departamento	1. Implementación de unidades de innovación y vigilancia tecnológica en empresa y asociaciones relacionadas con la transformación de aguacate, que permitan mantener un monitoreo permanente
		2. Identificación de las tendencias de consumo y nichos de mercado a nivel internacional y nacional para los nuevos productos de alto valor agregado para la industria alimentaria	2. Generación de programas de formación específica para el aprovechamiento y transformación de aguacate en conjunto con la universidad, centros de investigación y SENA	
		3. Desarrollo de programas de innovación, desarrollo tecnológico y competitividad en los productores y asociaciones del departamento (extensionismo tecnológico)	3. Establecimiento de una agenda de inversión internacional para la transferencia y apropiación de las investigaciones	3. Evaluación del potencial de obtención de productos de alto valor agregado como emulsiones de aceite de aguacate estabilizadas con nanofibrillas de celulosa aisladas de residuos agroindustriales

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
Generar y transferir capacidades tanto en la academia como en la industria para el desarrollo, prototipado y escalado de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia (bebidas funcionales, productos nutraceúticos y alimentos en polvo), a partir de la identificación de nichos potenciales para su comercialización.	2. Implementar modelos de interacción academia-empresa que permitan desarrollar a nivel de laboratorio nuevos procesos de producción para la transformación de aguacate en la industria alimentaria.	1. Establecimiento de alianzas entre grupos de investigación, tanto regionales como nacionales e internacionales, para adelantar a nivel de laboratorio acciones de investigación para el desarrollo de nuevos procesos y productos para la industria alimentaria	1. Establecimiento de alianzas interinstitucionales con recursos técnicos y económicos que permitan generar valor al aguacate	1. Transferencia a los productores y asociaciones de conocimientos acerca de los nuevos procesos de obtención de productos de alto valor agregado y tecnologías para su implementación en la cadena de aguacate
		2. Desarrollo de fondos concursales regionales, tanto públicos como privados, de investigación para la identificación y desarrollo de nuevos productos con valor agregado	2. Articulación entre academia y productores para la presentación y acompañamiento en la formulación y ejecución de proyectos de investigación	
		3. Caracterización a nivel fisco-químico de las diferentes variedades de aguacate del departamento, para identificar los distintos compuestos con potencial de ser aprovechados en el desarrollo de nuevos productos	3. Identificación a nivel nacional e internacional de casos de éxito para el desarrollo conjunto de procesos y productos de alto valor agregado para la industria alimentaria	3. Prestación de servicios tecnológicos por parte de universidades y centros de investigación, para el diseño y la fabricación de equipos y maquinaria que permitan optimizar los procesos de producción
	3. Validar a nivel de prototipo y semiindustrial nuevos productos de alto valor agregado para las industrias alimentaria y cosmética, a partir del integral del fruto de aguacate en el departamento del Tolima.	1. Vinculación de la academia, los productores y asociaciones en proyectos de puesta en marcha de plantas piloto y semiindustriales para el procesamiento de nuevos productos de valor agregado para la industria	1. Desarrollo de modelos de acompañamiento y financiamiento de *Spin-off* universitarias y emprendimientos dinámicos que desarrollen procesos de aprovechamiento integral.	1. Desarrollo de un modelo de servicios compartidos para el escalado rápido y viabilización comercial de nuevos productos
		2. Optimización y estandarización de los procesos de producción de productos de alto valor agregado para las industrias alimentaria y cosmética a partir del aprovechamiento integral del aguacate	2. Determinación de la calidad y diferenciación de productos obtenidos, así como sus perfiles nutricionales, según la normatividad local e internacional y las exigencias del mercado	2. Evaluación del uso potencial de los desechos agroindustriales de la cadena de aguacate para aprovechamiento en otras industrias (envases biodegradables, tintes orgánicos y biocombustibles)
		3. Desarrollo de productos de alto valor agregado a partir de los subproductos de la cadena (cáscara y semilla de aguacate)		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35

Árbol de pertinencia para el factor crítico "Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para almacenamiento y transporte"

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
Generar y transferir capacidades, tanto en los eslabones primarios de la cadena como en la academia, para el desarrollo de procesos de Investigación y Desarrollo tecnológico, y la incorporación de innovaciones tecnológicas que reduzcan los daños generados en los procesos de almacenamiento y transporte del aguacate, tanto de finca a centro de acopio y hasta procesos de transformación.	1. Generar capacidades en el desarrollo e incorporación de tecnologías para la reducción de pérdidas en los productores.	1. Apoyo a la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas en recolección, transporte y almacenamiento en productores y asociaciones del departamento	1. Actualización de los planes de estudio de las carreras asociadas al sector agropecuario, para que oferten asignaturas o electivas relacionadas con la cadena productiva, además de formación posgradual y continuada	1. Transferencia de conocimientos y formación de los eslabones de la cadena en certificaciones y sistemas de aseguramiento de la calidad, manejo de inocuidad, BPA, HACCP, EUREGAP, embalajes y el uso de empaques inteligentes biodegradables que alarguen la vida útil del producto sin aditivos o persevantes
		2. Documentación y análisis de las principales causas de rechazo de frutas durante el almacenamiento y transporte como daño de epidermis, sobre maduración, daños por frío, entre otros	2. Establecimiento de alianzas entre grupos de investigación, tanto regionales como nacionales e internacionales, para adelantar a nivel de laboratorio procesos de investigación para el desarrollo de innovaciones tecnológicas que reduzcan los daños generados en procesos de almacenamiento y transporte	
		3. Desarrollo de procesos de formación (universidades – SENA) para la transferencia de conocimiento en modelos de transporte, almacenamiento y logística en toda la cadena productiva de aguacate	3. Fortalecimiento de capacidades en comercio y negociación internacional para asociaciones de productores	

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
Generar y transferir capacidades, tanto en los eslabones primarios de la cadena como en la academia, para el desarrollo de procesos de Investigación y Desarrollo tecnológico, y la incorporación de innovaciones tecnológicas que reduzcan los daños generados en los procesos de almacenamiento y transporte del aguacate, tanto de finca a centro de acopio y hasta procesos de transformación.	2. Desarrollar y aplicar tecnologías asociadas a la logística, almacenamiento y transporte.	1. Evaluación de la aplicación y uso de compuestos (nitrato de calcio) en la precosecha, maduración y daños por frío en aguacate	1. Evaluación de factores poscosecha (clima, nutrición y prácticas culturales) en la calidad del aguacate almacenado en atmósferas controladas	1. Investigación en soluciones que permitan disminuir las brechas existentes en el transporte vial terciario
		2. Evaluación de las propiedades de recubrimientos biodegradables a base de productos naturales para extender la vida en poscosecha	2. Desarrollo de tecnologías que combinen atmósferas modificadas y altas temperaturas, para evitar daños por frío en aguacate	2. Generación e implementación de proyectos logísticos acordes a la topografía del territorio tolimense
		3. Evaluación del potencial antifúngico de extractos de especias en la aparición y presencia de hongos en el transporte y almacenamiento de aguacate	3. Desarrollo de empaques y embalajes inteligentes que alarguen la vida útil del aguacate, tanto en el transporte finca-centro de acopio, como centro de acopio-mercado internacional	3. Construcción de modelos y plataformas de trazabilidad que permitan controlar daños y cambios en composición (materia seca, contenido de aceites y ácidos grasos) durante el almacenamiento de aguacate

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36

Árbol de pertinencia para el factor crítico "Capacidad exportadora"

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
Garantizar las condiciones técnicas y de cultivo que faciliten el acceso directo a mercados internacionales de alta exigencia, además de la exploración de mercados atractivos para otro tipo de variedades con potencial culinario.	1. Desarrollar e implementar un programa de acompañamiento a productores y asociaciones para la obtención de certificaciones internacionales para el acceso a mercados diferenciados.	1. Implementación de programas entre Gobierno-exportadores que entreguen incentivos para cofinanciar la obtención de certificaciones de acceso a mercados internacionales a las asociaciones y productores (Global GAP – BRCGS, IFS, HACCP)	1. Apertura de nuevos mercados y desarrollo de los protocolos necesarios a través del cumplimiento de requisitos obligatorios para exportaciones, con el acompañamiento de empresa ancla	1. Acompañamiento para la certificación orgánica y la adopción de estándares sociales y ambientales, tales como: SIFAV, GRASP, BSCI y SMETA 2. Establecimiento de alianzas público-privadas que faciliten acceder al mercado norteamericano (Canadá)
		2. Desarrollo de programas de promoción de las exportaciones a nivel regional con énfasis en la agregación de valor, la innovación y el cumplimiento de requisitos sanitarios, de calidad, empaque, tamaño y madurez	2. Diseño y promoción de incentivos de crédito para la exportación para las asociaciones de productores	3. Desarrollo de mercados para variedades "verdes" que tienen nichos propios como Italia y países del este de Europa

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
Garantizar las condiciones técnicas y de cultivo que faciliten el acceso directo a mercados internacionales de alta exigencia, además de la exploración de mercados atractivos para otro tipo de variedades con potencial culinario.	2. Desarrollar programas permanentes de inteligencia de mercados agropecuaria para la búsqueda de mercados atractivos/alternativos para el aguacate del Tolima.	1. Identificación mediante inteligencia de mercados y competitiva, de nichos de mercado atractivos para la comercialización de aguacate a nivel internacional (clientes, competidores, barreras no arancelarias)	1. Actualización de manera permanente (anual) de los estudios de inteligencia de mercado (volúmenes de venta y demandas del consumidor) y socialización del conocimiento derivado con los eslabones de la cadena, buscando articulación entre la misma	1. Implementación en alianza universidad - asociaciones, de esquemas de atracción de inversión extranjera directa para la cadena productiva, con visión de mercado internacional
		2. Caracterización de las propiedades culinarias del aguacate del departamento para explorar nuevos mercados internacionales	2. Posicionamiento en el mercado internacional de otros tipos de aguacates con potencial de comercialización, dadas sus características funcionales para la preparación de diferentes platos	2. Programa de apoyo a la incubación de emprendimientos derivados del aguacate como materia prima y con potencial exportador

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37

Árbol de pertinencia para el factor crítico "Plataformas integrales de comercialización directa entre productor-cliente"

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
Facilitar los procesos de comercialización directa productor - cliente, a través de mecanismos tecnológicos que reduzcan la intermediación y aumenten la rentabilidad del productor según los nichos de mercado potenciales para las variedades presentes en el departamento.	1. Desarrollar un programa de transferencia, apropiación y uso de las TIC para las zonas productoras del cultivo de aguacate.	1. Desarrollo de programas por parte de gobiernos locales y departamentales para la transferencia y apropiación de TIC en los productores agropecuarios	1. Desarrollo de tecnologías que faciliten y mejoren el intercambio de información en zonas no interconectadas rurales (*Zigbee, Bluetooth, UWB, Wifi*)	1. Desarrollo de capacidades locales para operar en la nube e integrarse en temas globales
		2. Implementación de alianzas público-privadas para el desarrollo de los programas de transferencia en TIC	2. Actualización constante de los programas de transferencia en TIC	
		3. Dotación de equipos TIC a las zonas productoras de aguacate	3. Impulso a proyectos que planteen alternativas para el seguimiento de la trazabilidad	

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
Facilitar los procesos de comercialización directa productor - cliente, a través de mecanismos tecnológicos que reduzcan la intermediación y aumenten la rentabilidad del productor según los nichos de mercado potenciales para las variedades presentes en el departamento.	2. Desarrollar mecanismos de comunicación productor-cliente para conocer la trazabilidad del proceso productivo en el cultivo de aguacate.	1. Desarrollo de Apps móviles para la disponibilidad de información de mercados de comercialización y clientes potenciales	1. Implementación de tecnologías 4.0 para optimizar el proceso poscosecha para exportación	1. Articulación de todas las asociaciones del Tolima en un sistema integrado de trazabilidad
		2. Desarrollo de herramientas web, aplicaciones móviles o instrumentos que faciliten la sistematización de la información para el seguimiento de la trazabilidad	2. Implementación de un modelo logístico soportado en TIC, para la cadena productiva que garantice la proveeduría de mercados internacionales según calendarios de producción	
		3. Fortalecimiento a nivel empresarial a las asociaciones mediante capacitación permanente en trazabilidad en agro cadenas de frutos frescos	3. Implementación y apropiación de tecnologías web y aplicaciones móviles para que los productores cuenten un sistema de trazabilidad de fácil acceso	
	3. Fortalecer la asociatividad de los productores de aguacate del departamento.	1. Capacitación a las asociaciones para procesos de exportación directa	1. Programas de liderazgo y emprendimiento para las asociaciones	1. Ejecución de procesos de exportación directa con el apoyo de aliados público-privados
		2. Diseño de un plan de ruedas de negocio presencial y virtual que permita conectar a productores con compradores a nivel nacional e internacional	2. Fortalecimiento de la visibilidad de la oferta de las asociaciones a través de páginas web y *market place*	

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 de aguacate. 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 20 variables estratégicas identificadas, solamente 6 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 de aguacate, 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 de aguacate 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 tecnológicas3, y las tipo III, demandas no tecnológicas (Tabla 38).

Tabla 38

Demandas tecnológicas y no tecnológicas

	Demandas tecnológicas		Demandas no tecnológicas
1	Investigación y Desarrollo de tecnologías para la eficiencia en el uso del agua (TEUSAG)	1	Adopción de estándares y certificaciones de calidad voluntarios (CALIDAD)
2	Tecnologías de Big Data e IoT para monitoreo y predicción de variables del cultivo (BIGIOT)	2	Optimización de los costos de producción (COSTPROD)
3	Investigación, Desarrollo e innovación en limpieza, desinfección y selección (LIMPDES)	3	Disponibilidad de mano de obra calificada (MANOBRA)
4	Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para el mejoramiento de los empaques y recubrimientos (TECEMPA)	4	Desarrollo empresarial (DEMPRES)

	Demandas tecnológicas		Demandas no tecnológicas
5	Desarrollo de productos de alto valor agregado para las industrias cosmética y farmacéutica (COSMECEU)	5	Comercialización interna (COMERINT)
6	Investigación y Desarrollo en el aprovechamiento de subproductos para la obtención de productos con valor agregado (SUBPRO)	6	Acceso de medianos productores a tecnología para la agregación de valor (TECAGREGA)
7	Investigación y Desarrollo de genotipos adaptados a las condiciones agroecológicas de la Región (GENOAGRO)		
8	Investigación y Desarrollo en procesos productivos para la obtención de aguacate orgánico (AGUAORGA)		

Fuente: Elaboración propia

El objetivo, entonces, de la agenda es responder de manera coherente a las acciones que se deberán desarrollar para el fortalecimiento de la cadena de aguacate 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 de esta; 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, y 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 39 hasta la 46, se presentan las propuestas de los expertos para las demandas tecnológicas de la cadena de aguacate.

Tabla 39

Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo de tecnologías para la eficiencia en el uso del agua

Definición de la demanda	Tecnologías para el uso eficiente del agua, teniendo en cuenta el consumo hídrico del cultivo.	
Eslabón de impacto	Producción	
Tipo de estrategia de I+D	Investigación básica _X_	Investigación aplicada _X_
	Desarrollo experimental _X_	Transferencia tecnológica __
Tipo de alianza	Monoinstitucional ____	Multiinstitucional __X__
Estado del arte de la demanda	El uso eficiente del agua es un campo de investigación en el cual los países líderes son Israel y Chile, aplicando técnicas de automatización para el uso eficiente del agua en el cultivo y pruebas de reutilización de agua para riego. A nivel departamental es importante identificar oportunidades en disponibilidad de agua y manejo hídrico orientado a la variedad de aguacate.	
Proyectos para alcanzar el estado deseable	• Obtención del coeficiente de riego para el cultivo de aguacate Hass, para cada suelo en el Tolima (corto plazo) • Desarrollo de variedades de menor consumo de agua: agroeficientes (mediano plazo) • Implementación de sistemas de automatización (mediano plazo) • Evaluación de tecnologías para el uso eficiente del recurso hídrico en campo, cruzando variables de producción, fenología y rendimientos (largo plazo)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40

Proyectos definidos para la demanda Tecnologías de Big Data e IoT para monitoreo y predicción de variables del cultivo

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 como crecimiento de cultivo, temperatura, humedad, necesidad de nutrientes, etc.	
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	Estados Unidos y México son los países líderes en investigación acerca de la implementación de tecnologías de datos en la producción de aguacate, abordando, principalmente, temas como la identificación de las variables con mayor incidencia en el desarrollo del cultivo y el modelamiento de los ciclos productivos y comerciales. En el departamento no se utiliza esta tecnología y existe una oportunidad para su implementación en el procesamiento de los datos obtenidos por análisis de suelos y foliares.	
Proyectos para alcanzar el estado deseable	• Implementación de tecnologías de Big Data para el manejo integrado del cultivo de aguacate a partir de análisis de datos multitemporales y predicción de variables del cultivo (corto plazo) • Concientización social de los agricultores por parte de los agrónomos con pertinencia profesional y ética (corto plazo). • Montaje de herramientas meteorológicas (mediciones) para hacer diagnósticos tempranos en temas de plagas y enfermedades (corto plazo) • Proyectos piloto experimentales para producir sistemas de monitoreo de cultivos utilizando Inteligencia Artificial (mediano plazo)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41

Proyectos definidos para la demanda Investigación, Desarrollo e innovación en limpieza, desinfección y selección

Definición de la demanda	Tecnologías para selección de frutos según el grado de madurez, para limpieza y desinfección.	
Eslabón de impacto	Transformación	
Tipo de estrategia de I+D	Investigación básica _X_	Investigación aplicada _X_
	Desarrollo experimental _X_	Transferencia tecnológica __
Tipo de alianza	Monoinstitucional ____	Multiinstitucional __X__
Estado del arte de la demanda	El tema más explorado a nivel mundial por diferentes investigadores es la selección usando técnicas de visión computacional y técnicas analíticas. Los países protagonistas de estas investigaciones son Estados Unidos y México. El departamento cuenta con dos plantas seleccionadoras de aguacate que podrían aprovechar alternativas a las tecnologías actuales de manejo poscosecha.	
Proyectos para alcanzar el estado deseable	• Diseño de empaques con materiales biodegradables para minimizar el impacto en la fruta al transportar en campo y hasta cabeceras municipales (corto plazo) • Modernización de plantas actuales en tecnologías 4.0 para optimizar el monitoreo de procesos y la trazabilidad del producto (largo plazo) • Implementación a nivel nacional de zonas de aprendizaje institucional que ayuden a formar técnicos rurales en aguacate (corto plazo) • Adaptación y adopción de tecnologías de selección de aguacate aplicadas a plantas de procesamiento (mediano plazo) • Desarrollo de tecnologías innovadoras en procesos de limpieza, desinfección y selección del aguacate (corto plazo)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42

Proyectos definidos para la demanda Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para el mejoramiento de los empaques y recubrimientos

Definición de la demanda	Soluciones para controlar la humedad y otras variables que disminuyen la vida útil del fruto.	
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 México son los principales países que realizan investigación en torno al uso de recubrimientos comestibles y atmósferas controladas y modificadas para la prolongación de la vida útil de los aguacates en poscosecha. Por otro lado, en Suiza se trabaja en aguacates ecológicamente etiquetados a través de tecnología láser. A nivel nacional, docentes de la Universidad del Tolima, Cartagena, Pamplona y Cauca han realizado investigaciones para incrementar la vida útil del fruto utilizando recubrimientos a base de goma gelana, almidón de yuca y quitosano.
Proyectos para alcanzar el estado deseable	• Elaboración de empaques especialmente adaptados para zona de ladera y transporte mular (corto plazo) • Evaluación de empaques y recubrimientos derivados de agro residuos originados en el Tolima, determinando viabilidad técnica y financiera (corto plazo) • Mejoramiento del proceso de poscosecha utilizando tecnologías que prolonguen la vida del producto en anaquel (corto plazo) • Diseño de canastillas para transporte y almacenamiento del fruto finca-centro de acopio (corto plazo) • Realización de procesos de benchmarking e inteligencia para la identificación de tecnologías que mejoren la vida útil del aguacate de exportación (corto - mediano plazo)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43

Proyectos definidos para la demanda Desarrollo de productos de alto valor agregado para las industrias cosmética y farmacéutica

Definición de la demanda	Aprovechamiento de los extractos bioactivos del aguacate para la elaboración de productos de belleza para el cuidado de la piel y el cabello.	
Eslabón de impacto	Transformación	
Tipo de estrategia de I+D	Investigación básica _X_	Investigación aplicada _X_
	Desarrollo experimental _X_	Transferencia tecnológica __
Tipo de alianza	Monoinstitucional ____	Multiinstitucional __X__
Estado del arte de la demanda	Estados Unidos y España lideran la investigación respecto al uso en las industrias cosmética y farmacéutica del aguacate y sus subproductos, caracterizando y explorando el uso de aceites, antioxidantes y otros bioproductos de interés terapéutico por sus propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias, antidiabéticas y antihipertensivas. Es importante fortalecer la investigación en este tema a nivel departamental.	

Proyectos para alcanzar el estado deseable	• Identificación y caracterización de extractos bioactivos (semilla, cáscara, hojas) obtenidos a partir de diferentes variedades de aguacate para luego evaluar su viabilidad a escala industrial para la fabricación de productos cosméticos (corto plazo) • Análisis y seguimiento de productos innovadores a partir de subproductos del cultivo de aguacate (vigilancia científica y tecnológica) • Puesta en marcha del centro de transformación industrial complementario a la planta de empaque Paltolima en Armero Guayabal en el lote disponible de 35.000 m² • Fomento y apoyo de emprendimientos de base biotecnológica para el aprovechamiento de las semillas o pepas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44

Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo en el aprovechamiento de subproductos para la obtención de productos con valor agregado

Definición de la demanda	Aprovechamiento de residuos de aguacate para la alimentación animal, biocombustibles y productos como tintes y envases desechables.	
Eslabón de impacto	Transformación	
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	Un porcentaje del peso del aguacate lo componen la pepa y la cáscara. A nivel mundial, los países líderes en la investigación de esta demanda son Estados Unidos y España. Estas naciones han explorado la actividad antimicrobiana de subproductos de la cadena, así como su utilidad como aditivos alimentarios, compuestos antioxidantes, para la fabricación de bioplásticos y materia prima para la alimentación animal.	

Proyectos para alcanzar el estado deseable	• Caracterización fisicoquímica, funcional y bioactiva de coproductos de la producción de diferentes variedades de aguacate. Una vez surgida la caracterización, de acuerdo con el componente mayoritario (fibras, lípidos, proteínas y/o carbohidratos), se proponen investigaciones enfocadas al aprovechamiento de los componentes. Por ejemplo, si hay proteínas, evaluar propiedades funcionales y bioactivas en su presentación tanto nativa como modificada y determinar potenciales usos que puedan ser escalados (mediano plazo) • Desarrollo de actividades de concientización en las plantas empacadoras existentes para la recuperación adecuada de los desechos y su disposición para aprovechamiento (corto plazo) • Estudios de inteligencia de mercado para reconocer la utilidad de la semilla y la cáscara en la nutrición animal (corto plazo)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45

Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo de genotipos adaptados a las condiciones agroecológicas de la Región

Definición de la demanda	Mejoramiento genético a través del desarrollo de variedades con alta adaptabilidad a un ambiente específico.	
Eslabón de impacto	Producción	
Tipo de estrategia de I+D	Investigación básica _X_	Investigación aplicada _X_
	Desarrollo experimental _X_	Transferencia tecnológica ___
Tipo de alianza	Monoinstitucional ____	Multiinstitucional __X__
Estado del arte de la demanda	En el entorno mundial, Estados Unidos y México son los principales investigadores alrededor de esta demanda, validando variedades en diferentes entornos y realizando estudios genómicos de respuesta ante enfermedades. A nivel departamental, las evaluaciones en campo son prioritarias para mejorar la eficiencia productiva y la calidad del producto final.	

Proyectos para alcanzar el estado deseable	- Identificación de variedades nacionales o internacionales que se adaptan mejor a climas cálidos y con esto sembrar en el Tolima a altitudes más bajas (mediano plazo) - Investigación de plantas clonales y mejoramiento genético, a partir de parcelas demostrativas y procesos de propagación de patrones o portainjertos (mediano plazo) - Transferencia e investigación en variedades de aguacate resistentes a diferentes plagas y enfermedades (mediano plazo). - Renovación de cultivos con semillas de alta calidad y productividad, previa investigación en el territorio (mediano plazo)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46

Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo en procesos productivos para la obtención de aguacate orgánico

Definición de la demanda	Procesos para la fertilización orgánica y eliminación de plagas y enfermedades sin usar productos de síntesis química.	
Eslabón de impacto	Producción	
Tipo de estrategia de I+D	Investigación básica _X_	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 los impactos y requerimientos para la implementación de este tipo de procesos productivos son España y México, los cuales han estudiado el efecto en las propiedades y actividad enzimática del suelo y el balance energético comparativo entre este modelo y el convencional.	

Proyectos para alcanzar el estado deseable	• Identificación de los requerimientos de los nichos que demandan y valoran el aguacate orgánico (Alemania y países escandinavos) (corto plazo) • Impulso desde la universidad de programas de formación orientados al manejo orgánico para transferir la tecnología al agricultor (corto plazo) • Evaluación del potencial del uso de los coproductos del aguacate en función de las aptitudes del suelo y cada variedad para la fertilización orgánica (corto plazo) • Evaluación del efecto del manejo orgánico del cultivo de aguacate sobre la calidad y preservación de los suelos agrícolas (mediano plazo) • Implementación de predios piloto para la obtención de sellos de calidad según los requerimientos del mercado europeo-americano para obtener un mayor valor agregado (mediano plazo) • Creación y producción de rangos entomopatógenos en zonas estratégicas de las diferentes regiones del Tolima (mediano plazo) • Desarrollo de proyectos que permitan la financiación y transición a la producción orgánica, la cual es tendencia en consumo a nivel mundial (corto plazo)

Fuente: Elaboración propia

5.10.2. DEMANDAS NO TECNOLÓGICAS

En la Tabla 47 se presentan las propuestas de los expertos para las demandas no tecnológicas de la cadena de aguacate.

Tabla 47

Proyectos definidos para las demandas no tecnológicas

Proyectos definidos para la demanda Adopción de estándares y certificaciones de calidad voluntarios	
Definición de la demanda	Certificaciones Global GAP, Buenas Prácticas Agrícolas - BPA y predio exportador.
Estrategias o política para seguir	• Generación de incentivos para los productores que trabajen y logren productos con buenas posibilidades de certificación • Apoyo del Estado para mejorar la infraestructura con fines de obtener certificaciones • Utilización de prácticas ecológicas como abono orgánico, bio preparados y curvas a nivel acolchados • Acompañamiento técnico dirigido al fortalecimiento de las capacidades productivas y técnicas de los productores • Generación de convenios universidad-Estado-empresa para capacitar a los encargados de la cadena
Proyectos definidos para la demanda Optimización de los costos de producción	
Definición de la demanda	Disminución de los costos del proceso productivo.
Estrategias o política para seguir	• Elaboración de abonos y pesticidas dentro de la misma finca • Generación de tablas de costeo fáciles y efectivas para los agricultores • Desarrollo de biofábricas para producir productos no contaminantes para mejorar la parte fitosanitaria de los cultivos • Acceso a mercados de bajo costo de insumos mediante compras conjuntas (asociaciones de segundo nivel) • Formación y transferencia de conocimiento en el manejo tecnificado de fincas (aplicaciones web y móviles)
Proyectos definidos para la demanda Disponibilidad de mano de obra calificada	
Definición de la demanda	Talento humano calificado disponible para el proceso productivo.
Estrategias o política para seguir	• Desarrollo de un programa de educación rural articulado con las vocaciones productivas del territorio, fortaleciendo la oferta educativa en el departamento • Desarrollo de programas en las zonas rurales que estimulen el relevo generacional y la retención de los jóvenes en el territorio, mediante la dignificación de la actividad campesina • Incentivos para jóvenes rurales (educación, salud, ingresos) • Realización de alianzas y convenios de los territorios con las universidades y centros de enseñanza para capacitar en BPA a productores

Proyectos definidos para la demanda Desarrollo empresarial	
Definición de la demanda	Cultura agroempresarial, fortalecimiento de los gremios, articulación de los eslabones de la cadena e integración entre productores e industria.
Estrategias o política para seguir	• Programas de fortalecimiento organizacional dirigidos a asociaciones y productores, mediante acompañamiento técnico, desarrollo de planes de negocio y planes de mercadeo • Creación de centros agropecuarios para la venta directa del producto al consumidor • Formación en liderazgo y emprendimiento para el siglo XXI a los líderes de asociaciones y productores • Integración del sector privado
Proyectos definidos para la demanda Comercialización interna	
Definición de la demanda	Condiciones de comercialización en Colombia.
Estrategias o política para seguir	• Implementación de estrategias comerciales que motiven el consumo per cápita del producto a nivel interno • Desarrollo de productos con valor agregado que permitan liberar la dependencia del mercado de materias primas, cuyos precios son variables • Apoyo a certificaciones de calidad • Disminución de intermediarios y precio justo garantizado. • Realización de procesos de transformación del producto aprovechando los descartes que actualmente se están generando en las plantas • Proyecto que permita conocer las propiedades culinarias de las diferentes variedades de aguacate del Tolima • Ofrecimiento de productos en las mismas condiciones de calidad en las que se exporta • Aprovechamiento de segundas
Proyectos definidos para la demanda Acceso de medianos productores a tecnología para la agregación de valor	
Definición de la demanda	Capacidad de los medianos productores de acceder a conocimiento, maquinaria y equipo para la industria.
Estrategias o política a seguir	• Fortalecimiento a las unidades productivas mediante la convocatoria de material semilla para la modernización tecnológica • Implementación de subsidios para la actualización de la tecnología

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO

6 CONCLUSIONES

La construcción de la agenda prospectiva de Investigación y Desarrollo tecnológico para la cadena productiva de aguacate en el departamento del Tolima fue un ejercicio que contó con la participación de cerca de 40 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 “Aguacate: oro verde del Tolima” 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, a partir de los árboles de pertinencia, en materia de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para cada factor crítico, como se describe a continuación:

- Investigación, desarrollo e innovación en manejo en producción y cosecha: Se hace necesario, en el corto plazo, identificar los requerimientos nutricionales y agroecológicos para las diferentes variedades de aguacate del Tolima; realizar experimentos controlados con respecto a tiempos y tipos de poda en aguacate según variedad, y desarrollar y validar en campo tecnologías no invasivas como visión por computadora (infrarrojo) para la estimación de estados óptimos de madurez y clasificación durante la recolección.
- Identificación temprana y manejo integrado de plagas y enfermedades: Se hace necesario, en el corto plazo, identificar la incidencia de las plagas y enfermedades más importantes en las zonas con potencial productivo de aguacate en el departamento; conformar una red de estaciones meteorológicas para el estudio de variables climáticas clave y su relación con la incidencia y aparición de plagas y enfermedades, e identificar microorganismos con potencial biocontrolador, metabolitos secundarios y posibles depredadores de plagas y enfermedades.
- Desarrollo de productos de alto valor agregado para la industria alimenticia: Se hace necesario, en el corto plazo, desarrollar ejercicios de vigilancia tecnológica para la identificación de las tendencias de investigación y desarrollo tecnológico en torno a la agregación de valor del aguacate para la industria alimentaria; establecer alianzas entre grupos de investigación, tanto regionales como nacionales e internacionales, para adelantar a nivel de laboratorio acciones de investigación para el desarrollo de nuevos procesos y productos para la industria alimentaria y vincular a la academia, los productores y las asociaciones en proyectos de puesta en marcha de plantas piloto y semiindustriales para el procesamiento de nuevos productos de valor agregado para la industria.
- Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para almacenamiento y transporte: Se hace necesario, en el corto plazo, desarrollar procesos de formación (universidades - SENA) para la transferencia de conocimiento en modelos de transporte, almacenamiento y logística en toda la cadena productiva de aguacate, y evaluar las propiedades de recubrimientos biodegradables a base de productos naturales para extender la vida útil en poscosecha.
- Capacidad exportadora: Se hace necesario, en el corto plazo, implementar programas Gobierno-exportadores que entreguen incentivos para cofinanciar la obtención de certificaciones de acceso a mercados internacionales a las asociaciones y productores (Global GAP - BRCGS, IFS, HACCP) y posicionar en el mercado internacional otros tipos de aguacates con potencial de comercialización, dadas sus características funcionales

para la preparación de diferentes platos.

- Plataformas integrales de comercialización directa entre productor-cliente: Se hace necesario, en el corto plazo, desarrollar programas por parte de gobiernos locales y departamentales para la transferencia y apropiación de TIC en los productores agropecuarios; desarrollar herramientas web, aplicaciones móviles o instrumentos que faciliten la sistematización de la información para el seguimiento de la trazabilidad y diseñar un plan de ruedas de negocio presencial y virtual que permita conectar a productores con compradores a nivel nacional e internacional.

Dentro de las variables no priorizadas, es importante destacar el uso de Big Data e IoT, como instrumentos de captura y análisis de información ambiental y de cultivo para la predicción y toma de decisiones, además de la implementación de tecnologías para el uso eficiente del agua, ante un inminente impacto del cambio climático en el cultivo, que pude hacer que el estrés hídrico afecte la calidad del aguacate. Por último, el desarrollo empresarial no deberá ser dejado de lado, mediante la implementación de herramientas de transformación digital que permitan la gestión administrativa, financiera y contable de los elementos de cultivo, de manera, ágil, precisa y confiable, para que los productores del departamento proyecten de manera más sencilla la productividad de la cosecha, el manejo de plagas y enfermedades, así como la comercialización.

Como elementos transversales, la cadena deberá direccionar sus esfuerzos de comercialización internacional a los mercados asiáticos, especialmente China y Japón, debido a su apertura y aceptación de productos nacionales. De igual manera, se debe buscar el posicionamiento en mercados europeos de los aguacates verdes con potencial nutricional y culinario para diversos nichos de mercado, así como el aprovechamiento de subproductos, de segundas y terceras para la transformación en productos de alto valor agregado como aceite de aguacate, mantequilla de aguacate y la elaboración de alimentos nutracéuticos a partir de las vitaminas, carotenoides y polifenoles presentes en el aguacate para el tratamiento de enfermedades. Todo esto se hará posible en la medida en que se incorporen por parte de los productores, protocolos de manejo en cosecha y poscosecha, además de modelos asociativos para la adquisición de tecnologías para la agregación de valor y puesta en marcha de plantas semiindustriales.

Ante la volatilidad de los modelos económicos y las dinámicas de consumo, 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 agrícolas.

Es relevante mantener el monitoreo constante a nivel científico y tecnológico, tanto nacional como internacional, sobre los avances que se están desarrollando sobre 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 México, Perú y República Dominicana como referentes en el análisis de brechas por sus prácticas diferenciadas en materia de producción, transformación 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, las cuales deberán ser fortalecidas a fin de comprometer a los distintos actores y expertos en la consecución del escenario apuesta definido para la cadena de aguacate 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. (2019). *Resultados de las evaluaciones agropecuarias.* http://www.agronet.gov.co/Paginas/ProduccionNacionalDpto.aspx

Agrosavia. (2008). *Tecnología para el cultivo de aguacate.* https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13459/43103_50479.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Agrosavia. (2017). *Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano.* https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12759

Altendorf, S. (2017). *Perspectivas mundiales de las principales frutas tropicales.* http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/Tropical_Fruits_Spanish2017.pdf

Asociación Nacional de Comercio Exterior - ANALDEX. (2020). *La meta con el aguacate Hass colombiano es conquistar el mercado chino este año.* https://www.analdex.org/2020/01/29/la-meta-con-el-aguacate-hass-colombiano-es-conquistar-el-mercado-chino-este-ano/

Bermeo, H. P., Saavedra, C., & Sandoval, A. P. (2012). *Prospectiva para la innovación en la agrocadena del aguacate en el Tolima.* Universidad de Ibagué.

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

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

CBI-Ministry of Foreign Affairs. (2020). *The European market potential for avocados.*

Cubillos, M y Bolívar, A. . (2018). *Desarrollo de un producto derivado del aguacate basados en la metodología Prodintec con la asociación de productores orgánicos del municipio de DIBULLA.*

Datos abiertos. (2019). *Datos abiertos Colombia.* https://www.datos.gov.co/

Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales-DIAN. (2019). *Estadsticas de comercio exterior.* https://www.dian.gov.co/dian/cifras/Paginas/Estadisticas-ComEx.aspx

Fondo para el financiamiento del sector agropecuario-FINAGRO. (2018). *Ficha de inteligencia Aguacate.*

Godet, M., & Durance, P. (2007). *La caja de herramientas de la prospectiva estratégica.*

Gutiérrez-Grijalva, E. P., Ambriz-Pérez, D. L., & Heredia, J. (2018). *Aprovechamiento de Subproductos de la Industria Alimentaria Para la Obtención de Compuestos Bioactivos.* AGT Editor S. A.

Henao-rojas, J. C., Ramírez-Gil, J. G., & Morales, J. G. (2020). Mitigation of the Adverse Effects of the El Niño (El Niño, La Niña) Southern Oscillation (ENSO) Phenomenon and the Most Important Diseases in Avocado cv. Hass Crops. *Plants, 9*(790). https://doi.org/doi:10.3390/plants9060790

ICEX. (2018). *Países Bajos, segundo importador de aguacate del mundo.* https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/noticias/NEW2017710634.html?idPais=NL

Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. (2018a). *El aguacate Hass producido en el departamento del Tolima llegará a las mesas españolas.* https://www.ica.gov.co/noticias/aguacate-hass-producido-en-tolima-llega-a-espana

Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. (2018b). *El ICA Continúa trabajando con productores de aguacate Hass del Tolima en proceso de exportación hacia los Estados Unidos.* https://www.ica.gov.co/noticias/ica-productores-aguacate-hass-tolima

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2017). *El cultivo de aguacate gran potencial para la Repblica Dominicana.* https://www.iica.int/es/prensa/noticias/el-cultivo-de-aguacate-gran-potencial-para-la-republica-dominicana

LegisComex. Sistema de Inteligencia Comercial. (2019). *LegisComex. Sistema de Inteligencia Comercial.* httpswwwlegiscomexcom

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."

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). *Aguacate.* https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/A1232-Bullets aguacate Septiembre_.pdf

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.

Mordor Intelligence. (2020). Global Avocado Market Industry. Trends and Forecasts 2019-2024. *In Syndicated Report.*

Nova, A. (2019). *Aguacate producido en República Dominicana se posiciona en el exterior.* https://www.eldinero.com.do/76632/aguacate-producido-en-republica-dominicana-se-posiciona-en-el-exterior/

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/

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.

Perú Info. (2017). *¡Perú es el segundo mayor exportador mundial de palta fresca!* https://peru.info/es-pe/comercio-exterior/noticias/7/29/peru-segundo-mayor-exportador-mundial-de-palta-fresca

Portal Frutícola. (2019). *Nuevas tendencias que marcarán el crecimiento de la industria de aguacates en según WAO.* https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/01/30/nuevas-tendencias-que-marcaran-el-crecimiento-de-la-industria-de-aguacates-en-2019-segun-wao/

Ramírez-Gil, J. G., Castañeda-Sánchez, D. A., & Morales-Osorio, J. G. (2017). Production of avocado trees infected with Phytophthora cinnamomi under different management regimes. *Plant Pathology, 66*(4), 623–632. https://doi.org/10.1111/ppa.12620

Ramírez-gil, J. G., & Henao-rojas, J. C. (2019). Review of the concept of quality in Hass avocado and the pre-harvest and harvest factors that determine it under tropical conditions. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 13*(3), 359–370.

Ramírez-Gil, Joaquín Guillermo, Giraldo-Martínez, G. O., & Morales-Osorio, J. G. (2018). Design of electronic devices for monitoring climatic variables and development of an early warning system for the avocado wilt complex disease. *Computers and Electronics in Agriculture, 153,* 134–143.

Ramírez-Gil, Joaquín Guillermo, López, J. H., & Henao-Rojas, J. C. (2020). Causes of hass avocado fruit rejection in preharvest, harvest, and packinghouse: Economic losses and associated variables. *Agronomy, 10*(1). https://doi.org/10.3390/agronomy10010008

Ramírez-Gil, Joaquín Guillermo, Marlon, B., Cobos, E., Jiménez-García, Daniel Morales-Osorio, J. G., & Townsend Peterson, A. (2019). Current and potential future distributions of Hass avocados in the face of climate change across the Americas. *Crop & Pasture Science, 7*0(8), 694–708. https://doi.org/https://doi.org/10.1071/CP19094

Ramírez-Gil, Joaquín Guillermo, & Morales-Osorio, J. G. (2020). Development and validation of severity scales of avocado wilt complex caused by Phytophthora cinnamomi, Verticillium dahliae and hypoxiaanoxia disorder and their physiological responses in avocado plants. *Agronomia Colombiana, 38*(1), 12–27. https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v38n1.78527

Ramírez-Gil, Joaquin Guillermo, Morales, J. G., & Peterson, A. T. (2018). Potential geography and productivity of "Hass" avocado crops in Colombia estimated by ecological niche modeling. *Scientia Horticulturae, 237*(April), 287–295. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.021

Ramírez-Gil, Joaquín Guillermo, & Peterson, A. T. (2019). Current and potential distributions of most important diseases affecting Hass avocado in Antioquia Colombia. *Journal of Plant Protection Research, 59*(2), 214–228. https://doi.org/10.24425/jppr.2019.129288.

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

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

Unión Europea. (2019). *Preguntas parlamentarias.* http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-8-2019-001919_ES.html

ANEXO

1

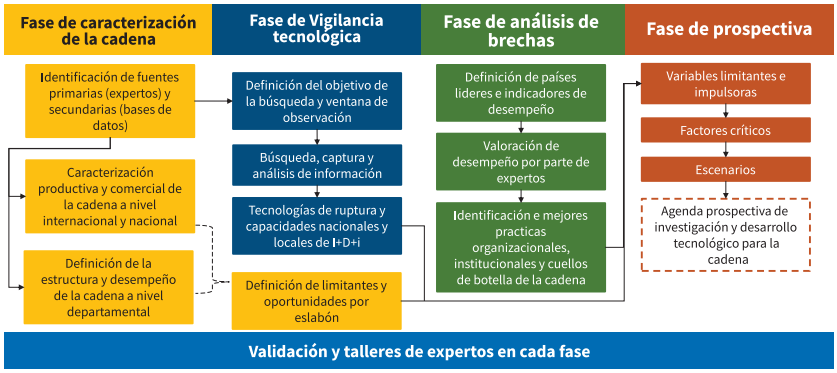
MODELO METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS AGENDAS PROSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

La construcción de la agenda prospectiva de Investigación y Desarrollo tecnológico para la cadena productiva de aguacate 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 genera productos intermedios que son empleados posteriormente como insumo para la construcción de la agenda. Lo anterior hace que las fases contemplen una coherencia y lógica entre las mismas. 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, la evolución 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.

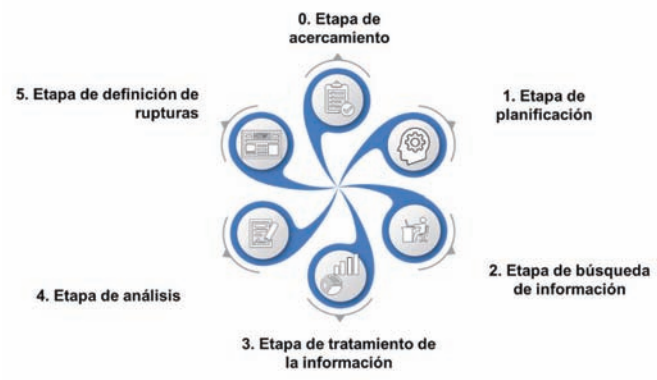
Con esta información, se estableció la composición, estructura y estado actual de la cadena en el ámbito departamental, estableciendo los eslabones presentes y sus principales actores. En este proceso se contó con la valiosa participación de expertos locales y nacionales, para evidenciar perspectivas 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 son empleados indistintamente en todas las bases de datos.

Etapa de Tratamiento de la información: En esta etapa se procesó la información aportada en la fase 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 etapa 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 fue 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 reconocidos 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
- Producción (t)
- 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, aquellos que presentan 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, para, 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

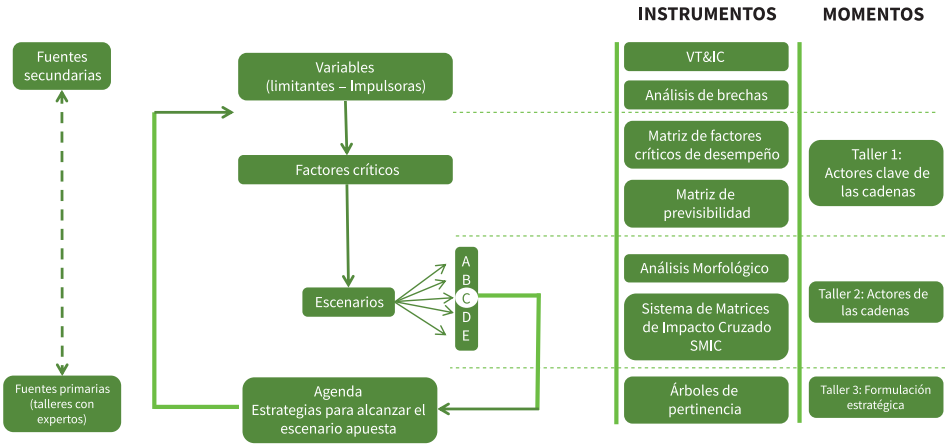
La primera etapa del proceso de construcción de los planes prospectivos se enfocó en definir las variables (limitantes e impulsoras) a partir de las limitaciones y oportunidades por eslabón obtenidas en los ejercicios de caracterización, vigilancia tecnológica y análisis de brechas. Con esta información, 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 26 (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 (26 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, están 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