

Plan de investigación y desarrollo de la cadena productiva del **aguacate Hass** en el **Valle del Cauca** a partir de sus principales **brechas tecnológicas**



Lizette Díaz Ramírez
Miryan Janeth García Botina
Matthias Jäger
Jhon Jairo Hurtado



Financian



Apoyan



Organiza



Plan de investigación y desarrollo de la cadena productiva del **aguacate Hass** en el **Valle del Cauca** a partir de sus principales **brechas tecnológicas**



Lizette Díaz Ramírez
Miryan Janeth García Botina
Matthias Jäger
Jhon Jairo Hurtado

Plan de investigación y desarrollo de la cadena productiva del **aguacate Hass** en el **Valle del Cauca** a partir de sus principales **brechas tecnológicas**

Lizette Díaz Ramírez
Miryan Janeth García Botina
Matthias Jäger
Jhon Jairo Hurtado

Financian



Apoyan



Organiza



Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Díaz Ramírez, Lizette

Plan de investigación y desarrollo de la cadena productiva del aguacate Hass en el Valle del Cauca a partir de sus principales brechas tecnológicas / Lizette Díaz Ramírez [y otros tres]. — Primera edición. — Bogotá : Editorial Universidad Nacional de Colombia ; Palmira : Universidad Nacional de Colombia. Proyecto Incremento de la Competitividad Sostenible, 2021.

100 páginas : ilustraciones (principalmente a color), diagramas, fotografías

Incluye referencias bibliográficas

ISBN 978-958-794-607-9 (rústica). — ISBN 978-958-794-593-5 (e-book)

1. Cadenas de valor agrícolas 2. Aguacate – Producción — Valle del Cauca — Colombia 3. Persea americana 4 Investigación agrícola para el desarrollo 5. Desarrollo de la comunidad I. García Botina, Miryan Janeth II. Jäger, Matthias III. Hurtado, Jhon Jairo, 1988- IV. Título

CDD-23 338.174653 / 2021

© Universidad Nacional de Colombia

© Proyecto Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, occidente

Primera edición, agosto del 2021

ISBN impreso: 978-958-794-607-9

ISBN digital: 978-958-794-593-5

Preparación editorial

Editorial Universidad Nacional de Colombia

Av. El Dorado # 44A-40

Hemeroteca Nacional Universitaria

Bogotá D.C., Colombia

(+57 1) 316 5000 Ext. 20040

direditorial@unal.edu.co

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

Sede Principal y Oficina Regional para América

Latina y el Caribe

Km 17 Recta Cali-Palmira. C. P. 763537

A. A. 6713, Cali, Colombia

Teléfono: +57 2 4450000

Punto focal: Jhon Jairo Hurtado

Correo electrónico: j.hurtado@cgiar.org

Página web: www.ciat.cgiar.org

Coordinación editorial

Angélica María Olaya Murillo

Corrección de estilo

Hernán Rojas

Diseño de la colección

Andrea Kratzer

Diseño de cubierta

Juan Carlos Villamil N.

Diagramación

Martha Echeverry

Este documento hace parte de una serie de volúmenes estratégicos desarrollados en el marco de proyecto “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, occidente”, financiado por el Sistema General de Regalías (SGR) y coordinado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

Fotografías de cubierta Pedro José Arango Dussan

Viñeta de cubierta diseñada por ikatod / rawpixel / Freepik, tomada de: www.freepik.es

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en Bogotá, D. C., Colombia



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual

CC BY-NC-SA

AGRADECIMIENTOS

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat) agradece a los productores, procesadores, comercializadores, profesionales representantes de las entidades de apoyo e instituciones de investigación y demás actores vinculados a la cadena productiva del aguacate del Valle del Cauca; por su disposición para conjugar, en un solo lenguaje, las brechas tecnológicas de la cadena y determinar aquellas que pueden ser abordadas, a través de investigaciones, por las instituciones académicas y los centros de investigación de la región; en especial, los vinculados al proyecto “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, occidente”.

De forma especial, expresamos nuestra gratitud con la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, por habernos permitido liderar este proceso participativo que concluye con una hoja de ruta o guía temática para los investigadores interesados en esta línea productiva. Expresamos nuestra gratitud también con la Gobernación del Valle del Cauca y el Sistema General de Regalías como financiadores del proyecto. Así mismo, agradecemos a los integrantes del Comité Departamental del Aguacate y a los profesionales de la Secretaría de Ambiente, Agricultura y Pesca del Valle del Cauca, de la Universidad del Valle, de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), de la Asociación Hortofrutícola de Colombia (Asohofrucol), del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y del Parque Biopacífico, por su constante compromiso y por la contribución con sus saberes, conocimientos y experiencias.

Por último, extendemos un especial agradecimiento individual a:

Alberto Díaz, Alejandro Fernández, Alfredo Ayala, Carlos Vélez y Claudia Ochoa (Univalle)

Alejandro Rincón, José Horacio Reyes y Rubiela González Rodríguez (Secretaría de Ambiente, Agricultura y Pesca del Valle del Cauca)

Ana Milena Caicedo y Celina Torres (Asesoras técnicas del proyecto)

Andrés Charry, Alejandra Gálvez, Brayan Mora Argoti, Erika Mosquera, Juan Fernando Gutiérrez, Natalia Gutiérrez y Mark Lundy (Ciat)

Arbey Antonio Salazar (Comité Departamental de Aguacate)

Héctor Fabián Orozco (Agrosavia)

Carlos Germán Muñoz, Eyder Daniel Gómez, Florencia Satizabal, Herney Darío Vásquez y Raúl Saavedra (Unal)

Juan Carlos Valencia (Asohofrucol)

Julián Duque (Pacific Fruits)

Norberto Calderón (Fundea)

CONTENIDO

1.	Introducción	11
2.	Objetivos	12
2.1.	Objetivo general	12
2.2.	Objetivos específicos	12
3.	Metodología	12
3.1.	Fase 1: brechas tecnológicas	13
3.2.	Fase 2: tendencias de investigación	14
3.3.	Fase 3: plan de acción	15
4.	Brechas tecnológicas	16
5.	Tendencias de investigación	24
5.1.	Principales temas de investigación a nivel internacional	24
5.2.	Brechas entre la investigación y las necesidades de la cadena del aguacate en el Valle del Cauca	31
6.	Plan de investigación	49
6.1.	Plan de acción	53
6.2.	Priorización de propuestas de investigación	57
6.3.	Articulación con el plan estratégico de la cadena regional	60
6.4.	Capacidad departamental de investigación y desarrollo tecnológico para el sector agrícola	61
7.	Conclusiones	73
	Glosario	75
	Referencias	76
	Anexo 1. Talleres con actores de la cadena del aguacate	83
	Anexo 2. Guía para evaluación de alternativas de investigación que respondan a cuellos de botella identificados para la cadena productiva del aguacate Hass en el Valle del Cauca	85

1. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de aguacate Hass a nivel mundial ha abierto una ventana de oportunidades para países como Colombia, donde el cultivo ha experimentado un crecimiento considerable durante la última década. Lo anterior, debido al gran potencial productivo y exportador que se vislumbra desde el sector agrícola, atrae la atención de nuevos participantes en la cadena a nivel nacional. Por esta razón, el aguacate Hass se perfila como una de las principales apuestas de exportación.

En la actualidad, las posibilidades de comercialización de la fruta producida en el país requieren de continuar la búsqueda de mercados diferentes al europeo, posicionarse en los que aún la presencia del aguacate Hass colombiano es incipiente e ingresar a nuevas plazas como parte de una diversificación sana de mercados. No obstante, los retos a los cuales se enfrenta el sector son numerosos, entre estos se encuentran: 1) contar con la capacidad para mantener una excelente calidad, 2) cumplir con las certificaciones requeridas por el mercado y 3) diseñar y ejecutar un plan de inversión que permita dar mayor valor agregado a la fruta que, en fresco, no logra acceder a los mercados internacionales. Estos y otros desafíos requieren de un esquema de trabajo colectivo, en el que el sector público, privado y la academia aúnen esfuerzos, compartan aprendizajes y generen conocimientos dirigidos a mejorar la competitividad del sector.

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), al ser uno de los operadores del proyecto de investigación “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, occidente”, busca impulsar sinergias institucionales, con el fin de aprovechar las ventajas y fortalezas existentes en cada una de las organizaciones que hacen parte del entorno de 3 de las cadenas productivas del subsector frutícola (aguacate, piña y mora), en la zona de ladera del departamento. Así, el propósito es generar conocimiento que pueda ser dirigido hacia el fortalecimiento, desarrollo e incremento de la competitividad de las cadenas nombradas. Este proyecto es financiado por el Sistema General de Regalías (SGR) y coordinado por la Universidad Nacional de Colombia (Unal), sede Palmira, durante 3 años (2017-2019).

En este ámbito, CIAT está encargado de la construcción de los planes de investigación y desarrollo para las cadenas mencionadas. El objetivo de estos documentos es definir temas de investigación encaminados a dar respuesta a las principales demandas tecnológicas de las agrocadenas. Además, propone un listado de actividades dirigidas a la investigación y el desarrollo, con el fin de gestionar conocimiento que sea útil para su implementación a corto, mediano y largo plazo y con la posibilidad de ser abordadas por los operadores del proyecto (Universidad Nacional de Colombia, Universidad del Valle y CIAT) y otras entidades.

Así, a lo largo de este documento, se hará referencia a las necesidades específicas de la cadena del aguacate Hass del departamento del Valle del Cauca y, entre sus alcances, se espera que sirva como guía y herramienta de consulta, que brinde elementos para la toma de decisiones por parte de aquellos interesados en implementar procesos de fortalecimiento a nivel regional. Este trabajo hace parte de una serie de productos acordados para el proyecto por parte de CIAT y su construcción se fundamenta en la identificación de las principales brechas tecnológicas presentadas por la institución (CIAT, 2018), con la finalidad de que los temas de investigación propuestos, se alineen con los requerimientos de los actores de cada eslabón de la cadena.

Además de lo mencionado, se revisó la información secundaria disponible acerca de los avances técnicos y se trabajó de la mano con expertos y actores en diversos ejercicios participativos, los cuales permitieron priorizar limitantes tecnológicas y postular posibles estrategias de solución investigativa. El cuerpo de este escrito incluye una descripción metodológica del proceso realizado, una breve reseña de las tendencias de investigación a nivel internacional (a partir de la revisión bibliográfica de las principales bases de datos de publicaciones científicas disponibles en la web), la priorización de las demandas de investigación, un plan de acción para la ejecución de las alternativas propuestas, la descripción de la capacidad departamental en materia de investigación al servicio del sector agrícola y las conclusiones derivadas del ejercicio.



Por último, es preciso agradecer a los actores de la cadena del aguacate Hass –tanto productores, como empresas transformadoras y comercializadoras–, quienes participaron de manera activa en este proceso y que, con sus valiosos aportes y conocimientos, hicieron posible la construcción del documento. Además, hacemos un especial reconocimiento a la contribución que realizaron profesionales y expertos de entidades como la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad del Valle, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), el Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola (Asohofrucol), la Secretaría de Ambiente, Agricultura y Pesca del Valle del Cauca y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), entre otros.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Elaborar un plan de investigación y desarrollo para la cadena del aguacate Hass en el Valle del Cauca basado en las brechas tecnológicas de la misma.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar alternativas de investigación que permitan disminuir las brechas tecnológicas de la cadena del aguacate Hass.
- Definir las propuestas de investigación apropiadas para el alcance del proyecto.

3. METODOLOGÍA

La construcción del plan de investigación y desarrollo obedece a 3 grandes fases, las cuales contienen una serie de actividades que confluyen en los resultados presentados en este documento (ver figura 1). A continuación, se describe esta metodología de trabajo.

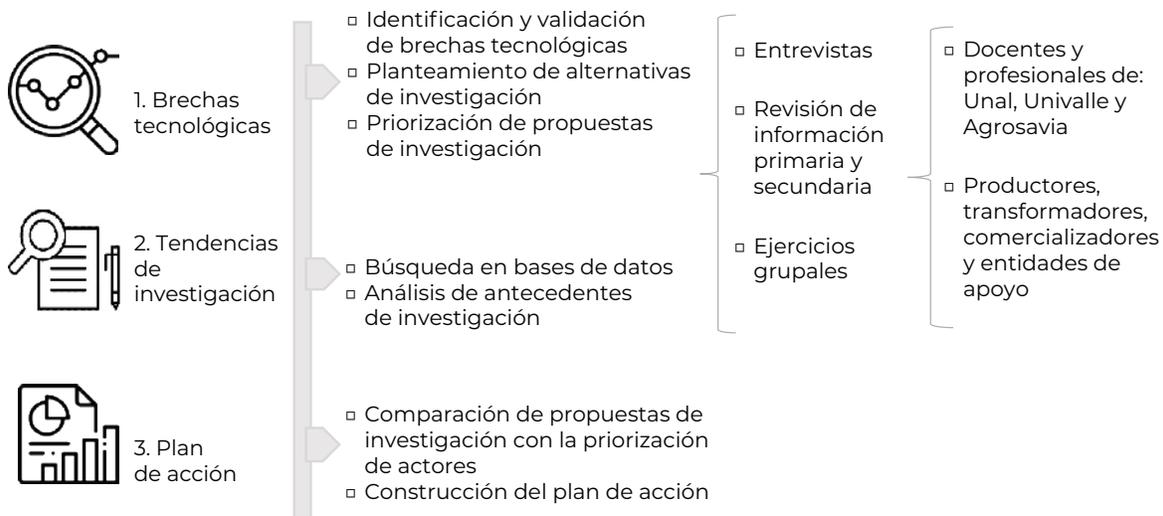


Figura 1. Metodología para la estructuración del plan de investigación y desarrollo

Fuente: elaboración propia.



3.1. Fase 1: brechas tecnológicas

A mediados del 2017 y durante el 2018, a través de visitas a la zona de producción y mediante la realización de entrevistas semiestructuradas y actividades grupales con diferentes actores de la cadena del aguacate, se identificaron las brechas tecnológicas y no tecnológicas en el departamento¹. A partir de estas problemáticas, se categorizó cada eslabón y se priorizaron las brechas que podrían ser atendidas a través de la investigación (es decir, las de tipo tecnológico).

Durante las jornadas de trabajo² con profesionales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); la Universidad Nacional de Colombia (Unal), sede Palmira; la Universidad del Valle; y Agrosavia, se analizaron las brechas de la cadena y se plantearon posibles alternativas de investigación. Para el desarrollo de la actividad, se diseñó una *Guía para la evaluación de alternativas de investigación*³, la cual contiene los parámetros de valoración de las propuestas de investigación resultantes del ejercicio. Así, de manera grupal, se evaluó la pertinencia técnica de las mismas (en una escala de 1 a 3) y se consideraron los siguientes factores: 1) investigaciones previas, 2) viabilidad de adopción, 3) tiempo para lograr impacto, 4) capacidad de respuesta institucional, 5) impacto social, 6) impacto ambiental y 7) impacto económico (ver tabla 1).

Como resultado, se obtuvo un listado de temas posibles de estudio a partir del cual se priorizaron, de forma participativa, aquellas investigaciones que podrían ser atendidas en el marco del proyecto. Con el propósito de complementar este ejercicio, se llevó a cabo una jornada de trabajo⁴ para socializar los resultados obtenidos con los demás integrantes de la cadena y evaluar, desde su perspectiva, las soluciones o estudios que generarían mayor impacto en la misma.

Por último, se realizó un ejercicio de comparación entre las alternativas de investigación definidas por los expertos y las destacadas por los demás actores de la cadena, con el fin de identificar aquellas que, bajo las 2 perspectivas, demandan mayor atención.

Tabla 1. Factores de evaluación de las alternativas de investigación

Factor	Descripción del factor
Investigaciones previas	Hace referencia a los resultados de investigaciones previas (entre los años 2000 y 2017) reportados a través de publicaciones científicas, las cuales pueden encontrarse en los repositorios de universidades y centros de investigación de la región ⁵ .
Viabilidad de adopción	Se refiere a la viabilidad técnica y económica para la implementación de los resultados de cada investigación por parte de los actores de la cadena productiva.
Tiempo para lograr impacto	Este factor es determinado con el fin de evaluar el tiempo requerido para la generación de impactos a corto, mediano o largo plazo con los resultados de cada investigación.
Capacidad de respuesta institucional	Este aspecto se relaciona con la capacidad técnica y económica de todas y cada una de las entidades que llevan a cabo procesos de investigación, según la experiencia institucional, el equipo de trabajo, el acceso a laboratorios, las investigaciones relacionadas, entre otros.

Continúa

- 1 La descripción detallada de las brechas de la cadena del aguacate se encuentra en el documento titulado *Brechas tecnológicas de la cadena productiva del aguacate del Valle del Cauca y descripción del estado del arte* (CIAT, 2018). Los talleres grupales están documentados en memorias.
- 2 Talleres de evaluación de alternativas de investigación para las cadenas de aguacate, mora y piña del Valle del Cauca llevados a cabo en las instalaciones del CIAT en 2 fechas: 02 de abril de 2018 y 16 de abril de 2018.
- 3 Ver anexo 2 denominado “Guía para evaluación de alternativas de investigación que respondan a cuellos de botella identificados para la cadena productiva del aguacate del Valle del Cauca”.
- 4 Taller de validación del plan de investigación a partir de las brechas tecnológicas de la cadena productiva del aguacate, llevado a cabo en el municipio de Cartago, Valle del Cauca, el 08 de junio de 2018.
- 5 Al momento del ejercicio (realizado el 02 de abril de 2018) se habían encontrado 171 publicaciones científicas relacionadas con aguacate, resultado de la consulta llevada a cabo en el Sinab (Universidad Nacional de Colombia), y otros catálogos de consulta virtual (p. ej., Agrosavia, Universidad de Antioquia, Universidad de Ibagué, Uniquindio, Universidad de Manizales, Universidad de Nariño, Unicauca, Eafit, Universidad Tecnológica de Pereira y Universidad del Valle).



Factor	Descripción del factor
Impacto social	Se refiere a la incidencia o efectos sociales –positivos o negativos– que el desarrollo o implementación de los resultados de la investigación pueda traer para la comunidad actora, según aspectos como la calidad de vida, el desarrollo comunitario, la igualdad de oportunidades, el impacto en minorías –al igual que en poblaciones vulnerables– y la distribución justa de los beneficios.
Impacto ambiental	Factor que se asocia a los efectos ambientales –positivos o negativos– del desarrollo o implementación de los resultados de cada investigación, al tener en cuenta aspectos como el manejo sostenible de recursos, la protección del medioambiente y la preservación o restauración de hábitats.
Impacto económico	Hace referencia a los efectos del desarrollo o implementación de resultados de cada investigación en la economía de los actores de la cadena productiva del departamento, al considerar la reducción de costos de operación, la relación costo-beneficio, el mejoramiento de la productividad, la generación de empleos y el impulso de la competitividad.

Fuente: elaboración propia.

3.2. Fase 2: tendencias de investigación

Para el desarrollo de esta etapa, se realizó una búsqueda de investigaciones previas⁶, disponibles en bases de datos de reconocimiento científico a nivel nacional e internacional (ver tabla 2). A partir de esto, se compiló un listado de publicaciones científicas (en especial, artículos) divulgadas en internet desde el año 2000 hasta mediados del año 2018.

Tabla 2. Bases de datos de publicaciones científicas consultadas para la revisión de tendencias de investigación

Base de datos	Descripción
Scopus	Base de datos bibliográfica actualizada de forma permanente. Incluye citas de artículos de revistas científicas en áreas de ciencia, tecnología, medicina y ciencias sociales.
Web of Science (wos)	Plataforma en línea de búsqueda. Contiene acceso a un conjunto de bases de datos de información bibliográfica y recursos de análisis de información.
Scielo	<i>Scientific Electronic Library Online</i> , o Biblioteca Científica Electrónica en Línea, es una biblioteca electrónica que permite consultar referencias de artículos de revistas científicas de América Latina y el Caribe.
Redalyc	La Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe permite acceder a artículos científicos de revistas iberoamericanas.
BAC	La Biblioteca Agropecuaria de Colombia recopila información producida por Agrosavia y otras entidades de investigación que hacen parte del sector agropecuario en el país.
Sinab	El repositorio institucional de la Universidad Nacional de Colombia, denominado Sistema Nacional de Bibliotecas (Sinab), contiene servicios digitales de información y recopila documentos científicos de diferentes áreas de la ciencia.

Fuente: elaboración propia.

Con el fin de efectuar una comparación del contenido de cada una de las bases de datos enunciadas, el proceso requirió hacer uso de herramientas de gestión bibliográfica como Mendeley y JabRef. A su vez, para la descripción de la investigación básica generada a nivel internacional, se construyó una base de datos que acopia la información extraída de las fuentes consultadas.

Para finalizar esta fase, se definieron las categorías y subcategorías necesarias para la clasificación de las publicaciones encontradas. Es importante enunciar que los temas definidos se ajustan a terminologías aceptadas por tesauros de reconocimiento en el campo académico (ver tabla 3). Así, se listaron y agruparon las publicaciones, según las *palabras claves* que habían definido los autores de las mismas o que hacían parte de lo expresado en cada *abstract* (resumen). Después de cuantificar

6 Esta actividad permitió complementar la información consolidada hasta el 2 de abril de 2018, dado que se amplió el marco de la búsqueda al contexto internacional. Las palabras claves utilizadas para la búsqueda fueron las siguientes: Persea americana, avocado y aguacate.



–para cada año– el número de documentos referidos, se procedió a destacar, enunciar y graficar las tendencias de investigación⁷.

Tabla 3. Categorización de temas de investigación

Categoría	Subcategoría	Tesoro (en el que se ubica el término)
Recursos genéticos	Genética vegetal	Usda, Unesco y Tesoro Agropecuario Colombiano
	Propagación vegetativa	Agrovoc y Usda
Producción	Características agronómicas	Agrovoc
	Caracterización de la producción	Tesoro Agropecuario Colombiano
	Fisiología vegetal	Usda y Tesoro Agropecuario Colombiano
	Manejo de cultivos	Usda
	Medioambiente	Agrovoc
	Morfología de las plantas	Usda
	Nutrición de las plantas	Agrovoc, Usda, Unesco y Tesoro Agropecuario Colombiano
	Plagas	Agrovoc, Usda y Unesco
	Enfermedades de las plantas	Tesoro Agropecuario Colombiano
	Polinización	Usda
	Química agrícola	Unesco
	Zonificación	Agrovoc y Usda
Poscosecha y transformación	Agroindustria	Unesco
	Tratamiento poscosecha	Usda
	Aceites vegetales	Agrovoc
Comercialización	Mercado agrícola	Unesco
Impacto económico y competitividad	Competitividad	Tesoro Isoc de Economía
	Impacto económico	Usda
Ciencias de la salud humana y animal	Medicina veterinaria	Agrovoc y Usda
	Medicina experimental	Tesoro de la biblioteca hispánica Aecid
	Salud nutricional	Minsalud

Fuente: elaboración propia.

3.3. Fase 3: plan de acción

En esta etapa se realizaron 2 actividades: la primera consistió en un ejercicio de comparación entre lo que los expertos habían considerado como investigaciones viables y lo manifestado por los actores de la cadena como estudios de importancia para mejorar su competitividad. Esto permitió conocer las alternativas de investigación que requieren mayor atención por parte de la academia y de los centros de investigación.

Para la segunda actividad se propusieron algunas entidades que podrían asumir el compromiso de llevar a cabo cada una de las investigaciones planteadas y se estimaron periodos de tiempo para su desarrollo y demás aspectos requeridos durante la fase investigativa. Esto fue realizado de manera conjunta con los actores, entre los que se incluyeron representantes de las instituciones de investigación con presencia en el departamento.

⁷ Para efectos de análisis de tendencias de crecimiento anual, no se tomaron los datos del año 2018 porque no reflejan la totalidad de las publicaciones generadas durante el periodo (hasta mediados del año). En algunos casos, fue necesario descartar el año 2000 como punto de partida al presentar datos aislados.



Es preciso aclarar que, aunque el planteamiento del presente plan de investigación y desarrollo da respuesta a los objetivos de un proyecto –y se destacan los aportes que pueden llevarse a cabo a través del mismo– se ha estructurado de tal forma que traza una ruta a seguir en aspectos de investigación a corto, mediano y largo plazo, para que de este modo sirva a otros agentes interesados.

4. BRECHAS TECNOLÓGICAS

En el Valle del Cauca, el crecimiento económico y social del sector primario hace parte de los propósitos de las organizaciones públicas y privadas que, en su quehacer misional, se encuentran comprometidas con el desarrollo de una región de tradición agropecuaria. En este contexto, es necesario evaluar de forma permanente, las brechas en los niveles de competitividad y rentabilidad de los renglones productivos que conforman la oferta agrícola y pecuaria del departamento. Así, para evitar el debilitamiento del sector, son necesarios el consenso de todos los actores de cada cadena productiva y la participación de los demás sectores de la economía.

En este sentido, el progreso del engranaje económico regional –que se sustenta en la producción y comercialización de productos agropecuarios– necesita del planteamiento y ejecución de acciones que, en el corto, mediano y largo plazo converjan en el cierre de brechas. De este modo, será posible acortar la distancia que existe, en el departamento y en el país, entre el modelo productivo actual y un modelo ideal en el que se distribuya equitativamente el valor agregado a lo largo de la cadena; al tiempo que se alcancen los requerimientos de competencia exigidos por el mercado.

En este ámbito, con el fin de solucionar las diferencias de crecimiento y desarrollo, se requiere, además de la intervención del Estado, una acción mancomunada en la que los actores identifiquen y analicen los factores principales que afectan la productividad y la sostenibilidad de la cadena productiva, para proponer estrategias que busquen su fortalecimiento y desarrollo.

Parte de las brechas que puedan encontrarse en cualquier cadena productiva pueden resolverse a través de la formulación y posterior ejecución de investigaciones; de ahí la importancia de las universidades y centros de investigación, que fundamentan y desarrollan estudios nacientes a partir de las necesidades reales de la sociedad, lo cual dará lugar a avances tecnológicos e innovaciones que trasciendan la elaboración de documentos y se materialicen en la realidad socioeconómica.

Según la información del estudio realizado por CIAT (2018) de la mano de los actores de la cadena del aguacate Hass del Valle del Cauca, las principales brechas de tipo tecnológico que afectan de forma crítica el desempeño de esta hacen referencia a los siguientes aspectos:

- **Desconocimiento del comportamiento de los patrones (material vegetal)**

Dentro de los puntos más relevantes para la producción de aguacate Hass en el trópico están la elección del material vegetal de propagación y su manejo agronómico. Según lo manifestado por los actores de la cadena, en el Valle del Cauca se desconocen los materiales vegetales utilizados como patrones para el establecimiento del cultivo, su proveniencia, los resultados que los agricultores han obtenido respecto a las pérdidas en campo y la productividad en las diferentes zonas donde es posible encontrar cultivos de aguacate Hass.

- **La producción de aguacate Hass en las condiciones edafoclimáticas de la región se encuentra en periodo de aprendizaje**

Aunque se desconoce con certeza el área establecida de aguacate Hass respecto al área de siembra de las demás variedades en el Valle del Cauca, es posible afirmar que este cultivo ha ido ganando territorio durante la última década en respuesta a su potencial para la exportación. Por esta razón, los agricultores y demás actores con plantaciones de la fruta aún se encuentran atravesando una



etapa de aprendizaje en la cual las prácticas agronómicas que demanda un cultivo de vocación exportadora son el principal foco de atención. Los actores de la cadena productiva indican que es relevante empezar a reconocer las diferencias locales de las zonas productivas para establecer métodos adecuados para estas particularidades agroecológicas. Entre otras cosas, esto permitirá a los productores conocer el comportamiento fisiológico del cultivo, evaluar sus necesidades hídricas, validar métodos de manejo agronómico apropiados y adoptar la tecnología necesaria para la optimización de resultados.

- **Estandarización insuficiente de un paquete tecnológico para el cultivo del aguacate Hass en el departamento**

Los actores de la cadena productiva requieren una herramienta guía para las labores de manejo agronómico, cosecha y poscosecha, con el fin de minimizar los actuales problemas de heterogeneidad en las técnicas y prácticas productivas. Lo anterior es comprensible si se tiene en cuenta que la optimización de la producción y el cumplimiento de las demandas del mercado requieren que el cultivo se lleve a cabo de forma tecnificada. En otras palabras, es preciso adoptar un paquete tecnológico basado en las buenas prácticas agrícolas (BPA), adecuado para las condiciones climáticas y agroecológicas regionales, al alcance de los agricultores para efectos de implementación y con un lenguaje de fácil interpretación para los productores y asesores del cultivo.

- **Establecimiento de cultivos en zonas no aptas (a pesar de existir estudios de zonificación)**

Pocas veces, la ubicación de lotes de producción para el establecimiento de proyectos agrícolas en Colombia se realiza conforme a los aspectos de aptitud agroclimática. El caso del aguacate Hass en el Valle del Cauca no ha sido ajeno a esta problemática. Según lo manifestado por los actores de la cadena, no se ha trabajado una metodología que oriente a los agricultores en la selección e implementación de proyectos productivos, respecto a las características de los recursos naturales que determinen la capacidad de respuesta de las zonas de producción, lo que incrementa los riesgos productivos y fitosanitarios.

- **Debilidad en los procesos de prevención, monitoreo y control de plagas y enfermedades**

Tanto la prevención como el control y erradicación de plagas y enfermedades en el cultivo del aguacate Hass son acciones que pueden reducir los riesgos de pérdidas económicas para los productores. Sin embargo, los actores de la cadena a nivel departamental argumentan que, si bien la academia ha realizado estudios acerca de esta temática, se desconoce el comportamiento de las plagas y enfermedades que afectan el cultivo según las particularidades agroecológicas de cada zona productiva. Por lo anterior, aún se dificultan las labores de manejo y como resultado, ocurren daños fitosanitarios y problemas en la calidad de la fruta. Esta situación tiende a agravarse al incrementarse las áreas de siembra y aumentar la probabilidad de manifestación de plagas, incluso las clasificadas como cuarentenarias. Esto conlleva a limitaciones comerciales para los exportadores.

- **Desconocimiento del impacto ambiental y socioeconómico asociado con el desarrollo del cultivo**

El aumento progresivo de las áreas destinadas al cultivo de aguacate Hass debe verse acompañado de incrementos en los niveles de bienestar económico y social para los actores de la cadena productiva. No obstante, desde la mirada de los productores, se desconocen los indicadores económicos que muestran el crecimiento o decrecimiento del agronegocio en el Valle del Cauca. Por otra parte, se ignoran los factores en los que converge este desarrollo económico, el cual se deriva de la adopción del cultivo versus el impacto ambiental de la ampliación de la frontera agrícola, razón que debería delimitar la inversión o el ingreso de nuevos actores en el eslabón primario a nivel departamental.



Aunque es probable que mientras los indicadores de crecimiento económico tengan una evolución inversamente proporcional a los índices ambientales, estos últimos deben ser valorados al otorgar y complementar la información del bienestar social.

- **Implementación insuficiente de prácticas ambientalmente sostenibles**

En el Valle del Cauca, el desarrollo del cultivo de aguacate Hass se realiza bajo sistemas convencionales que buscan maximizar la producción y permiten la utilización de agroinsumos durante la fertilización y el control de plagas. No obstante, estos modelos productivos tradicionales van en contra de las tendencias globales, que muestran una preocupación especial por la conservación y recuperación del medioambiente. Este hecho ha favorecido el crecimiento de un mercado diferencial. De acuerdo con los actores de la cadena, no se cuenta con suficiente información acerca de las ventajas y desventajas de la adopción de prácticas más sustentables (como la agricultura orgánica) con respecto a los volúmenes de producción, las cualidades del producto cosechado (p. ej., tamaño del fruto e índice de materia seca, entre otros) y los diferenciales del mercado.

- **Desconocimiento del manejo adecuado de los recursos naturales**

El principal mercado que abarca el aguacate Hass colombiano se encuentra en Europa; por lo tanto, mantenerse en el listado de proveedores de la fruta requiere estar a la vanguardia frente a las exigencias de los compradores y consumidores. En la actualidad, no basta con la implementación de las buenas prácticas agrícolas (BPA) y la certificación otorgada por Global G. A. P. para garantizar aspectos de inocuidad y trazabilidad, bienestar social, sostenibilidad ambiental y un manejo integrado del cultivo.

En este contexto, la implementación de las certificaciones nacionales e internacionales parecen ser una tarea de difícil acogida por parte de los pequeños agricultores del Valle del Cauca debido a los costos que conllevan las adecuaciones en infraestructura y al constante control y seguimiento a través de registros, entre otros. En este sentido, es preciso considerar que estos agricultores deben enfrentarse a competidores dispuestos a romper estas barreras comerciales al asumir dichos costos desde el inicio de sus proyectos productivos.

Además, a las exigencias mínimas nombradas se suman otras certificaciones éticas, sociales y ambientales entre las que se encuentran Grasp, Smeta-ETI, BSCI o RA⁸, con costos relativamente altos para los pequeños productores (Analdex *et al.*, 2019). A esto se suma, el interés creciente de la comunidad internacional por el uso racional del agua y la huella hídrica de los productos agrícolas, razón por la cual este aspecto adquiere relevancia en certificaciones como GlobalG. A. P., la cual incluye esta temática entre sus principios de evaluación. Desde la perspectiva de los actores de la cadena, en el Valle del Cauca, gran parte de los productores desconocen la relación entre la oferta y la demanda hídrica para el cultivo de la variedad Hass y no establecen pautas para el uso eficiente del agua a fin de evitar desperdicios y la contaminación del recurso.

Por otra parte, los productores demandan orientación con respecto a las técnicas de preservación de la salud del suelo (en relación con su textura, permeabilidad, porosidad y drenaje), con el propósito de evitar su deterioro o erosión y, de esta manera, maximizar la productividad del cultivo sin afectar el medioambiente. De igual forma, los actores de la cadena consideran que es necesario valorar el impacto asociado al uso inadecuado de agroquímicos y a la utilización de aquellos que han sido restringidos por parte de las autoridades de control.

⁸ Grasp: evaluación de riesgos para las prácticas sociales (complemento de GlobalG. A. P.). Smeta-ETI: auditoría de comercio ético de los afiliados a Sedex (grupo de organizaciones comprometidas con la ética en las cadenas de suministro). *Business Social Compliance Initiative* (BSI): negocios con iniciativa de cumplimiento social. *Rainforest Alliance* (RA): certificación de agricultura sostenible.



- **Investigación insuficiente para determinar la relación entre la calidad de la fruta en puertos de destino, la madurez de cosecha y el tratamiento poscosecha (ausencia de protocolos)**

Al ser un fruto climatérico, la maduración del aguacate continúa después de la cosecha, la cual debe efectuarse cuando alcanza la madurez fisiológica suficiente, para dar paso a los cambios físicos y químicos que lo llevan a la madurez de consumo (Parra y Serrano, 2017). Al respecto, el aguacate Hass colombiano no ha logrado ponerse al nivel de la fruta originaria de otros países productores, debido a la heterogeneidad de su maduración, la cual es identificada una vez se encuentra en los puertos de destino –cuando es sometido a pruebas y tratamientos térmicos–, donde la fruta colombiana se comporta de modo diferente en comparación a la exportada por la competencia, al manifestar inclusive menor durabilidad.

De lo anterior es posible deducir que en el proceso de adaptabilidad del cultivo a las condiciones tropicales del país y en el proceso de aprendizaje del manejo del mismo, así como de su exportación, no ha sido posible controlar los factores que intervienen y alteran la fisiología de la fruta, y que podrían llegar a perjudicar seriamente la imagen del producto en el mercado internacional. Por esta razón, los actores consideran necesario evaluar los factores que influyen en la “no homogeneidad” de la madurez del aguacate Hass colombiano antes de ingresar a nuevos mercados que requieran mayores tiempos de transporte. De igual forma, es necesario contar con protocolos de cosecha, poscosecha y tratamiento de la fruta en los puertos de destino, con el fin de reducir las pérdidas en el proceso comercial.

- **Bajo aprovechamiento agroindustrial y escasa innovación (agregación de valor)**

Para el 2017 ya se habían establecido en el país cerca de 13.500 ha de aguacate Hass, de las cuales 9625 ha se encontraban en fase productiva. Así, con un rendimiento estimado de 8 t/ha, el volumen de producción ascendió a 77.000 t. En el 2018 el panorama fue muy similar, la producción alcanzó las 95.250 t de la variedad Hass resultantes de 10.583 ha cosechadas y, como respuesta a esta dinámica, las exportaciones de la fruta alcanzaron un poco más del 90 % de la subpartida arancelaria (Granados y Valencia, 2018).

Además, se estima que el aumento del consumo de aguacate Hass en el territorio nacional se encuentra entre el 17 % y el 22 % (ver tabla 4) respecto a las demás variedades. Esto coincide con lo reportado por Ruiz (2017), quien calculó el indicador del consumo de la fruta en el 20 % con relación a las otras variedades ofertadas en el país.

Tabla 4. Consumo aparente del aguacate en Colombia (2017-2018)

Periodo	2017	2018
Producción (t)	375.295	403.184
Importaciones (t)	133	48
Exportaciones (t)	28.487	30.009
Producción de la variedad Hass (t)	77.000	95.250
Producción de otras variedades (t)	298.295	307.934
Exportaciones de la variedad Hass (90 % del total de exportaciones de aguacate) (t)	25.638	27.008
Exportaciones de otras variedades (10 % del total de exportaciones de aguacate) (t)	2849	3001
Volumen de Hass en el mercado nacional (t)	51.362	68.242
Volumen de otras variedades en el mercado nacional (t)	295.446	304.933
% de consumo aparente de Hass vs. otras variedades	17	22

Fuente: elaboración propia a partir de Granados y Valencia (2018) y Trade Map (2018).



El consumo de aguacate en Colombia aumentó durante los últimos años en respuesta a los cambios en los hábitos alimenticios y al incremento de la cantidad disponible en los mercados nacionales, lo que además conllevó a la disminución de los precios. Sin embargo, en el caso del aguacate Hass, la fruta compite al interior del país con otras variedades de consumo tradicional para los colombianos (Granados y Valencia, 2018). Al respecto, la literatura habla poco del mercado interno y se enfoca más en su exportación, lo que ha atraído la atención de nuevos participantes a la cadena productiva. En otras palabras, la expansión del cultivo ha involucrado no solamente a los agricultores tradicionales, sino también a otros inversionistas tanto nacionales como extranjeros (Ruiz, 2017), que han movilizado capital para el establecimiento de nuevos cultivos y la construcción de plantas de empaque y comercialización.

Frente a esta diversificación e incremento del número de actores en todos los eslabones, quizás son los pequeños y medianos agricultores los que podrían encontrarse en desventaja, en términos de competitividad, frente a los medianos y grandes. Estos últimos, tienen la capacidad de adaptarse a las exigencias de los compradores, tales como el cumplimiento de normas comerciales, la identificación de la trazabilidad de la producción, la facilitación de los procesos logísticos de suministro y la adaptación a la programación de cosechas, entre otros. De esto se deduce que, si bien la participación de la industria alimentaria exportadora se ha visto incrementada, existe una brecha que distancia al pequeño productor del agronegocio exportador.

En la actualidad, existe un porcentaje de la fruta que, al no cumplir con los estándares del comercio internacional, se pone a la venta a través de centrales de abasto, plazas de mercado y supermercados (Misión para la Transformación del Campo, 2014). Ante esto, es necesario replantearse si el mercado interno es capaz de absorber el incremento paulatino de la producción de la variedad Hass, sin que se perjudiquen los pequeños y medianos productores, en particular, en las temporadas de alta producción⁹.

Además de lo anterior, en el Valle del Cauca se evidencian las siguientes problemáticas: 1) poca innovación en la agregación de valor y, por ende, un bajo aprovechamiento agroindustrial del aguacate, 2) pocas unidades productivas que dan cumplimiento a las certificaciones exigidas por el mercado externo y 3) baja cohesión entre las organizaciones de productores y el sector industrial. Bajo este panorama y considerando que el departamento es uno de los principales actores de esta cadena a nivel nacional, es importante plantear alternativas para los excedentes de producción que no son exportables y que pueden enfrentarse a la saturación del mercado interno.

- **Identificación insuficiente de las características diferenciales del aguacate cultivado en el departamento**

Entre los factores que influyen en la variabilidad del aguacate en las zonas productoras en Colombia, se encuentran la altitud, la radiación solar, la temperatura, la humedad relativa y la precipitación; por lo tanto, existen diferencias respecto al comportamiento agronómico, productividad, rendimiento y calidad de la fruta de los cultivares del país (Dane, 2016). Por tal razón, las características climáticas y agroecológicas de cada zona de producción pueden influir en las especificaciones finales del fruto, al punto de determinar su destino comercial. A modo de ejemplo: para efectos del comercio internacional, el contenido de materia seca del aguacate Hass debe ser igual o superior al 21 %, indicador que es afectado por aspectos como la zona de producción, el clima y el manejo agronómico (Astudillo y Rodríguez, 2018).

De igual forma, el contenido de aceite del aguacate (según cada variedad) puede cambiar según las zonas agroclimáticas de los cultivos debido a las condiciones ambientales que posibilitan la acumulación de compuestos grasos (Sandoval *et al.*, 2010). Al respecto, los actores de la cadena de aguacate del Valle del Cauca manifestaron que se desconocen las especificaciones técnicas, de calidad y de diferenciación del aguacate Hass cultivado en el departamento, lo que puede representar pérdidas de oportunidades comerciales para el fruto.

9 La cosecha principal de aguacate Hass tiene lugar entre los meses de octubre y enero. Existe una temporada secundaria que varía según la zona productora y se ubica entre los meses de mayo y septiembre (Procolombia, 2018).



- **Elevados costos logísticos debido a los fletes internos, tiempos de exportación y capacidad de respuesta de infraestructura portuaria**

En Colombia, uno de los factores que afecta a los exportadores de aguacate Hass del Valle del Cauca es el alto costo y la complejidad del proceso logístico, no solamente por los valores inmersos en el transporte de carga al interior del país, sino también por los tiempos y procedimientos requeridos por las autoridades de control en los puertos de embarque. Esto, sumado a los largos periodos que implica la movilización de la fruta por vía marítima hacia los diferentes destinos, ubica al país en una posición de desventaja frente a otros productores y comercializadores de la fruta. No obstante, se desconoce con certeza la forma en que esta problemática de infraestructura logística afecta las utilidades del ejercicio en cada etapa de la cadena de suministro, en particular en las exportaciones, las cuales dependen en gran medida de estos costos de operación para competir de forma eficiente y contribuir a la economía regional.



Efectos indirectos	Consecuencias/ efectos directos				Resultados	Problema principal
<p>Disminución de fruta con potencial comercial en el exterior, incremento de la oferta de la fruta a nivel regional, afectación del precio en el mercado interno y disminución de ingresos para el productor</p>	<p>Incremento de la oferta de aguacate Hass que enfrenta escenarios de bajo consumo interno</p>	<p>Desconocimiento de la realidad de la cadena, de la oferta y de la rentabilidad del agronegocio</p>	<p>Problemas de calidad de la fruta, daños fitosanitarios y manejo inadecuado del cultivo</p>	<p>Incremento del riesgo productivo y fitosanitario del cultivo</p>	<p>Afectación de los niveles de producción con calidad comercial para el mercado externo</p>	<p>La cadena productiva del aguacate Hass del Valle del Cauca presenta vacíos en la investigación aplicada requerida para disminuir las brechas del manejo técnico del cultivo, la poscosecha, los impactos negativos en el medioambiente y la baja competitividad industrial y comercial</p>
	<p>Pocas posibilidades de disminuir las pérdidas y desperdicios resultantes de la oferta no exportable de aguacate Hass</p>	<p>Baja competitividad internacional</p>	<p>Posible afectación del medioambiente (alteración del ecosistema)</p>	<p>Probable modificación del paisaje y generación de impactos negativos que afectan la flora (suelo, recurso hídrico y aire) y fauna (biodiversidad) de las zonas productivas</p>	<p>Pérdida de oportunidades comerciales del aguacate y de los productos de agroindustria que se deriven del mismo</p>	<p>Pérdida de competitividad del sector exportador</p>



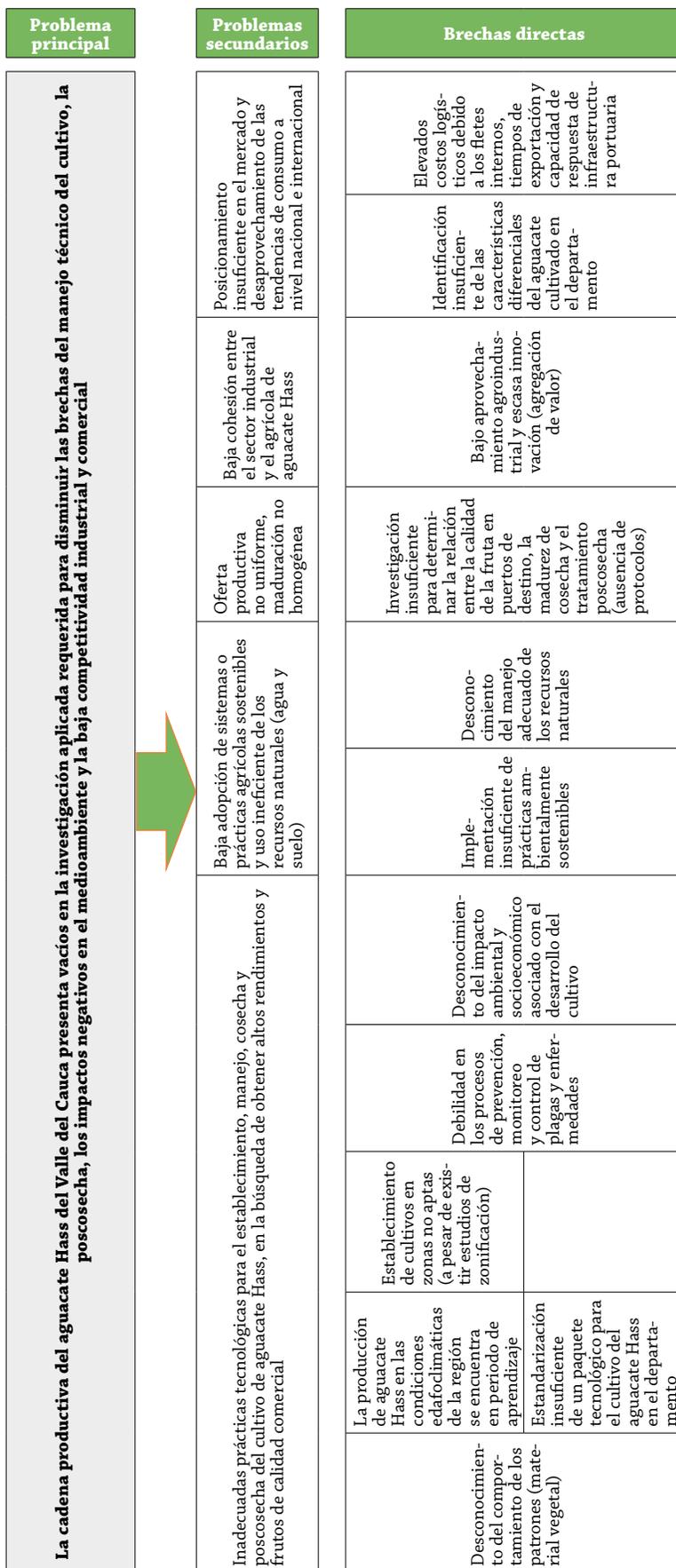


Figura 2. Árbol de problemas de las brechas tecnológicas de la cadena del aguacate en el Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia con base en CIAT (2018).



5. TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN

Según la base de datos Web of Science (WOS) el mayor número de publicaciones científicas relacionadas con el aguacate (*Persea americana*) se ha originado en los Estados Unidos, país que ha aportado el 26 % de esta producción científica entre los años 2001 y 2018. En segundo lugar, con el 16 %, se encuentra México, líder de las exportaciones de aguacate. En esta dinámica internacional de generación de conocimientos, los demás países publican menos de un 8 % de investigaciones respecto a las difundidas anualmente en las bases de datos de publicaciones técnicas y científicas. En el caso de Colombia, cuenta con tan solo el 2 % de las publicaciones disponibles, por lo que ocupa el puesto 14 en el listado de países que originan conocimientos relacionados con este frutal.

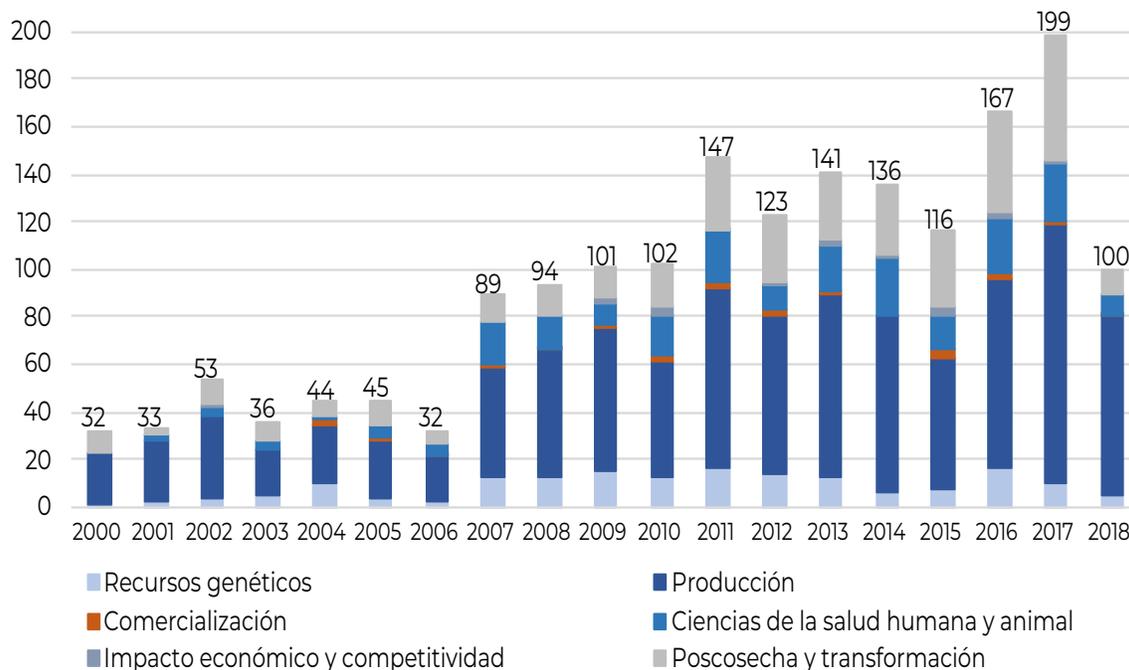
Estos resultados parecen no guardar una analogía con el nivel de producción de la fruta, ya que, en el caso de los Estados Unidos, este país es el principal referente de mercado; mientras que otros países líderes en la producción de aguacate (a excepción de México, Brasil y Chile)¹⁰ no cuentan con un número relevante de reportes científicos relacionados con este producto.

5.1. Principales temas de investigación a nivel internacional

Según las fuentes de información consultadas (ver tabla 2) se evidencia la existencia de al menos 1789 archivos¹¹ desde el año 2000 y hasta mediados del 2018, en particular artículos, además de registros de conferencias, ensayos, informes, libros, reportes, trabajos de grado y otros. Estos trabajos muestran resultados de investigaciones fundamentadas en la propagación, producción, procesamiento, análisis de características químicas, usos medicinales y mercado del aguacate. La tasa de crecimiento en la generación de estas publicaciones es del 14 % promedio anual, con importantes incrementos entre el 2007 y 2010 (un promedio de 96 publicaciones por año) y entre el 2011 al 2017 (cuando se registra un promedio de 147 publicaciones) (ver figura 3).

10 Según las estadísticas de Faostat (2018), México produjo 2.029.886 t de la fruta en el 2017 (33,56 % de la producción global). En segundo lugar, se encuentra República Dominicana (10,5 %), seguido de Perú (7,8 %), Indonesia (6 %) y Colombia (5,2 %).

11 El resultado hace referencia a las bases de datos consultadas, razón por la cual es probable que existan más documentos que clasifiquen dentro del marco de los criterios de búsqueda. Además, debido a la heterogeneidad de las bases de datos, no fue posible clasificar las investigaciones por origen geográfico (país).



Categoría	Subcategoría	Total	Porcentaje
Recursos genéticos (9,17 %)	Genética vegetal	67	3,75
	Propagación vegetativa	97	5,42
Producción (55,56 %)	Características agronómicas	11	0,61
	Caracterización de la producción	9	0,50
	Enfermedades de las plantas	200	11,18
	Fisiología vegetal	69	3,85
	Medioambiente	20	1,12
	Morfología de las plantas	12	0,67
	Manejo de cultivos	99	5,53
	Nutrición de las plantas	53	2,96
	Plagas	255	14,25
	Polinización	41	2,29
	Química agrícola	216	12,07
	Zonificación	9	0,50
Poscosecha y transformación (20,07 %)	Aceites vegetales	82	4,58
	Agroindustria	73	4,08
	Tratamiento poscosecha	204	11,40
Comercialización (1,45 %)	Mercado agrícola	26	1,45
	Impacto económico y competitividad (1,06 %)	Competitividad	13
Ciencias de la salud (12,69 %)	Impacto económico	6	0,34
	Medicina experimental	198	11,06
	Medicina veterinaria	9	0,50
	Salud nutricional	20	1,12
Total		1790	100

Figura 3. Publicaciones científicas sobre el aguacate desde el comienzo del año 2000 hasta mayo del 2018

Fuente: elaboración propia.



Los temas de mayor relevancia en la categoría de *producción*, la cual representa el 55,6 % del total de las investigaciones, con 994 documentos, son, en primer lugar, las plagas que atacan el cultivo (en sus diferentes variedades) y las propiedades químicas de la planta y del fruto. En segundo lugar, se encuentra la categoría *poscosecha y transformación* con un total de 359 estudios (20 % del consolidado), entre los que sobresalen los trabajos dirigidos a optimizar el manejo, almacenamiento, conservación, empaçado y transporte de la fruta después de la cosecha.

En la categoría de *ciencias de la salud*, se clasificaron 227 documentos (12,7 % del total), lo cual indica el interés de la comunidad científica por este campo. En cuarto lugar, está la categoría de *recursos genéticos* con al menos 165 investigaciones fundamentadas en dicho tema, lo que representa el 9,2 % de los estudios registrados según la búsqueda realizada. Por último, la distribución temática de investigaciones indica que las categorías que agrupan el menor número de documentos son las relacionadas con aspectos de *comercialización, impacto económico y competitividad*.

A partir de lo descrito, se logró consolidar un panorama con las tendencias de investigación y la cantidad de información disponible para la generación de nuevos conocimientos. A continuación, se presentan los principales temas desarrollados en los artículos y demás investigaciones, según las categorías y subcategorías enunciadas.

- **Categoría: recursos genéticos**

Se encontró que existen por lo menos 165 investigaciones fundamentadas en los recursos genéticos del aguacate. Cronológicamente, entre los años 2000 y 2017, la investigación en esta categoría presentó dinámicas de crecimiento en la publicación de documentos científicos, a una razón del 46 % promedio anual (ver figura 4).



Figura 4. Publicaciones en temas relacionados con recursos genéticos del aguacate, desde el año 2000 hasta mayo de 2018

Fuente: elaboración propia.

En los textos científicos encontrados y clasificados bajo la subcategoría de *genética vegetal*, predominan los siguientes temas: genética de la fruta, variabilidad y relaciones genéticas, caracterización molecular, estructura celular, embriogénesis, genética de desarrollo floral, identificación de rasgos fenotípicos, polimorfismo genético e identificación varietal, rastreo de orígenes geográficos de los cultivos, genética molecular y biotecnología.

En lo que respecta a las publicaciones de la subcategoría de *propagación vegetativa*, se resaltan los siguientes conceptos: tratamientos pregerminativos para la producción de plántulas, desarrollo embrionario, enraizamiento y sistemas de germinación *in vitro*, evaluación y conservación del germoplasma, técnicas de propagación y mejoramiento vegetal, fisiología y manejo técnico de plántulas, anatomía de patrones y compatibilidad de injertos y selección y desarrollo de portainjertos.



- **Categoría: producción**

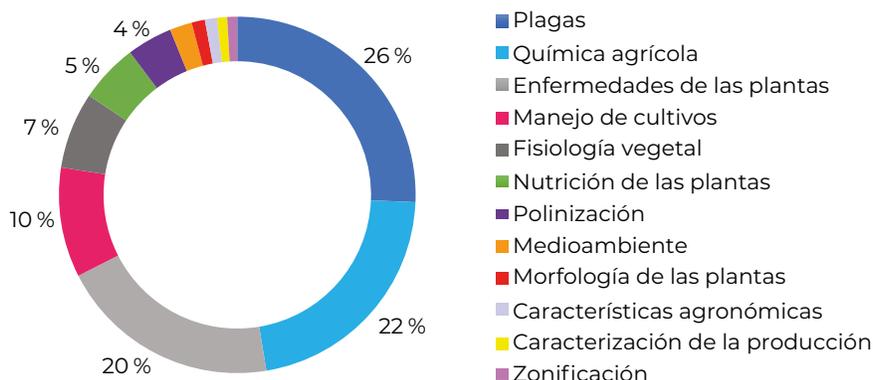


Figura 5. Publicaciones en temas relacionados con producción, desde el año 2000 hasta mayo de 2018

Fuente: elaboración propia.

Las bases de datos consultadas refieren al menos a 994 investigaciones dirigidas a diferentes temas del eslabón de *producción*, las cuales presentan las siguientes tendencias por cada subcategoría (ver figura 5).

- La revisión documental indicó que existen al menos 255 registros de investigación relacionados con las *plagas* que afectan el cultivo de aguacate (26 % del total de la categoría de producción). Entre las especies (clases *Acarina* e *Insecta*) sujetas a estudio se resaltan, entre otros¹²: el ácaro *Oligonychus perseae* (Prostigmata: Tetranychidae), conocido como araña cristalina y causante de daños foliares en los cultivares; el insecto (chinche) *Monalonion velezangeli* (Hemiptera: Miridae), responsable de daños en los brotes terminales; las arañas rojas de la familia de ácaros *Tetranychidae*; el insecto conocido como agalla del aguacate o *Trioza anceps* (Hemiptera: Triozidae); y la mosca de la alfalfa *Asphondylia websteri* (Diptera: Cecidomyiidae).
- La subcategoría de *química agrícola* reúne 216 estudios (22 % de los textos de la categoría) que analizan, entre otros aspectos, los ácidos grasos insaturados de la fruta; el perfil de sus compuestos activos y volátiles; los cambios texturales y bioquímicos; la capacidad antioxidante y contenido fenólico; la determinación de la fibra dietética y materia seca; y demás propiedades químicas y funcionales de la cáscara, la semilla y la pulpa del aguacate. A su vez, se encuentran investigaciones que analizan las características químicas de los plaguicidas.
- En la subcategoría denominada *enfermedades de las plantas* se encontraron 200 publicaciones (20 % del total de la categoría *producción*) orientadas al análisis de microorganismos (hongos y bacterias) con capacidad de ocasionar el detrimento de las plantaciones. Los más estudiados, según las bases de datos consultadas, son¹³ *Colletotrichum*, agente causal de la antracnosis; el hongo *Raffaelea lauricolau* (Ophiostomatales: Ophiostomataceae) asociado a la enfermedad conocida como marchitez de laurel; el virus *Sunblotch Viroid* responsable de la mancha de sol; y las causantes de podredumbre radical *Rosellinia necatrix* (Xylariales: Xylariaceae) y *Phytophthora cinnamomi* (Peronosporales: Peronosporaceae).
- También se encontraron 99 estudios que presentan diversos métodos y técnicas para el *manejo de cultivos*, orientados hacia las buenas prácticas agrícolas (BPA) y, con ellas, el detalle

12 Nombres aceptados según el Sistema Integrado de Información Taxonómica (*Integrated Taxonomic Information System, Itis*) (2015): *Oligonychus perseae* (Tuttle et al., 1976); *Monalonion velezangeli* (Carvalho and Costa, 1988); *Tetranychidae*; *Trioza anceps* (Tuthill, 1944); y *Asphondylia websteri* (Felt, 1917).

13 Nombres aceptados según Itis (2015): *Colletotrichum*, *Raffaelea lauricola* (T. C. Harr. Fraedrich y Aghayeva, 2008), *Avsunviroid: Avocado sunblotch viroid (ICTV)*, *Rosellinia necatrix* Berl. ex Prill. (1904) y *Phytophthora cinnamomi* (Rands, 1922).



de procesos como el manejo de sombra y la densidad de siembra para el establecimiento de las plantaciones, la especificación de técnicas de amarre y anillado durante la formación y desarrollo del fruto y la descripción de diversas prácticas productivas (p. ej., las labores de poda y selección de ramas, la aplicación de enmiendas agrícolas, el manejo de arvenses, la fertilización y el control fitosanitario, los métodos para el control de maduración, la determinación floral y la estimación de épocas de cosecha).

- Los 69 estudios clasificados en la subcategoría *fisiología vegetal* tratan diversos temas entre los que se resaltan los siguientes:
 - a) *Frutos*: aspectos de análisis metabólico, cambios en la composición fenólica durante la cosecha, ecofisiología, caracterización fenológica, características fisicoquímicas de diversas variedades, transición metabólica aeróbica-anaeróbica en frutos y el relacionamiento de la productividad y la calidad del fruto.
 - b) *Planta*: estudios sobre anatomía de los árboles, la densidad estomática foliar, las etapas fenológicas, el crecimiento fenológico y el rendimiento fotosintético, aspectos de metabolismo celular, las propiedades fotosintéticas en las hojas y el crecimiento de la raíz y las plantas en condiciones salinas.
- Las demás subcategorías representan, cada una, menos del 5 % del total de las publicaciones del eslabón productivo. A continuación, se enuncian las menos estudiadas: 1) la *zonificación* y, por ende, el análisis de la aptitud geográfica para el establecimiento de cultivos vinculados a variables como la altitud, el cambio climático y demás aspectos y 2) la *caracterización de la producción* referente a aspectos como los cambios fisicoquímicos durante la cosecha y la caracterización de árboles y frutos de diferentes variedades.
- En lo referente a los textos científicos clasificados en la subcategoría *nutrición de las plantas*, estos tratan temas como: los requerimientos hídricos y nutricionales del suelo, la lixiviación de nitratos, el uso de hongos micorrízicos como agentes facilitadores de la absorción de agua y minerales, el manejo del riego, y los factores que influyen en la distribución de nutrientes durante el crecimiento del cultivo, respecto a la productividad de los árboles de aguacate.
- En cuanto a *medioambiente*, los textos incluyen investigaciones acerca de aspectos socioambientales del cultivo, así como de los impactos relacionados con la erosión y pérdida de nutrientes a causa de las malas prácticas y la deforestación, los efectos de los pesticidas en el recurso hídrico y el uso eficiente del agua en los procesos de irrigación, entre otros. La subcategoría *polinización* hace referencia a las investigaciones que tratan de los insectos polinizadores y su rol en el desarrollo del cultivo (principalmente de la variedad Hass) de tal manera que analizan el servicio ecosistémico de los visitantes florales y su impacto en la producción.
- En la subcategoría de *características agronómicas*, sobresalen aspectos relacionados con el comportamiento productivo y rendimientos bajo diferentes condiciones de desarrollo y factores climáticos, mientras que, en el subtema de *morfología de las plantas*, se abordan aspectos de taxonomía y caracterización morfológica de la planta (raíz, semillas y hojas) y de su desarrollo floral.



- **Categoría: poscosecha y transformación**

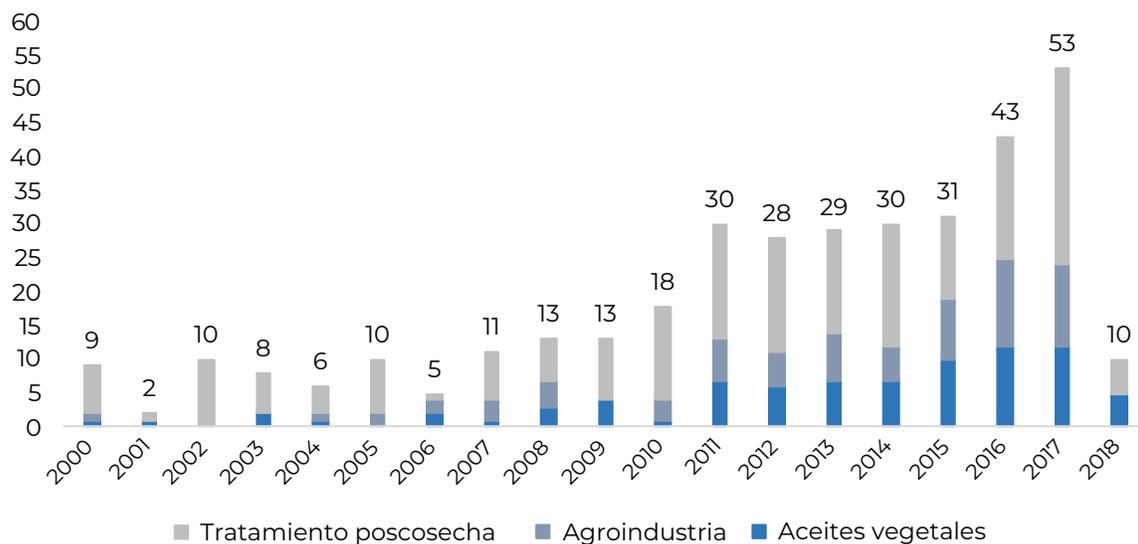


Figura 6. Publicaciones relacionadas con temas de poscosecha y transformación, desde el año 2000 hasta mayo de 2018

Fuente: elaboración propia.

Se encontraron 359 estudios que tratan aspectos de conservación y procesamiento de la fruta (ver figura 6). Uno de los principales temas de investigación se relaciona con los *aceites vegetales*. Esto incluye el análisis de la composición y las características fisicoquímicas del aceite del aguacate (pulpa, semillas y hojas), su capacidad antioxidante, su estabilidad oxidativa, métodos de extracción, microencapsulación y los diversos usos a nivel industrial.

En materia de *agroindustria*, los estudios mencionan diversos temas, entre estos: las potencialidades del producto y su aplicabilidad en la industria; por ejemplo, la obtención de alimentos funcionales, aplicaciones textiles de la cáscara, el desarrollo de lubricantes verdes, la preparación de colorantes y pinturas, el uso de residuos para la alimentación animal, y el análisis de diferentes sistemas de secado (deshidratación y liofilización).

Bajo la subcategoría de *tratamiento poscosecha* se tratan aspectos como: el almacenamiento a diferentes temperaturas, la conservación de la calidad de la fruta bajo atmósferas controladas y modificadas, las buenas prácticas poscosecha, los métodos de conservación (p. ej., recubrimientos), las técnicas de evaluación de madurez y prolongación de vida útil, los efectos de la luz y la temperatura sobre la maduración en la etapa poscosecha, la producción de etileno, el estudio de factores asociados a la heterogeneidad en la maduración (de la variedad Hass), los aspectos precosecha que influyen en la calidad durante el almacenamiento y el análisis de impactos o daños poscosecha.



- **Categoría: ciencias de la salud**

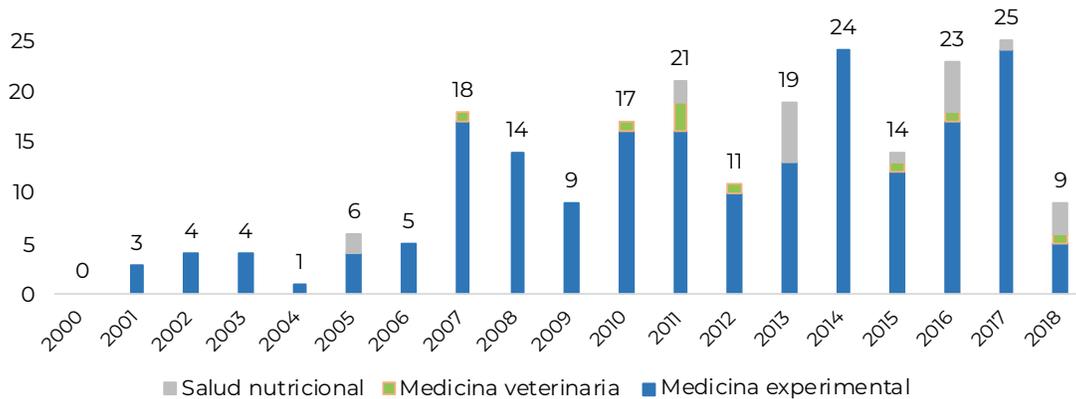


Figura 7. Publicaciones relacionadas con temas de las ciencias de la salud humana y animal, desde el año 2000 hasta mayo de 2018

Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta a la categoría de *ciencias de la salud* se encontraron 227 estudios (ver figura 7); en particular, en temas de *medicina experimental*, con énfasis en el área biomédica. Dichos estudios se refieren a la investigación de las propiedades medicinales del aguacate, con el fin de realizar aportes valiosos a la ciencia, en la búsqueda de tratamientos para las siguientes enfermedades: Alzheimer, osteoporosis, osteoartritis, diabetes, VLS (liquen escleroso vulvar), cáncer (p. ej., hepático, de mama y leucemia) y afecciones cutáneas. También existen reportes de *salud nutricional* que describen los beneficios nutricionales y las propiedades antiinflamatorias y anestésicas de la fruta.

En el caso de la *medicina veterinaria*, existen publicaciones que muestran los beneficios del uso de los lípidos insaponificables en el tratamiento de diversas afecciones como la helmintiasis y la osteoartritis en animales. Por otra parte, el aguacate ha sido materia prima para el planteamiento de alternativas de alimentación, principalmente de cerdos.

- **Categorías: comercialización, impacto económico y competitividad**

Como se observa en la figura 8, entre el año 2002 y mediados del 2018, solamente se encontraron 45 publicaciones relacionadas con aspectos del mercado agrícola, competitividad e impacto económico.

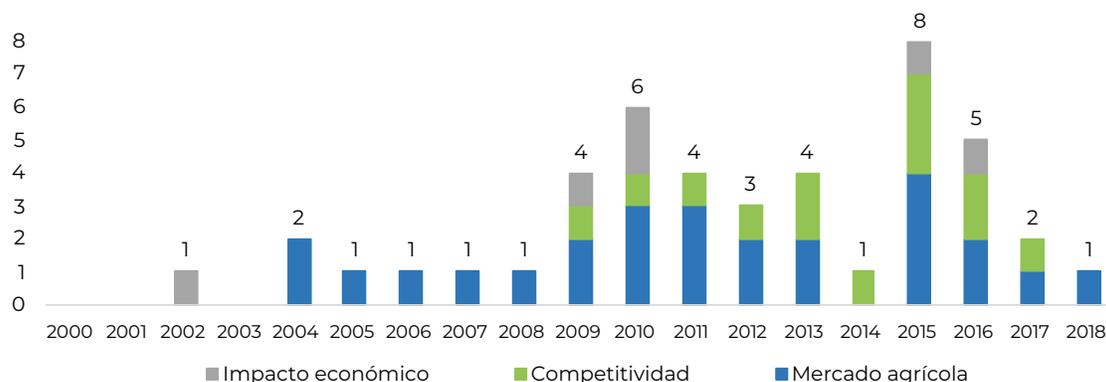


Figura 8. Publicaciones acerca de temas relacionados con comercialización, impacto económico y competitividad, desde el año 2000 hasta mayo de 2018

Fuente: elaboración propia.



En materia de *mercado agrícola* se encontraron 26 publicaciones en las bases de datos consultadas. Este valor indica la menor importancia que, desde la investigación, se le ha otorgado al análisis de la viabilidad comercial, las exigencias del mercado y las características del consumidor, entre otros. Al respecto, los temas de investigación de los estudios contenidos en las bases de datos referidas en este documento corresponden, en particular, a Argentina, Colombia, Chile, Ecuador, México, Perú y Suráfrica, y tratan aspectos como el acceso al mercado internacional, la definición de perfiles competitivos de exportación, la determinación de parámetros fisicoquímicos competitivos, y la percepción del consumidor con el fin de evaluar el comportamiento de compra (en especial de la variedad Hass).

En este contexto, en la subcategoría *competitividad* (en la cual se encontraron 13 publicaciones), las principales temáticas abordadas fueron el análisis técnico y prospectivo del cultivo, la evaluación económica y los costos de la industria del aguacate y los diversos aspectos de innovación requeridos tras las exigencias del mercado global. A su vez, sobre el *impacto económico* (subcategoría en la que se encontraron 6 publicaciones) se han abordado temas relacionados con la caracterización socioeconómica del cultivo y los efectos del agronegocio en la economía rural del pequeño productor.

5.2. Brechas entre la investigación y las necesidades de la cadena del aguacate en el Valle del Cauca

- **Desconocimiento del comportamiento de los patrones (material vegetal)**

Por lo general, la propagación comercial del aguacate se lleva a cabo a través del método de injerto en los principales países productores (Freire *et al.*, 2017). Esto se realiza con el propósito de aumentar la productividad, mitigar el riesgo ante enfermedades, preservar las características de una variedad específica y facilitar el manejo del cultivo (ICA, 2012). Si se tiene en cuenta que el aguacate es un árbol perenne, el uso de un material vegetal sano y la selección adecuada del portainjerto (patrón o interinjerto) son determinantes en el proceso de propagación.

Durante la revisión de los antecedentes de investigación, se evidenció que el análisis del comportamiento injerto/portainjerto del aguacate ha cobrado bastante importancia para los investigadores agrícolas, en particular en México, que lidera la producción y comercialización de la fruta. A modo de ejemplo, Salazar *et al.* (2016) desarrollaron una investigación que les permitió evaluar el efecto de diversos portainjertos clonales sobre la concentración de nutrientes foliares de injertos jóvenes y adultos de la variedad Hass, lo que les permitió identificar materiales que pueden modificar de manera positiva o negativa las concentraciones nutrimentales foliares.

En particular, en lo que concierne a la variedad Hass en Colombia, Bernal (2016) evaluó el comportamiento de árboles del cultivar en 7 localidades del departamento de Antioquia. En todos los casos, encontró incompatibilidad entre los portainjertos y las copas respecto a la proporción de las circunferencias como consecuencia de su relación genética, dado que por lo regular los portainjertos utilizados en el país pertenecen a las razas antillanas o híbridas entre antillanas y guatemaltecas. En esta perspectiva, Velázquez *et al.* (2017) afirman que, a pesar del auge de esta variedad, se desconoce la identidad genética e idoneidad de los portainjertos utilizados frente a las condiciones andinas del país, lo que pone en riesgo la productividad del cultivo. Así mismo, estos investigadores caracterizaron genéticamente raíces de portainjertos de árboles injertados con Hass en 3 subregiones de Antioquia, y como resultado, lograron identificar una alta heterogeneidad genética entre portainjertos e injertos.

Por su parte, Marulanda (2017) realizó una investigación que le permitió confirmar la presencia de *P. cinnamomi* en cultivos comerciales de aguacate ubicados en los departamentos del Cauca, Valle del Cauca y Risaralda. A su vez, identificó 45 aislamientos patogénicos del hongo y sugirió la realización de ensayos de tolerancia en materiales utilizados como portainjertos en la región.

Frente al panorama descrito, es trascendental que se realicen este tipo de estudios en el Valle del Cauca, procurando que los productores otorguen relevancia a la selección del patrón a ser utilizado en el cultivo comercial. Es igualmente importante que se tenga en cuenta no solo la potencialidad del



rendimiento productivo, sino también la calidad del fruto, la eficiencia en la nutrición de las plantaciones y la capacidad de adaptación del material frente a las plagas y enfermedades asociadas al cultivo y a las condiciones geográficas de la región.

- **Estandarización insuficiente de un paquete tecnológico para el cultivo del aguacate Hass en el departamento**

Entre las acciones de fortalecimiento al sector agrícola que las entidades de apoyo tienen en cuenta en sus programas de extensión rural, se encuentra el acompañamiento al productor en temas técnicos y ambientales, con el fin de buscar el mejoramiento de los índices de productividad a la vez que se mantiene el equilibrio con el medioambiente. De esta manera, toman importancia los paquetes tecnológicos que, de acuerdo con Silva (2011), se componen de elementos como la descripción de variedades, fertilizantes, métodos de siembra e insumos para el control de malezas e insectos, entre otros.

El valor de estas herramientas radica en la búsqueda de productividad, seguridad alimentaria y vinculación de los agricultores al mercado. No obstante, los paquetes tecnológicos deben ser validados por los productores y tener la capacidad de ser ajustados a las circunstancias de los mismos y de su entorno (IFAD citado por Silva, 2011). Además, para afrontar las preocupaciones ambientales, el cambio climático y los impactos adversos de la agricultura, los paquetes tecnológicos deben plantearse teniendo en cuenta el manejo integrado de plagas (MIP), el manejo integrado de nutrientes de las plantas (MIPN) y el manejo integrado del agua y del suelo (FAO, 2002).

En lo que respecta al aguacate, tanto a nivel nacional como internacional, se encuentran numerosas publicaciones referentes al manejo de los diferentes cultivares o variedades, en las que se tratan aspectos como la descripción de prácticas de riego, planes de fertilización, control de plagas y enfermedades, manejo de arvenses, entre otros. Desde la posición de Rebolledo y Romero (2011), los avances de la investigación sobre el cultivo del aguacate en los principales países productores –como México, Estados Unidos y Chile– se enfocan en el comportamiento productivo bajo condiciones subtropicales y tratan aspectos como el desarrollo del cultivo según los parámetros ambientales, y los factores hormonales y nutricionales en el crecimiento; lo cual ha dado paso al desarrollo de prácticas de manejo para mejorar el potencial productivo.

En cuanto al material de producción científico desarrollado en Colombia, es posible encontrar manuales, cartillas, artículos e informes de investigación, que describen temas como las generalidades del cultivo, los procesos de su establecimiento, los diferentes procedimientos que deben tenerse en cuenta durante la fase de producción (según las BPA) y las prácticas de cosecha y poscosecha, para asegurar la calidad adecuada y alcanzar rendimientos económicamente aceptables (ver figura 9).



Figura 9. Principales temas tratados en los manuales y documentos técnicos de manejo del cultivo del aguacate en Colombia

Fuente: elaboración propia con base en Bernal y Díaz (2005), ICA y Aproare SAT (2009), Mejía (2011), ICA (2012), Bernal *et al.* (2014), Corpoica (2016) y Zapata *et al.* (2018).

Si bien la revisión bibliográfica proporciona una serie de herramientas útiles tanto para el extensionista rural como para el productor de aguacate en Colombia, no deben considerarse como estándares en su aplicabilidad, pues sugieren métodos y procedimientos de manejo que finalmente están sujetos al comportamiento de cada variedad en determinada zona de producción. Además, un paquete tecnológico implica el detalle de la maquinaria y los equipos necesarios para la producción y los procedimientos que se deben seguir –desde la instalación del cultivo– para dar cumplimiento a requisitos de un mercado específico.

En el caso de la variedad Hass, debido a su enfoque de exportación y el aprendizaje en su manejo, es recomendable validar, sistematizar y socializar los resultados obtenidos por los grandes, medianos y pequeños agricultores del Valle del Cauca, así como comparar la tecnología implementada en cada caso, y los procedimientos que se han abordado para afrontar las dificultades que conllevan el cultivo y la comercialización del fruto.



- **Establecimiento de cultivos en zonas no aptas (a pesar de existir estudios de zonificación)**

En Colombia, debido al incremento de las áreas establecidas con el cultivo de aguacate Hass en respuesta a su potencial exportador, se han adelantado algunos estudios que buscan reconocer las zonas aptas para el desarrollo del mismo, bajo criterios de sostenibilidad y productividad. Por ejemplo, García *et al.* (2013) llevaron a cabo un ejercicio de identificación de aptitud productiva para el cultivo en la región andina de Colombia, en zonas comprendidas entre los 1000 a 3000 m s. n. m., que abarcan aproximadamente 21.213.647 ha. El esquema metodológico planteado por los investigadores les permitió reconocer áreas con ventajas comparativas desde el enfoque biofísico, a partir de la información de suelos y clima contenida en bases de datos georreferenciadas. Los resultados presentados de forma cartográfica, a escala 1:100.000, indican que el 41 % del área estudiada corresponde a bosque natural, solo el 3,7 % (776.292 ha) presenta condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo, el 21 % muestra restricciones severas y el 35 % no cuenta con condiciones adecuadas. Según la distribución geográfica, el departamento con mayor aptitud es el Huila (con un 68 % del área estudiada sin restricciones) y le siguen, con restricciones moderadas, Antioquia (180.480 ha) y Valle del Cauca (121.793 ha).

Posteriormente, Bancoldex y UTCF (2015) dieron a conocer los resultados de otro ejercicio de zonificación realizado a escala 1:100.000, en el cual se indica que Colombia cuenta con 3.329.867 ha aptas para el cultivo de aguacate Hass, entre las que la mayor aptitud geográfica para la siembra de esta fruta se encuentra en los departamentos de Antioquia, Cauca, Valle del Cauca, Santander, Huila y Caldas. Respecto al Valle del Cauca, el departamento cuenta con 214.171 ha aptas, de las cuales el 49 % se clasifica con alta aptitud, el 45 % con mediana y el 6 % con baja. Estos resultados fueron obtenidos, según los criterios para la zonificación de especies hortofrutícolas de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (Upra).

Sumado a lo anterior, con el fin de proporcionar información que contribuya a la toma de decisiones del agricultor colombiano –a partir del análisis de variables físicas, socioecosistémicas y socioeconómicas– la Upra (2017) presentó unos nuevos resultados, según los cuales en el país existen 3.934.817 ha aptas para la siembra comercial del aguacate Hass (de estas, 632.639 ha corresponden a una aptitud alta, 1.808.841 ha a media y 1.495.697 ha a baja). Los departamentos con mayor aptitud son Antioquia, Cauca, Santander, Boyacá, Huila y Cundinamarca, los cuales representan el 70 % de las zonas aptas del país. Según este estudio, el Valle del Cauca cuenta con 18.086 ha con buenas condiciones para el establecimiento del cultivo, 80.666 ha con limitaciones moderadas y 64.521 ha con baja aptitud (para un total de 163.264 ha).

Por otra parte, Ramírez *et al.* (2018), con el fin de identificar a través del uso de modelos de nicho ecológico (*Ecological niche modeling*, ENM) zonas de aptitud en el territorio nacional, realizaron un muestreo de áreas superiores a 1 ha entre los años 2009 y 2016; en especial, en la región andina. La modelación excluyó sectores con persistencia de altas temperaturas y humedad, ubicados por encima de los 2500 m s. n. m., donde es habitual la ocurrencia de heladas y las precipitaciones anuales son superiores a 6000 mm. Entre los resultados, encontraron áreas potenciales localizadas en las 3 cordilleras andinas (entre los 1400 y 2500 m s. n. m.), con precipitaciones y temperaturas bajas moderadas, ubicadas en algunas regiones biogeográficas. como el altiplano norte y las pendientes del suroeste de Antioquia, el altiplano del valle de los Santos en Santander y los valles interandinos del Cauca. Entre las zonas con menor aptitud, señalaron áreas del Sumapaz en Cundinamarca, las pendientes del este de los Andes del Huila y parte de la región andina en Nariño.

En particular, para el Valle del Cauca, con el propósito de ahondar en un análisis regional, el CIAT inició un estudio de zonificación para este cultivo a mediados del 2017¹⁴ con énfasis en las zonas de ladera e incorporó criterios relativos al cambio climático, además del análisis de las variables de clima, suelo y terreno. La metodología desarrollada dio como resultado la proyección de áreas de aptitud edafoclimática, en escenarios de variaciones climáticas a futuro.

14 Se espera que el documento mencionado se apruebe a mediados del 2019 para su posterior publicación.



- **Debilidad en los procesos de prevención, monitoreo y control de plagas y enfermedades**

Los registros encontrados indican que el estudio de las plagas y enfermedades que afectan el cultivo del aguacate son materia de interés en la dinámica internacional de investigación y Colombia no es la excepción. En aras de propender por acciones de vigilancia epidemiológica a nivel nacional, se han realizado estudios que describen el comportamiento de las enfermedades y los daños ocasionados por las plagas presentes en el país; no obstante, sus afecciones continúan siendo notorias y repercuten en la economía del agricultor. Esto coincide con los hallazgos de Londoño (2015), quien afirma que en Colombia se han ejecutado proyectos de investigación relacionados con la sanidad del aguacate y resalta algunos que conciernen a la identificación de patrones con tolerancia a *Phytophthora* sp., y al manejo de plagas como el *M. velezangeli*, los *Thrips* (del orden Thysanoptera) y la mosca blanca, entre otros. En cuanto a los mencionados proyectos sobresalen los desarrollados en los departamentos de Antioquia y Tolima.

Entre los registros científicos encontrados existen manuales, cartillas, informes, boletines y demás publicaciones originadas en la academia y por instituciones como Agrosavia y el ICA, en su búsqueda del fortalecimiento técnico rural y la sanidad del campo, en la que además de diagnosticar las plagas y enfermedades más importantes de las zonas productoras del país y de describir las labores de control realizadas por los agricultores, plantean métodos para el manejo del cultivo con base en las buenas prácticas agrícolas (BPA).

Respecto a las plagas asociadas al aguacate en Colombia, el ejercicio de revisión de antecedentes de investigación muestra el interés de los académicos por estudiar los daños que ocasionan los insectos pertenecientes a la familia de gorgojos y picudos del orden Coleóptera (familia: Curculionidae), entre los que se destacan¹⁵ *Heilipus elegans*, *Heilipus lauri* Boheman y *Heilipus trifasciatus*; estas 2 últimas especies hacen parte de las plagas cuarentenarias presentes en el país (ICA, 2019a). Dichas investigaciones se han desarrollado en los departamentos de Caldas, Cauca, Quindío, Valle del Cauca, Antioquia y Tolima (en especial, en Antioquia y Tolima).

Por otra parte, la plaga *M. velezangeli* conocida como chinche monalotion, cocicillo o chupanga, causante de daños en los brotes terminales y del secamiento del fruto (Montilla *et al.*, 2014), es una de las especies de insectos del orden Hemíptera más investigadas en el país. Al respecto, se han generado conocimientos en la determinación de factores que favorecen su presencia, la evaluación de los perjuicios que causan en los cultivos, y el planteamiento de métodos para su control. Así mismo, se ha estudiado la incidencia, el ciclo biológico, las prácticas de manejo y el nivel de infestación de la mosca blanca *Paraleyrodes* Quaintance pos. *bondari* (Hemiptera: Aleyrodidae)¹⁶ en diferentes cultivos de aguacate (Choquette, Hass y Lorena), en particular, en las zonas productivas del municipio de Fresno, Tolima. Esta plaga produce debilitamiento, amarillamiento, deformación y defoliación de la planta debido a la absorción de savia por parte de ninfas y adultos (Cruz *et al.*, 2016).

Otro hemíptero objeto de estudio en Colombia es la denominada *Laurencella colombiana* (Hemiptera: Margarodidae)¹⁷, cuyo hallazgo es atribuido a los doctores Irme Foldi y Gillian Watson, tras una labor de reconocimiento de plagas del aguacate en el departamento de Caldas. El insecto se alimenta de la savia de las hojas, ramas y troncos, lo cual ocasiona el secamiento de las terminales y las ramas (Gil *et al.*, 2007). A este descubrimiento se suma la identificación de una especie en cultivos de aguacate de Anserma (Caldas) reportada por Kondo (2010), quien estudió sus características y, a partir de estas, concluyó que pertenece al grupo *Toumeyella* de la familia de insectos *Coccidae*.

Además de los insectos plaga nombrados, también se encontraron estudios referentes a: 1) la realización de pruebas de patogenicidad para el control de *Thrips*, 2) la identificación y seguimiento

15 Nombres aceptados según Itis (2015): *Heilipus elegans* (Guérin-Méneville, 1844); *Heilipus lauri* (Boheman, 1845); *Heilipus trifasciatus* (Fabricius, J.C., 1787).

16 Nombre aceptado según Itis (2015): *Paraleyrodes* Quaintance pos. (*bondari*, 1971).

17 Nombre aceptado según Itis (2015): *Laurencella colombiana* (Foldi, 2001).



de los artrópodos asociados al cultivo y 3) la descripción de una especie de mosca denominada *B. perseae*; esta última asociada con la deformación de los frutos en estado de desarrollo (ICA, 2012).

Adicional a lo anterior, debido a la importancia económica de la fruta, se desarrollaron proyectos con el objeto de monitorear las plagas, entre las que se resaltan las denominadas cuarentenarias¹⁸ que han dificultado el acceso del aguacate Hass al mercado de Estados Unidos. Al respecto, es necesario nombrar la valiosa labor del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) como agente de vigilancia de la sanidad vegetal en Colombia, el cual tiene entre sus funciones la ejecución de políticas, planes, programas y proyectos encaminados al mejoramiento del estatus fitosanitario de la producción vegetal, a través de acciones de erradicación y control de plagas (ICA, 2019b). La entidad generó reportes y documentos como los boletines epidemiológicos de plagas del aguacate para los departamentos de Antioquia, Cauca, Nariño, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca (entre los años 2013 y 2015), así como la Resolución 1507 del 2016 (ICA, 2016), por medio de la cual declara las plagas de control oficial en el territorio nacional y dicta medidas para el manejo de las mismas.

Por último, es importante nombrar los siguientes proyectos que se han ejecutado en el territorio nacional:

- “Delimitación y establecimiento de áreas potenciales libres o de baja prevalencia de plagas cuarentenarias de aguacate Hass en el oriente de Antioquia y norte del Tolima: medidas para la mitigación de riesgos para acceder a nuevos mercados”, a cargo de Colciencias, el cual tuvo lugar entre el 2013 y 2014. La ejecución de este proyecto permitió determinar la prevalencia (presencia o ausencia) de las especies *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Oecophoridae)¹⁹, *H. lauri* y *H. trifasciatus* en predios productores de aguacate Hass del oriente de Antioquia y el norte de Tolima, e instaurar una línea base útil para la implementación de programas de vigilancia y control de especies cuarentenarias bajo la dirección técnica del ICA (Caicedo *et al*, 2014).
- “Asistencia técnica gremial para fortalecer la admisibilidad del aguacate Hass colombiano al mercado de los Estados Unidos”, liderado por la Asociación Nacional de Comercio Exterior (Analdex), entre el 2017 y 2018. Este proyecto tuvo como propósito la identificación de zonas libres de plagas (áreas *buffer*) en núcleos productivos de 7 departamentos (Antioquia, Risaralda, Caldas, Quindío, Tolima, Cauca y Valle del Cauca) (Asohofrucol, 2017; Analdex, 2018).

A partir de lo expuesto, y de la revisión de la literatura, se encontró que en el Valle del Cauca se ha avanzado en los siguientes temas: 1) el estudio de los artrópodos asociados al cultivo durante su fase de vivero, 2) la evaluación de la presencia de plagas asociadas al cultivo y 3) el seguimiento de plagas de control oficial (p. ej., las cuarentenarias *H. lauri*, *H. trifasciatus* y *H. elegans*). Por lo tanto, es preciso que los resultados y los valiosos aportes científicos de estas investigaciones sean compartidos con los productores, de tal forma que estos vean favorecido su crecimiento económico en el ejercicio de la agricultura. A su vez, los actores de la cadena del aguacate Hass han manifestado la dificultad en el manejo de plagas, razón por la cual se ha propuesto la realización de investigaciones que profundicen en la evaluación de su comportamiento y en la implementación de un programa de monitoreo.

En cuanto a los investigadores más destacados en el análisis de plagas en Colombia y la finalidad de sus estudios, en la tabla 5 se muestra una línea de tiempo que presenta las publicaciones encontradas durante el ejercicio de revisión de los antecedentes de investigación²⁰.

18 Plaga cuarentenaria: “[p]laga de importancia económica potencial para el área en peligro aun cuando la plaga no existe o, si existe, no está extendida y se encuentra bajo control oficial” (FAO, 1990; revisado FAO, 1995; CIPF, 1997, citado por FAO, 2001).

19 Nombre aceptado según Itis (2015): *Stenoma catenifer* (Walsingham, 1912).

20 Es probable la omisión de publicaciones que no se encontraron en las bases de datos consultadas bajo los parámetros de búsqueda establecidos.



Tabla 5. Autores y publicaciones en plagas asociadas al cultivo de aguacate en Colombia (2001-2017)

	Foldi y Watson (2001)	Gagné et al. (2004)	Gil et al. (2007)	Rubio et al. (2009)	Caicedo et al. (2010)	Kondo (2010)	Gómez et al. (2011)
2001-2011	Describieron la plaga denominada <i>L. colombiana</i> , en el departamento de Caldas, causante de pérdidas de productividad, tras la excesiva extracción de savia de las ramas por parte del insecto.	Reportaron el hallazgo y características de una mosca denominada <i>Bruggmanniella perseae</i> (Diptera: Cecidomyiidae) ²¹ , asociada a la deformación de frutos de aguacate en 2 zonas geográficas distantes (Caldas, Colombia y Carrizal, Costa Rica).	Describieron las características morfológicas de la especie <i>L. colombiana</i> , sus hábitos y métodos de control utilizados por los agricultores.	Describieron los estados de desarrollo del insecto <i>H. elegans</i> y evaluaron el daño ocasionado en plantaciones de aguacate de diversas variedades en el municipio de Fresno (Tolima).	Estudiaron la morfología de los insectos <i>H. lauri</i> en el departamento del Tolima y determinaron daños como la formación de costras negras circulares en la epidermis, la presencia de excretas blanquecinas y la barrenación de la larva en pulpa y semilla.	Enunció la existencia de una nueva especie de insecto en plantaciones de aguacate de Anserma (Caldas), estudió sus características y determinó que pertenece al grupo <i>Toumeyella</i> de la familia de insectos Coccidae (Hemiptera).	Describieron las plagas <i>H. lauri</i> , los insectos cocoideos (Hemiptera), y el <i>M. velezangeli</i> , así como los síntomas de su presencia, daños y manejo, en cultivares de aguacate Hass ubicados en la meseta de Popayán (Cauca).
	Torres et al. (2012)	Mesa et al. (2014)	Montilla et al. (2014)	Londoño (2014)	Sierra et al. (2014)	Caicedo et al. (2014)	ICA
2011-2015	Encontraron que la fenología heterogénea de la variedad Hass favorece la presencia de la plaga <i>M. velezangeli</i> , que causa daños en las ramas de floración y fructificación, en los estratos medio y superior de árboles cultivados en Antioquia, Caldas y Quindío.	Presentaron un programa fitosanitario para aguacate de diversas variedades cultivadas en el Valle del Cauca y evaluaron la presencia de plagas y el comportamiento de enfermedades asociadas al cultivo.	Evaluaron métodos de acción tóxica sobre la plaga <i>M. velezangeli</i> e identificaron 5 insecticidas causantes de una tasa de mortalidad (entre el 85 y 100 %) en un intervalo de 24 horas, luego de 3 días después de las aplicaciones.	Presentó recomendaciones para el manejo de la plaga <i>M. velezangeli</i> , dadas sus características, daños, hospederos y condiciones que favorecen su presencia.	Evaluaron la incidencia de la mosca blanca (<i>Paraleyrodos</i> sp.) en cultivares de aguacate Choquette, Hass y Lorena, y analizaron las prácticas de manejo de los agricultores de Fresno (Tolima).	Determinaron la prevalencia de las plagas cuarentenarias: pasador de fruto <i>S. catenifer</i> y los barrenadores <i>H. Lauri</i> Boheman y <i>H. trifasciatus</i> , en plantaciones de aguacate Hass del oriente de Antioquia y el norte del Tolima.	Boletines epidemiológicos de plagas de aguacate de control oficial, en los departamentos de Antioquia, Cauca, Nariño, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca (entre los años 2013 y 2015).

Continúa

21 Nombre aceptado según Itis (2015): *Bruggmanniella perseae* (Gagne, 2004).



	Restrepo (2015)	Cruz <i>et al.</i> (2016)	Caicedo <i>et al.</i> (2016)	Vinasco (2016)	Sánchez (2017)	Díaz <i>et al.</i> (2017)
2015-2017	Realizó pruebas de patogenicidad y propuso el desarrollo de métodos de control biológico de <i>Thrips</i> , a partir de hongos entomopatógenos asociados al insecto, en cultivos de aguacate del oriente de Antioquia.	Analizaron el ciclo biológico de la mosca blanca <i>Paraleyrodes</i> sp. <i>bondari</i> , identificaron sus principales enemigos naturales y evaluaron su relación con factores ambientales en Fresno (Tolima).	Presentaron métodos de muestreo para evaluar el nivel de infestación de la mosca blanca (<i>Paraleyrodes</i> Quaintance <i>bondari</i>) en las variedades Hass y Lorena; a su vez, encontraron diferencias significativas con mayor relevancia para la segunda.	Analizó las relaciones genéticas de las especies <i>H. lauri</i> , <i>H. trifasciatus</i> , y <i>H. elegans</i> que conforman la plaga cuarentenaria conocida como picudo del aguacate, en Antioquia, Caldas, Quindío, Tolima, Cauca y Valle del Cauca.	Realizó una labor de identificación y seguimiento a las especies de artrópodos asociados a plantas de aguacate (Lorena, Choquette, Hass y Collin Red) durante la fase de vivero, y en parcelas ubicadas en el Valle del Cauca.	Determinaron el ciclo de vida de la especie <i>H. lauri</i> y realizaron una descripción morfológica de sus estados de desarrollo con el uso de material vegetal cv. Hass de Antioquia.

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a las enfermedades del aguacate en general, la revisión de las publicaciones indica que en Colombia los investigadores han prestado especial interés por el estudio de la pudrición radical o marchitez de aguacate. Esta enfermedad representa un problema devastador en las regiones del territorio nacional donde se produce la fruta (Castaño y Leal, 2018). Si bien son varias las especies de *Phytophthora* asociadas con la enfermedad, en el país su ocurrencia es atribuida, de forma particular, al agente patógeno *P. cinnamomi*, el cual es el responsable de pérdidas que pueden oscilar entre el 30 y 50 %, desde la fase de vivero y hasta los 2 primeros años del establecimiento de las plantaciones (Tamayo, 2007). Considerado como la principal amenaza para el cultivo a nivel nacional, este hongo ha afectado tanto a las variedades criollas procedentes de la raza antillana, como a las variedades mejoradas (p. ej. Lorena, Booth 7 y 8, Trapp, Trinidad, Hass, Fuerte, Choquette y Santana) (Bernal y Díaz, 2005).

Aunque no se tiene certeza de las pérdidas generadas por el hongo –durante las demás etapas de desarrollo del cultivo– es posible deducir los daños que podría ocasionar si se revisan los antecedentes en el país. Por ejemplo, para el año 2011, la presencia del patógeno habría ocasionado pudrición radical, marchitez del follaje y posterior muerte de árboles de aguacate en al menos el 50 %, de una superficie estimada en 7000 ha, en la subregión de los Montes de María (entre los departamentos de Bolívar y Sucre). Para el 2013, tan solo en el municipio de El Carmen de Bolívar, el patógeno ya había afectado unas 2776 ha de un total de 4500 ha donde era posible encontrar árboles del frutal de variedades criollas (Díaz, 2013).

En las investigaciones realizadas en Colombia durante los últimos 7 años (ver tabla 6) se reportan avances destacados en los siguientes aspectos: 1) el análisis de factores que favorecen la presencia del hongo, 2) la identificación de otros posibles agentes causales de la pudrición radical, 3) la caracterización de aislamientos y la identificación de accesiones con posible resistencia al hongo para su uso en portainjertos, 4) el planteamiento de métodos de manejo y control biológico durante el desarrollo del cultivo, 5) la descripción de la enfermedad, la estimación de la distribución espacial del patógeno y la identificación de áreas con riesgo potencial y 6) la evaluación de impactos de los daños ocasionados por el oomicete *P. cinnamomi*; lo anterior, a través del análisis o experimentación con material vegetal proveniente de diferentes zonas productoras (entre las que se destacan Antioquia, Tolima, Valle del Cauca y Montes de María).

En cuanto a la identificación de otros microorganismos relacionados con la enfermedad, se ha estudiado la influencia de diferentes agentes patógenos. Así, en la actualidad, el denominado *complejo de marchitez del aguacate* (CMA) ha sido asociado a la presencia de distintos agentes causales, tanto de



origen abiótico como biótico (Ramírez, 2018). Entre los factores abióticos se destaca la humedad del suelo y su deficiencia de oxígeno, mientras que entre los factores bióticos se asocian a la problemática los siguientes microorganismos²²: *P. cinnamomi*, *Phytophthora heveae*, *Phytophthora citricola*, *Verticillium sp.*, y *Cylindrocarpon destructans* (Hypocreales) (Ramírez *et al.*, 2014), este último también relacionado con la enfermedad conocida como *podrición negra de raíces* (Ramírez y Morales, 2013).

Tabla 6. Principales aspectos tratados en publicaciones relacionadas con la pudrición radical o marchitez del aguacate asociada a *Phytophthora cinnamomi* (2012-2018)

Análisis de factores de riesgo frente al hongo				Identificación de agentes causales	
Toñifo <i>et al.</i> (2012)	Romero (2014)	Rodríguez <i>et al.</i> (2015)	Muñoz (2017)	Ramírez (2013)	Ramírez <i>et al.</i> (2014)
Analizaron factores agroecológicos y de manejo en plantaciones de aguacate del departamento del Cesar y confirmaron la afectación sanitaria por <i>Phytophthora spp.</i> y <i>Fusarium sp.</i>	Evaluó la relación de las propiedades físicas y químicas del suelo frente a la severidad de la pudrición de aguacate en una plantación ubicada en el municipio de San Sebastián de Mariquita (departamento del Tolima).	Llevaron a cabo un experimento en vivero con plantas de aguacate Hass para determinar la dosis infectiva del patógeno <i>P. cinnamomi</i> a través de un método de inoculación a la raíz.	Evaluó en condiciones de laboratorio las respuestas bioquímicas de los cultivares Hass y Duke 7 sometidos a la interacción con el patógeno <i>P. cinnamomi</i> .	Estudió microorganismos asociados a la marchitez del aguacate en el norte de Antioquia y evaluó variables edáficas relacionadas con los focos de infección del complejo de agentes, con énfasis en <i>P. cinnamomi</i> .	Identificaron microorganismos asociados a los síntomas de la marchitez del aguacate (atribuida al hongo <i>P. cinnamomi</i>), con el fin de evaluar la influencia de otros posibles agentes causales, en zonas productoras del departamento de Antioquia.

Caracterización de aislamientos y reconocimiento de accesiones con posible resistencia al hongo <i>P. cinnamomi</i>			
Rodríguez (2015)	Leal <i>et al.</i> (2014)	Calle (2017)	Marulanda (2017)
Analizó material genético de un banco de germoplasma de aguacate antillano para identificar accesiones con posible resistencia a <i>P. cinnamomi</i> y su potencial uso como portainjerto.	Caracterizaron 2 aislamientos de <i>P. cinnamomi</i> , a través de tratamientos con fungicidas a diferentes concentraciones (una alternativa de control biológico y una enmienda orgánica de cobertura), en plántulas de aguacate de la variedad Waldin inoculadas con el hongo.	Caracterizó aspectos fenotípicos y moleculares de una recopilación de 112 aislamientos de <i>P. cinnamomi</i> obtenidos de cultivos ubicados en el departamento de Antioquia y destacó la baja diferenciación genética de la especie.	Estudió 45 aislamientos patogénicos de <i>P. cinnamomi</i> en cultivos comerciales de aguacate de los departamentos del Cauca, Valle del Cauca y Risaralda.

Continúa

22 Nombres completos y válidos según Itis (2015): *Cylindrocarpon destructans* (Zinssm.) (Scholten, 1964), *Phytophthora citricola* (Sawada, 1927), *Phytophthora heveae* (Thomps, 1929), *Verticillium*. Las especies de *Phytophthora* son del orden Peronosporales (familia: Peronosporaceae)



Métodos de manejo, control biológico y pruebas de antagonismo

Ramírez et al. (2013)	Ramírez et al. (2016)	Castaña y Leal (2018)	Ararat (2013)	Ramírez et al. (2014)	Ramírez (2016)
Realizaron aplicaciones de materia orgánica y minerales, con el fin de favorecer la microbiología del suelo en una plantación del municipio de Donmatías (Antioquia) y evaluaron el comportamiento antagonico frente a <i>P. cinnamomi</i> para sugerir métodos alternativos a la síntesis química.	Evaluaron, en el municipio de Donmatías (Antioquia), diferentes métodos para tratar la pudrición de la raíz del aguacate y encontraron que las técnicas de control individual para el manejo de <i>P. cinnamomi</i> no son tan efectivas como cuando se combinan.	Propusieron alternativas para el manejo integrado de la pudrición radical del aguacate, al tener en cuenta el uso de patrones resistentes a <i>P. cinnamomi</i> , las prácticas de manejo cultural y biológico y otros métodos de control.	Evaluó la influencia de la nutrición mineral y la actividad biológica rizosférica, en la disminución del daño ocasionado por <i>P. cinnamomi</i> en sustratos, semillas y plántulas (cv. Hass) obtenidas de un vivero comercial del Valle del Cauca.	Evaluaron, bajo condiciones de invernadero, el efecto antagónico de <i>Trichoderma</i> sp., <i>Glomus fasciculatum</i> (Glomerales: Glomeraceae) ²³ y <i>Pseudomonas</i> sp., como controladores biológicos en el desarrollo de plántulas de aguacate, sin inocular e inoculadas con <i>P. cinnamomi</i> .	Realizó pruebas de antagonismo frente a <i>P. cinnamomi</i> , evaluó la actividad biológica de metabolitos bacterianos obtenidos de aislamientos bacterianos y valoró el porcentaje de infección de los mismos en diferentes regiones del departamento de Antioquia.

Descripción de la enfermedad y distribución espacial del patógeno

Evaluación de impactos

Rojas y Guerrero (2016)	Ramírez (2018)	Osorio et al. (2018)	Díaz (2013)	Ramírez et al. (2017)
Describieron las generalidades de la pudrición radical del aguacate y su agente causal, así como su manejo en las principales zonas productoras de Colombia (publicación del ICA).	Describió el complejo de <i>marchitez del aguacate</i> a través del análisis de la sintomatología, agentes causales implicados, incidencia, distribución, prácticas de manejo y otros factores implicados.	Estimaron la distribución espacial y las zonas de mayor riesgo para la pudrición radical de aguacate en los Montes de María (principal zona productora de la región Caribe).	Analizó el impacto socioeconómico y ambiental generado por la afectación del hongo <i>Phytophthora</i> spp. en las plantaciones de aguacate en los Montes de María.	Tuvieron en cuenta el nivel tecnológico de algunas unidades productivas para estimar el impacto económico de la enfermedad del marchitamiento durante diferentes etapas del desarrollo del cultivo de aguacate en 3 regiones productoras del departamento de Antioquia.

Fuente: elaboración propia.

Además de la pudrición radical, existen otras enfermedades que afectan el cultivo en Colombia. En este sentido, es preciso enunciar estudios como el realizado por Reina et al. (2015), quienes realizaron un ensayo en plantaciones de aguacate Lorena, Hass y Choquette, con el fin de determinar el grado de severidad del complejo fungoso “la peca”, considerado un problema fitosanitario en los cultivos de aguacate en el norte del Tolima y que afecta principalmente a la variedad Lorena.

23 Nombre aceptado según Itis (2015): *Glomus fasciculatum* (Thaxt.) (Gerd. y Trappe, 1974).



En el Valle del Cauca, se destacan investigaciones como la realizada por Cobo (2017), quien llevó a cabo un ejercicio de caracterización morfológica y molecular de diferentes aislamientos del patógeno *Colletotrichum* spp., agente causal de la antracnosis. Para el ejercicio, trabajó con frutos de aguacate Hass de 14 municipios del Valle del Cauca y evaluó la patogenicidad y control *in vitro* de los mismos. Como resultado, identificó al menos 3 especies del género de hongos, además de una alta diversidad entre los aislamientos analizados.

De igual manera, Mesa *et al.* (2014) llevaron a cabo, durante el primer semestre del 2014, un diagnóstico de las principales plagas y enfermedades presentes en una muestra de 214 predios de pequeños productores del departamento. Entre los resultados, los investigadores encontraron que las variedades más cultivadas son Lorena, Común y Hass, y las enfermedades más representativas son en orden: 1) la antracnosis (causada por *Colletotrichum* spp.), encontrada en el 27 % de las unidades estudiadas; 2) la pudrición radical y del tallo (asociada a *P. cinnamomi*), la cual tuvo incidencia en el 16 % de la muestra; 3) la lesión o mancha angular ocasionada por el hongo *Pseudocercospora purpurea* (Mycosphaerellales: Mycosphaerellaceae)²⁴, encontrada en el 15 % de las unidades productivas; 4) la mancha algácea asociada al parásito *Cephaleuros virescens* (Trentepohliales: Trentepohliaceae)²⁵, presente en el 13 % de los predios; 5) los nematodos de los géneros *Helicotylenchus* y *Pratylenchus*, con una incidencia del 7,3 % en la evaluación; y 6) la roña en fruto, asociada a *Sphaceloma perseae* (Myriangiales: Elsinoaceae)²⁶ e identificada en el 6,5 % del total de unidades valoradas.

Pese a los avances y los estudios realizados en la identificación y tratamiento de las enfermedades del cultivo en Colombia y en el departamento, los actores manifestaron desconocer la manera adecuada de su manejo y control. En este sentido, se hace evidente la necesidad de buscar mecanismos apropiados de difusión, que permitan divulgar los principales resultados de las investigaciones. De esta forma, será posible para el productor generar capacidades, realizar acciones de seguimiento a las enfermedades y evaluar el comportamiento de los organismos patógenos ante los diferentes métodos que buscan reducir los daños que estos ocasionan.

- **Desconocimiento del impacto ambiental y socioeconómico asociado al desarrollo del cultivo**

El impacto ambiental de la agricultura derivado del desarrollo de cultivos comerciales como el aguacate Hass está asociado con procesos de deforestación, uso excesivo de agroquímicos e inadecuado manejo de los recursos naturales, razón por la cual, a nivel internacional, cobra cada vez más importancia la medición de los efectos del desarrollo agrícola intensivo. A modo de ejemplo, en México –donde el cultivo es de gran relevancia económica– Astier *et al.* (2014) analizaron las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de lotes de aguacate para exportación, producidos bajo sistemas orgánicos y convencionales en el centro del país. Entre sus hallazgos muestran que las emisiones de GEI de los sistemas orgánicos no son inferiores a los sistemas convencionales, por lo que concluyen que la agricultura orgánica no es suficiente para mejorar la sostenibilidad en la producción de la fruta.

Otro ejemplo es el de Barsimantov y Antezana (2012), quienes realizaron un estudio de caso en 4 comunidades adyacentes a zonas productoras del estado de Michoacán (México), con el fin de analizar los siguientes aspectos: el cambio en la cubierta forestal causado por la producción de aguacate, el relacionamiento de la expansión del cultivo con las políticas de la propiedad común y la comparación histórica de los índices de deforestación, antes y después de la instalación de los huertos productivos. El mismo tema fue abordado por los investigadores Chávez *et al.* (2012), quienes presentaron indicadores ambientales y socioeconómicos relacionados con el efecto del cambio del uso del suelo, de bosques templados a plantaciones de aguacate –en la misma región del país– y establecieron las bases de un modelo de producción con bajas implicaciones negativas para el entorno.

24 Nombre aceptado según Itis (2015): *Pseudocercospora purpurea* (Cooke) (Deighton, 1976).

25 Nombre aceptado según Itis (2015): *Cephaleuros virescens* (Kunze, 1827) (Karsten, 1891).

26 Nombre aceptado según Itis (2015): *Sphaceloma perseae* (Jenkins, 1934).



En Colombia, el incremento en áreas y volumen de producción de aguacate fue notorio a partir del año 2010 y, en forma consecuente, las exportaciones de la fruta (de la variedad Hass) empezaron a tener una dinámica destacada a partir del año 2013 (CIAT, 2018), lo cual puede explicar la escasa investigación relacionada con la medición de los impactos ambientales del cultivo comercial. Por otra parte, no se tiene certeza de la transformación del paisaje y, por ende, de los cambios en la vocación del suelo, frente a la perspectiva del cultivo que requiere de la implementación de nuevos sistemas productivos, los cuales deben ser evaluados en las zonas productoras del país como el Valle del Cauca. Para ello, es necesario evaluar el efecto de las tecnologías agrícolas sobre el ambiente, lo cual demanda el empleo de indicadores para medir los impactos positivos o negativos ocasionados por el manejo de los cultivos y el sistema de producción adoptado y, de este modo, identificar los efectos adversos y plantear medidas correctivas (Catie, 2017).

Ahora bien, si se considera que otro aspecto relevante para la medición de impactos debe estar relacionado con la sociedad y la economía, es preciso que –además de evaluar las implicaciones en el ambiente– se consideren estas temáticas como parte de un análisis integral de la sostenibilidad de la cadena. En Colombia, gran parte de los estudios se centran en la valoración de impactos frente a las pérdidas en la fase de producción; por ejemplo, se resalta el trabajo desarrollado por Ramírez *et al.* (2017), quienes determinaron los efectos económicos negativos causados por la enfermedad denominada *marchitamiento del aguacate*, en fase de vivero y por ciclo de producción, en una muestra de lotes productivos ubicados en 3 regiones del departamento de Antioquia.

Ante este panorama, es necesario realizar investigaciones en las que se aborden, entre otros, los siguientes temas: la generación y distribución de beneficios a lo largo de la cadena de valor; las implicaciones de la posible transformación de la cultura agrícola nacional, que trae consigo la visión exportadora de la fruta; y los cambios en los roles desempeñados por los actores frente a la agricultura familiar y de pequeña escala versus la incursión de grandes industrias en el agronegocio. Además, se requiere partir del establecimiento de una línea base o caracterización (socioeconómica, productiva, comercial y ambiental) que permita realizar mediciones de los efectos del cultivo y la dinámica de la cadena.

- **Implementación insuficiente de prácticas ambientalmente sostenibles**

La preocupación por el medioambiente se ha incrementado de manera progresiva en todo el mundo y ha despertado una conciencia colectiva frente a las actividades cotidianas del ser humano. Así, en cuanto a las cadenas productivas del sector agrícola, los actores deben asumir el cumplimiento de requisitos impuestos por la sociedad en respuesta a la creciente problemática ambiental; lo anterior, con el fin de garantizar –en un mercado con actores bastante competitivos– la toma de medidas en pro de orientar los esfuerzos hacia la sostenibilidad, la relación existente entre la agricultura moderna, el uso de recursos naturales, la calidad de los productos, la equidad social y la economía.

Durante la revisión de los antecedentes de investigación –relacionados con la implementación de prácticas sostenibles en el cultivo de aguacate a nivel internacional– fueron destacables los estudios generados en España. Por ejemplo, es posible citar a García (2003), quien expuso la manera en la que 80 agricultores ecológicos de Andalucía emplearon técnicas sostenibles de fertilización, manejo de plagas y enfermedades, entre otras, que dan respuesta a los requerimientos de las plantaciones. El autor hace énfasis en la relevancia del factor social y la orientación institucional bajo modelos de transferencia participativos que le permitan al agricultor ser un agente de cambio en su entorno.

En Colombia, el concepto de las buenas prácticas agrícolas (BPA) se encuentra asociado al desarrollo sostenible de la producción primaria (Gobernación del Tolima *et al.*, 2017). De esto, es posible interpretar que abarca la definición de prácticas ambientales que contribuyen al equilibrio entre los sistemas productivos y el entorno; es decir, al uso racional de los recursos naturales en la agricultura. De esta forma, la Resolución 3002 de 2017 (ICA, 2017) establece las generalidades ambientales que hacen parte de los requisitos necesarios para la certificación de las buenas prácticas agrícolas. Al mismo tiempo, existen diversas cartillas y manuales que describen técnicas para el manejo de plagas y enfermedades, además de otros aspectos como el bienestar de los trabajadores, la protección del medioambiente y el seguimiento a las actividades de administración agraria.



En el territorio nacional, la revisión de literatura permitió identificar algunas publicaciones que contienen recomendaciones para el manejo técnico del cultivo en el marco de la normatividad nacional y la responsabilidad ambiental. Entre estos documentos se destaca el desarrollado por Bernal *et al.* (2014), quienes en un proceso de recopilación de investigaciones y de experiencias en transferencia tecnológica, realizados por investigadores y especialistas en diversos cultivares, describen aspectos de nutrición y fertilización, elementos de costos de producción, métodos para la adopción de las BPA y otras generalidades del cultivo.

Ante este panorama, es importante que estos –como los demás avances y esfuerzos de investigación– sean acompañados de procesos de transferencia tecnológica que garanticen su socialización, adopción e implementación en el campo colombiano, para lo cual es preciso que el Estado establezca esfuerzos con las entidades de acompañamiento, a través del planteamiento de políticas y de la puesta en marcha de programas, planes y proyectos. En materia de política, es pertinente mostrar como ejemplo a la Gobernación del departamento de Caldas, que mediante la Resolución 6509 de 2018 (Corpocaldas, 2018), dictaminó los lineamientos técnicos para el establecimiento y manejo sostenible del cultivo del aguacate Hass en el territorio departamental, con el objeto de contrarrestar los impactos ambientales de la producción agrícola de la fruta (Muñoz, 2018).

En cuanto a programas, la Gobernación del Valle del Cauca, en el primer trimestre del 2018, inició la ejecución del Programa Integral de Fruticultura (PIF), en un horizonte de tiempo de 18 meses, con el apoyo de la institucionalidad regional. El programa financiado por el SGR busca generar valor en la cadena productiva, en primer lugar, en el sector primario. Así, incluye el fomento de las BPA a través del acompañamiento a los agricultores ubicados en 29 municipios donde se producen 9 frutales priorizados (Narváez, 2018), entre los que se encuentra el aguacate. El proyecto se fundamenta en la diversificación productiva con enfoque sostenible dirigida a mercados eficientes, en el fortalecimiento de procesos de asociatividad y en el mejoramiento de la calidad de los frutales (Gobernación del Valle del Cauca, 2017).

Además de lo enunciado en el territorio nacional, la academia y los centros de investigación realizan procesos análogos que apuntan hacia el mismo propósito. Entre los antecedentes, Sánchez y Restrepo (2016) plantearon un modelo para estimar la cantidad de bioinsumos utilizados en el oriente antioqueño en la producción de aguacate Hass, como una alternativa de sustitución de agroquímicos para, a partir de métodos estadísticos, proyectar su potencial demanda frente a las exigencias del mercado.

En este ámbito, los actores de la cadena productiva del aguacate en el Valle del Cauca sugieren que, con su participación activa, se dé continuidad al desarrollo de programas e investigaciones como los enunciados, por ejemplo, a través de parcelas demostrativas donde se evalúen los rendimientos del cultivo con un enfoque de producción limpia, se instruya la implementación de las BPA y se valoren diversos aspectos frente a la agricultura convencional; lo anterior, dado que es necesaria la intervención de la ciencia para guiar los procesos de producción, agregación de valor y comercialización, así como la participación de las entidades de acompañamiento para la transferencia de los conocimientos.

- **Desconocimiento del manejo adecuado de los recursos naturales**

Dado que la agricultura depende en gran medida de la riqueza del suelo, agua, aire, fauna y flora, es importante administrar la producción agrícola de tal forma que se reduzca su afectación en el medioambiente natural (Castro, 2000). Esto implica un reto para la agricultura moderna, que debe replantearse en términos de sustentabilidad; es decir, con una visión de *agricultura sostenible*. Desde la perspectiva de Morera (2000), dicho requerimiento surge como una respuesta a la necesidad de encaminar la agricultura convencional hacia la búsqueda de métodos ambientalmente aceptables, económicamente viables y socialmente compatibles, con el fin de minimizar el deterioro ambiental al tiempo que responde por la demanda actual y futura de alimentos. Este equilibrio entre la agricultura y la conservación del



ambiente debe tener un enfoque diferencial en cada cultivo que represente una amenaza para el equilibrio de la naturaleza; ahí las buenas prácticas agrícolas (BPA) y otras certificaciones y estándares a nivel internacional se convierten en el eje fundamental para que los agricultores se apropien de métodos orientados hacia la protección de los recursos como el suelo y el agua.

Entre los antecedentes internacionales de investigación, en materia de conservación de suelos para la producción de aguacate, se resalta la investigación llevada a cabo en Chile por Amaya *et al.* (2012), quienes durante 3 años compararon, con respecto a los procesos de erosión y escorrentía, los efectos de varios sistemas de cobertura de suelos en plantaciones de aguacate ubicadas en zonas de ladera y en climas de alta variabilidad de precipitación, con el objeto de sugerir métodos para reducir problemas ambientales como la pérdida de nutrientes y el desgaste del suelo. Así mismo, López *et al.* (2014) llevaron a cabo un proceso demostrativo en España, entre los años 2002 y 2012, para analizar los efectos del uso de cáscara de almendra como mantillo en el manejo orgánico del cultivo de la fruta y comparar las propiedades del suelo y los rendimientos productivos respecto a la labranza convencional.

En cuanto al manejo del recurso hídrico en el cultivo, sobresalen investigaciones como las de Acosta *et al.* (2018) en California (Estados Unidos), quienes estudiaron la *eficiencia del uso de agua* (EUA), que describe la relación entre la ganancia de carbono y la pérdida del recurso durante la fotosíntesis, a través del seguimiento de parcelas demostrativas de cultivares de aguacate, con el propósito de identificar genotipos con potencial productivo en algunas zonas de referencia y bajos requerimientos de agua.

Entre los trabajos previos desarrollados en Colombia referentes a estas temáticas, se encuentra el desarrollado por Dorado *et al.* (2017), quienes publicaron una guía técnica para orientar a los productores de aguacate Hass hacia la gestión del recurso agua, así como el manejo del riego respecto a los requerimientos hídricos del cultivo. Para esto, los autores evaluaron el comportamiento de la necesidad hídrica en 3 zonas productivas del país ubicadas en los departamentos de Tolima, Cauca y Antioquia. Por otra parte, Gómez *et al.* (2018) socializaron los objetivos de un proyecto realizado en el municipio de San Pedro de los Milagros (Antioquia), el cual durante su ejecución buscó proponer un modelo para el uso eficiente del recurso hídrico a través de un prototipo de agricultura de precisión, que permita además obtener buenos rendimientos.

En este ámbito, otro aspecto que toma relevancia es el conocimiento y estudio de la huella hídrica. Esto responde a las exigencias del mercado que, en la actualidad, llevan a los actores de la cadena al cumplimiento de normas cada vez más exigentes con relación a los recursos naturales. Al respecto, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2015) realizó un estudio que buscó conocer la huella hídrica anual del sector agropecuario; para ello, se analizaron los principales cultivos del país, entre los que se encuentra el aguacate (con una HHA de 28,3 m³ y una HHV de 417 m³)²⁷. Sin embargo, más allá del indicador no se conocen las implicaciones o consecuencias que las cifras traducen, ni tampoco las estrategias que podrían considerarse para lograr ser competitivos en este aspecto frente a los demás países productores de la fruta.

A partir de lo anterior, los actores de la cadena regional propusieron que el sector académico y las instituciones de investigación al servicio del sector agrícola realicen estudios en el Valle del Cauca con el objetivo de ampliar la información de los requerimientos hídricos del cultivo, la huella hídrica de la fruta proveniente de las principales zonas productivas, la afectación en el recurso suelo, los métodos para mitigar los impactos, entre otros.

27 HHA o Huella hídrica azul: volumen de agua dulce proveniente de una fuente superficial o subterránea, la cual es extraída para la producción de bienes y servicios a causa de la insuficiente disponibilidad de agua lluvia (Arévalo *et al.*, 2011).
HHV o Huella hídrica verde: volumen de agua lluvia que, al no convertirse en escorrentía, se almacena de forma subterránea, permite la existencia de vegetación natural y retorna a la atmósfera a través de la evapotranspiración (Arévalo *et al.*, 2011).



- **Investigación insuficiente para determinar la relación entre la calidad de la fruta en puertos de destino, la madurez de cosecha y el tratamiento poscosecha (ausencia de protocolos)**

Uno de los principales desafíos para la industria del aguacate Hass es proporcionar un producto homogéneo, en términos de maduración del fruto; en especial, al considerar la gran variabilidad que puede encontrarse en un pale de fruta (Rivera *et al.*, 2017). Si bien, el aguacate es transportado conservando la cadena de frío, su maduración se realiza de manera controlada en el mercado de destino (Astudillo y Rodríguez, 2018). En este proceso, la maduración heterogénea prefigura como uno de los principales problemas logísticos en dichos mercados, dado que restringe la comercialización del aguacate Hass, incrementa los costos asociados y ocasiona que la calidad sea inconsistente para los consumidores.

Las investigaciones alrededor del tema han reconocido que son múltiples los factores y las condiciones bajo las cuales se desarrollan los cultivares, que pueden influir en la maduración del aguacate Hass, entre estas se incluyen las condiciones climáticas, las características de los suelos y el manejo agronómico del cultivo antes y después de la cosecha. Adicional a esto, se ha identificado que el almacenamiento del aguacate por un largo periodo en las cámaras de maduración, también representa un desafío para los distribuidores, dado que la fruta es sensible al etileno, tiene una vida útil corta una vez iniciada la maduración y es susceptible a infecciones latentes que se expresan durante el proceso, así como a trastornos fisiológicos asociados a lesiones por frío (Gamble *et al.*, 2010).

Entre los estudios realizados para entender el proceso de maduración del aguacate después de la cosecha se encuentra la investigación realizada en Chile por Rivera *et al.* (2017). El objetivo fue determinar la variabilidad en la maduración de la fruta sometida a diferentes condiciones durante el desarrollo del cultivo, así como entender el comportamiento durante la poscosecha, debido al efecto combinado de diversas variables que influyen en el proceso de precosecha. Los hallazgos de los autores invitan a considerar variables como el contenido de materia seca, la concentración de calcio, la firmeza de la fruta en la cosecha, el manejo del riego en la floración, la temperatura mínima media y el índice de área foliar, las cuales intervienen de manera significativa en el proceso de maduración de la fruta.

El trabajo de Pedreschi *et al.* (2014) usó un enfoque metabólico completo combinado con enfoques analíticos de poscosecha tradicionales con el fin de obtener un panorama amplio y claro de los mecanismos bioquímicos implicados en la heterogeneidad de la maduración observada en aguacates Hass de la región de Valparaíso, Chile. Los resultados indicaron que las diferencias observadas en el tiempo necesario para alcanzar la madurez comestible no se correlacionan con la materia seca, los compuestos de azúcares C7 ni el Ca²⁺ total (mannoheptulose y perseitol). Por el contrario, se evidenciaron metabolitos clave, tales como diferentes aminoácidos y ácidos grasos, que podrían ser indicadores de diferencias en la edad de la fruta u otros factores previos a la cosecha y que influyen en la fisiología del aguacate. De este modo, los autores argumentan que los esfuerzos para reducir la heterogeneidad de la maduración de los envíos a los mercados *ready-to-eat*, basados solo en las mediciones no destructivas de materia seca, podrían ser inadecuados.

De manera similar y también en Chile, Fuentealba *et al.* (2017) utilizaron un análisis de enzimas y metabolitos dirigidos y proteómica libre de gel no-dirigidos (LC-MS/MS) para analizar los fenotipos de contraste de diferentes condiciones de almacenamiento comercial de la fruta. Esto se realizó para describir las implicaciones bioquímicas y fisiológicas de los metabolitos de los ácidos grasos y las enzimas clave de desensamblaje de la pared celular, con el fin de identificar marcadores de calidad en una etapa temprana de maduración. Así mismo, se buscó evaluar las diferencias a nivel de proteína de muestras con fenotipo de maduración contrastante bajo diferentes condiciones de almacenamiento comercial.

Mientras tanto, los estudios realizados en Colombia se centran en la identificación de parámetros e indicadores que permitan definir el momento de corte para garantizar la maduración adecuada de la fruta. Entre ellos se encuentran los de Carvalho *et al.* (2014, 2015) quienes determinaron la correlación entre el porcentaje de aceite y de materia seca, con el fin de definir un índice mínimo de cosecha para el aguacate Hass cultivado en el país. El estudio fue realizado en Antioquia (municipios de El



Retiro, Támesis, Jericó, Rionegro, Entrerriós, Venecia y La Ceja). Los hallazgos de estos estudios permitieron identificar un índice mínimo de materia seca de 23,5 % como indicador de madurez para la cosecha de aguacate Hass. No obstante, los autores reconocen la importancia de incluir datos climáticos y muestras de otras regiones para refinar los resultados.

Por su parte, Astudillo y Rodríguez (2018) afirman que el grado mínimo de materia seca para iniciar la cosecha puede verse afectado por la variedad, la zona de producción, el manejo agronómico y el clima, entre otras. De este modo, los autores evaluaron el efecto de la localidad y el índice de madurez de cosecha en variables fisicoquímicas que influyen en la calidad del aguacate Hass colombiano, en particular, para el departamento de Antioquia, en el cual fue sometido a procesos de almacenamiento y maduración controlados, con el fin de simular las condiciones de comercialización de la fruta con destino a Europa.

Por otro lado, Rodríguez y Henao (2017) indagaron acerca del efecto de los diferentes tipos de maduración (cajas plásticas, cámaras climáticas y condiciones ambientales) sobre los parámetros de calidad (pérdida de peso, firmeza, daños internos y externos). Los resultados permiten afirmar que la maduración en cajas plásticas y en cámaras climáticas reducen en un 80 % y 50 % la pérdida de peso, respectivamente. Además, el tiempo de maduración es menor y se alcanza de manera más homogénea cuando se utilizan cámaras climáticas y cajas plásticas en condiciones ambientales.

Pese a los avances de investigaciones en el país, aún es necesario evaluar las causas subyacentes a la maduración heterogénea en los aguacates producidos en Colombia. Así mismo, es necesaria una evaluación de dichos factores –desagregados por región– dado que como se ha mencionado en los estudios citados en este apartado, estos pueden cambiar según las condiciones climáticas, manejos agronómicos y tipos de suelo, entre otros. La identificación de las causas y construir un panorama más amplio de la complejidad fisiológica de la maduración de la fruta ayudará a diseñar e implementar protocolos poscosecha para reducir esta problemática.

- **Bajo aprovechamiento agroindustrial y escasa innovación (agregación de valor)**

Las pequeñas y medianas empresas del sector hortofrutícola en Colombia se caracterizan por enfocarse principalmente en el mercado interno, no contar con una clara vocación exportadora y ofertar productos con escaso valor agregado (esto último, no incluye a las medianas industrias) (Puyana, 2005). Ahora bien, el procesamiento de frutas y hortalizas tiene el potencial para dinamizar el sector desde los ámbitos social y económico, dada su capacidad de integrar la producción primaria, generar empleo, impulsar la producción agrícola e incentivar el desarrollo empresarial (Martínez y Espinal, 2006). Según estos autores, para que el desarrollo del sector se considere competitivo, es necesario establecer un vínculo con la generación de valor agregado, la capacidad de procesamiento industrial y la ampliación de los mercados.

Según Gómez (2019), más allá de los productos industriales en su mayoría conocidos en el mercado de derivados del aguacate –tales como el guacamole, la pulpa y los aceites– se encuentra una gama de productos cuyo desarrollo requiere aumentar la complejidad de los procesos a cambio de aprovechar todas las partes del fruto. Entre estos se encuentran la elaboración de *snacks*, trozos de pulpa liofilizada, margarina de mesa, pulpa en polvo, infusiones de hojas, aplicaciones en culinaria, cremas faciales, cápsulas de semilla, artesanías, biopolímeros (p. ej., cubiertos desechables y pitillos), colorantes naturales, entre otros. Así, además de la industria alimentaria, el aguacate es materia prima potencial para su uso en otras industrias como la cosmética y la farmacéutica.

Lo anterior coincide con lo manifestado por Muñoz y Rojas (2016), quienes, interesados en encontrar alternativas a la problemática ambiental que se genera por el habitual desecho de la cáscara y la semilla del aguacate en procesos industriales, realizaron una recopilación bibliográfica que sustenta el uso de la fruta en el desarrollo de productos tales como los mencionados a continuación:



- a) *Alimentos, cosméticos y farmacéuticos*: polifenoles, extractos microbianos, pigmentos, almidón, harina y aceite.
- b) *Para la industria agropecuaria*: suplemento para animales y compost.
- c) *Para el campo energético*: biocombustibles.
- d) *Ambiental*: remoción de colorantes en agua, remoción de pesticidas y producción de carbón activado.

A través de la revisión bibliográfica es notorio que, en Colombia y en el ámbito internacional, se han llevado a cabo investigaciones relacionadas con el análisis y caracterización del aceite de aguacate, así como de la potencialidad de la fruta para el desarrollo de productos agroindustriales. Lo anterior significa que, al menos desde la perspectiva de los actores de la cadena del aguacate en el Valle del Cauca, estas consideraciones sustentan la necesidad de integrar a la pequeña, mediana y gran industria a los procesos de investigación, de tal forma que los resultados se materialicen en productos innovadores y comerciales; de este modo, será posible dinamizar la cadena productiva no solamente hacia los consumidores sino también hacia los proveedores.

- **Identificación insuficiente de las características diferenciales del aguacate cultivado en el departamento**

Algunos de los avances realizados en materia de perfilación organoléptica en el país los han realizado las cadenas productivas del café y el cacao. Estos desarrollos permitieron identificar atributos sensoriales específicos a nivel de región y a nivel nacional, con lo cual los integrantes de estas cadenas generaron ventajas comparativas en términos de posicionamiento de mercado. Con relación al aguacate, los estudios ratifican que las diferencias de altura influyen en las características fisiológicas y fisicoquímicas de la fruta. Además, las condiciones de microclima pueden ofrecer características organolépticas y sensoriales que deberían ser estudiadas según el segmento del mercado que se atiende y esté dispuesto a reconocer estos aspectos diferenciales.

En Colombia, esta temática de investigación alrededor del cultivar cv. Hass la ha liderado el departamento de Antioquia. Ejemplo de esto es la investigación de Bernal (2016), en la que analizó aspectos de calidad (p. ej., peso, porcentaje de pulpa, de cáscara y de semilla, porcentaje de aceite, materia seca y características sensoriales) del fruto de aguacate Hass obtenido de plantaciones ubicadas en 7 localidades en los municipios de Támesis, Venecia, Jericó, Marinilla, Rionegro y Entreríos. Los hallazgos indicaron que existe correlación entre la altura y la calidad. Así, los mejores resultados se obtuvieron a partir de los árboles situados en ambientes fríos. En otras palabras, por debajo de los 1770 m s. n. m. se disminuyó el tamaño de los frutos y la calidad interna (en términos de contenido de pulpa aprovechable). Por el contrario, los frutos cosechados por encima de esta elevación mostraron mejor contenido de materia seca.

En concordancia con lo anterior y en la búsqueda de reconocer los parámetros fisicoquímicos que determinan la calidad del aguacate Hass en Antioquia, Astudillo y Rodríguez (2018) realizaron pruebas en 3 momentos de madurez en fincas productoras de fruta exportable. Así, después de simular el proceso de exportación para analizar los contenidos de materia seca, los sólidos solubles, el pH y la acidez, encontraron que el origen de los frutos, el momento de la cosecha y los tiempos de almacenamiento son factores que inciden en los indicadores de calidad del fruto en estado de madurez para el consumo.

Por último, Márquez *et al.* (2014) caracterizaron frutos de aguacate Hass originarios de los municipios del Carmen de Viboral y El Retiro, para identificar las características fisiológicas y fisicoquímicas de la fruta cultivada en estas localidades. Los resultados del estudio identificaron que los cambios en poscosecha de estas 2 zonas de cultivo no son significativos; sin embargo, no se evaluaron aspectos organolépticos de los frutos, lo cual confirma la necesidad de continuar indagando en la fisiología de la fruta respecto al origen de producción en esta región.



En el caso del Valle del Cauca, es necesario avanzar en la investigación de los determinantes eco-fisiológicos de la planta que permitan entender su relación con diferentes variables, tales como la temperatura, la altitud y el cambio climático. De este modo, será posible analizar el comportamiento fenológico de la planta, su relación con la productividad y con la calidad del fruto. Este camino debe considerar la diferenciación de las características organolépticas y de poscosecha del aguacate vallecaucano en las diferentes zonas de producción y, además del Hass, todos los cultivares que se desarrollan en el departamento.

Un limitante que debe considerarse en el desarrollo de este tipo de investigaciones corresponde al dinamismo social de los agricultores y de los nuevos participantes de la cadena, quienes pueden establecer plantaciones sin considerar los aspectos geográficos que influyen en los resultados en términos de rendimiento del cultivo y de la calidad del fruto.

- **Elevados costos logísticos debido a los fletes internos, tiempos de exportación y capacidad de respuesta de infraestructura portuaria**

La infraestructura de transporte es ampliamente reconocida como un catalizador del crecimiento económico de una región, puesto que promueve –de manera directa o indirecta– el desarrollo de las actividades económicas y, a su vez, el incremento de la productividad y la competitividad. En particular, las mejoras en la infraestructura de transporte pueden ser consideradas como una parte integral de la competitividad de las regiones exportadoras, como lo menciona Tsekeris (2017). Este autor argumenta que el tamaño del mercado de una región influye en el grado de especialización productiva, en la retroalimentación con rendimientos crecientes a escala y en las reducciones de costos de transporte que, además, refuerzan las ganancias de productividad de las economías de aglomeración.

Los resultados de estudios realizados en esta línea apuntan a verificar la influencia favorable de las economías de aglomeración y el transporte o el acceso a mejoras en el mismo en algunas regiones, sobre la capacidad de los exportadores locales para vender sus productos a mercados extranjeros (Tsekeris, 2017). Por ejemplo, Cizkowicz *et al.* (2013), citado en Tsekeris (2017), utilizan un modelo con datos panel para demostrar que las exportaciones polacas regionales de productos agrícolas y comida tienen una correlación positiva con el acceso al mar. En este sentido, los métodos utilizados para abordar la relación entre competitividad y eficiencia de la infraestructura de transporte apuntan a incluir análisis espaciales con el objetivo de incluir el efecto *spillover* que tienen las economías de escala sobre la actividad exportadora de regiones vecinas (Tsekeris, 2017).

Por otra parte, al analizar el impacto de las condiciones de la infraestructura de transporte sobre la comercialización de productos agropecuarios, Higgings *et al.* (2018) afirman que las precarias condiciones de los caminos rurales australianos, cercanos a los centros de producción, reducen sustancialmente la velocidad promedio de viaje; esto genera daños en los productos pecuarios y hortícolas e incrementa el costo de mantenimiento de vehículos pesados. En su trabajo, los autores desarrollan la Herramienta de Inversión Estratégica de la Red de Transporte (TRANSIT, por sus siglas en inglés) la cual permite una comprensión rigurosa y cuantitativa de cómo la inversión en infraestructura y los escenarios regulatorios de las cadenas de suministro agrícolas y forestales australianas, pueden afectar los flujos de producto y los costos de transporte en todas las empresas de las cadenas mencionadas. La información obtenida apunta a optimizar el valor de las opciones de inversión en infraestructura.

En esta temática, se encuentra el trabajo de Fliehr (2013), quien examina la relevancia de los procesos de transporte y logística brasileños, para las exportaciones agrícolas al granel, en términos de costos y emisiones de CO₂, entre la finca y el puerto marítimo; para ello, utiliza el caso de la soja. Con el fin de cumplir con el objetivo, la autora fundamenta su análisis en estadísticas agrícolas, datos de investigación de campo e información de entrevistas con expertos. Así, el análisis de costos realizado en esta investigación permite identificar una correlación entre el precio de exportación y el precio del productor (en el mercado local al contado). De este modo, se observa que la diferencia en precios se debe básicamente a las tarifas de los fletes de transporte interno. En este caso, la deficiente red brasileña de infraestructura de transporte y almacenamiento –así como de terminales de transbordo–, las



estructuras monopólicas y la falta de capacidad del sistema ferroviario conducen a mayores costos, altas tarifas de transporte y limitaciones de capacidad.

En Colombia son muy pocos los estudios realizados en los que se analiza el impacto de las condiciones de la infraestructura y la logística de transporte sobre los productos agropecuarios. Avanzar en este tipo de trabajo cobra vital importancia ya que el 27 % de la producción agrícola nacional (alrededor de 59.400.000 t) es movilizada mediante transporte de carga por modalidad vial (Clavijo *et al.*, 2014). Así mismo, el Índice de Desempeño Logístico (*Logistics Performance Index*, LPI), calculado por el Banco Mundial, que evalúa 6 dimensiones (aduanas, infraestructura, envíos internacionales, competencia logística, rastreo y trazabilidad, y puntualidad), ubicó a Colombia en el lugar 58 (en el año 2018, con un puntaje de 2,94) entre los 160 países que participan en el *ranking*, detrás de otras naciones de latinoamericanas como Chile (34), Panamá (38), México (51) y Brasil (56) (Banco Mundial, 2019).

Así, en este contexto, no se identificó ninguna investigación que aborde el impacto de dichas condiciones del transporte nacional sobre los productos agrícolas percederos diferentes a las flores –tales como los frutales–, los cuales requieren de infraestructura especializada a lo largo de la cadena de suministro. Para el caso del aguacate Hass, es necesario identificar y cuantificar el impacto de los sistemas de transporte nacionales sobre la comercialización de la fruta con destino a exportación, pues en su mayoría se vende en estado fresco a países extranjeros y se emplean medios marítimos para tal movimiento. De este modo, se podrían planificar soluciones e inversiones a escala nacional para abordar la problemática.

6. PLAN DE INVESTIGACIÓN

A partir de las brechas tecnológicas identificadas, se plantearon una serie de propuestas de investigación que se presentan en forma de árbol de soluciones (ver figura 10) con el propósito de mostrar de manera gráfica: 1) los objetivos que la cadena productiva debe tener en cuenta en materia de investigación y desarrollo, 2) las alternativas de investigación que buscan dar respuesta al problema central y a los cuellos de botella que lo ocasionan y 3) los posibles resultados que se obtendrían a partir del desarrollo de las mismas. A continuación, se propone un plan de acción que complementa este ejercicio con la definición de metas, el listado de las posibles entidades que a nivel regional podrían contribuir al cumplimiento del plan desde sus objetos misionales y la estimación de los tiempos que requeriría cada investigación en la fase académica. Finalmente, se concluye con la comparación de la evaluación de las propuestas por parte de los investigadores, versus la priorización de las mismas por parte de los demás actores de la cadena.



Taller de evaluación de alternativas de investigación para las cadenas de aguacate, mora y piña del Valle del Cauca

CIAT, 02 de abril del 2018

Participantes: investigadores de Agrosavia, CIAT, Unal y Univalle



Metas		Resultados	Objetivo general
Facilitar al productor información relacionada con la fase de instalación del cultivo	Desarrollo de paquetes tecnológicos diferenciados para el manejo del cultivo en las principales regiones productoras	Validación en campo del desempeño del cultivo y evaluación de las características de las frutas obtenidas bajo diferentes sistemas productivos (convencional vs. limpio)	<p>Contribuir con el eslabón de comercialización a la disminución de pérdidas de fruta en los puertos de destino</p> <p>Presentación de alternativas de desarrollo agroindustrial (alternativas de procesamiento del aguacate y sus residuos) fundamentadas en posibilidades de mercado</p> <p>Identificar las características diferenciadoras del aguacate Hass del departamento con fines comerciales</p> <p>Evaluación del impacto de la infraestructura logística en los procesos comerciales</p>
Los productores cuentan con estudios de referencia para el establecimiento de cultivos en zonas aptas	Reconocimiento de las plagas y enfermedades de mayor incidencia en el departamento e información para su monitoreo y control	Proporcionar al sector estudios de caracterización del volumen de agua utilizado para la producción de aguacate Hass en el departamento	
Otorgar al sector información que refleje el impacto económico y ambiental del desarrollo del cultivo en la región	Recopilar información útil para el asesoramiento y transferencia de conocimientos relacionados con la implementación de buenas prácticas ambientales	Contribuir a los programas de gestión ambiental en la agricultura (en especial, en la búsqueda de la sostenibilidad ambiental del cultivo de aguacate Hass)	
Mejoramiento de las prácticas en las etapas de manejo del cultivo y la cosecha de la fruta	Presentar al sector productivo alternativas que busquen reducir el impacto de la actividad agrícola, sin afectar los niveles de productividad	Métodos validados de tratamiento poscosecha y alternativas de procesamiento agroindustrial	<p>Definir una ruta de trabajo que permita a la Academia y a las entidades de investigación del sector agrícola contribuir con el cierre de brechas tecnológicas que disminuyan la competitividad de la cadena de aguacate Hass del Valle del Cauca</p>
		Información útil para la potencialización del mercado y la gestión de la infraestructura logística necesaria en el proceso de exportación	



Objetivo general	Objetivos específicos									
<p>Definir una ruta de trabajo que permita a la Academia y a las entidades de investigación del sector agrícola contribuir con el cierre de brechas tecnológicas que disminuyan la competitividad de la cadena de aguacate Hass del Valle del Cauca</p>	<p>Propuestas de investigación</p>									
<p>Impactar la cadena de aguacate Hass a través de la investigación en los procesos de ins-talación y desarrollo del cultivo para incrementar la productividad y mejorar la calidad comercial del fruto</p>	<p>Caracterización morfológica, molecular y evaluación del comportamiento del material vegetal utilizado en la zona A1</p>	<p>Investigación dirigida a identificar las etapas fenológicas del cultivo y determinar la demanda nutricional, según las distintas condiciones agroecológicas del departamento A4</p>	<p>Estudio de zonificación para el establecimiento del cultivo de aguacate Hass en el Valle del Cauca A6</p>	<p>Investigación dirigida a evaluar el comportamiento de las principales plagas y enfermedades del cultivo en la región y a analizar la variabilidad y resistencia de los organismos patógenos A8</p>	<p>Desarrollo de un programa de monitoreo y manejo integrado de plagas y enfermedades A9</p>	<p>Evaluación de la adaptación y rendimiento del aguacate Hass en diferentes zonas climáticas del departamento y el país A7</p>	<p>Identificación y definición de modelos productivos adaptados a las condiciones regionales A5</p>	<p>Desarrollo de la adaptación y rendimiento del aguacate Hass en diferentes zonas climáticas del departamento y el país A7</p>	<p>Desarrollo de un programa de monitoreo y manejo integrado de plagas y enfermedades A9</p>	<p>Desarrollo de la adaptación y rendimiento del aguacate Hass en diferentes zonas climáticas del departamento y el país A7</p>
<p>Proponer, a través de la investigación aplicada, métodos de prevención y mitigación de las posibles alteraciones ambientales que puedan relacionarse con el cultivo de aguacate Hass en el Valle del Cauca</p>	<p>Desarrollo de la línea base para programas de monitoreo y evaluación, a partir de la caracterización (socio-económica, productiva, comercial y ambiental) del cultivo y de las tecnologías de productores A10</p>	<p>Parcelas demostrativas y experimentales que permitan evaluar el manejo y la productividad del cultivo bajo técnicas de producción limpia A11</p>	<p>Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo A15</p>	<p>Estudio de huella hídrica y de carbono del aguacate Hass en los principales municipios y estrategias de uso eficiente de recursos A16</p>	<p>Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del aguacate producido bajo técnicas sostenibles vs. la producción convencional A12</p>	<p>Parcela demostrativa y experimental del efecto de la polimización en los rendimientos productivos A13</p>	<p>Estudio de huella hídrica y de carbono del aguacate Hass en los principales municipios y estrategias de uso eficiente de recursos A16</p>	<p>Estudio sobre la relación del cultivo de aguacate y la deforestación en el departamento, al igual que el impacto en los servicios ecosistémicos de las cuencas más afectadas A17</p>	<p>Definición de buenas prácticas ambientales para el cultivo A14</p>	<p>Protocolos para los siguientes aspectos: - La estandarización de procesos de poscosecha, que garanticen la calidad del fruto - La maduración del aguacate colombiano en los puertos de destino A18</p>
<p>Contribuir al estudio de la tecnología poscosecha del aguacate Hass, en la búsqueda de mejorar la calidad de la fruta de calidad comercial, y a la agregación de valor de los excedentes a través de la agroindustria</p>	<p>Realizar análisis fisicoquímicos y desarrollar un mapa organoléptico del aguacate proveniente de las zonas principales de producción del departamento (según los factores ambientales, genéticos y de manejo) A21</p>	<p>Desarrollo de productos y validación técnica, financiera y comercial de los mismos A19</p>	<p>Protocolos para los siguientes aspectos: - La estandarización de procesos de poscosecha, que garanticen la calidad del fruto - La maduración del aguacate colombiano en los puertos de destino A18</p>	<p>Estudio de mercado para medir la posibilidad de ingreso (del aguacate o de productos procesados a base del mismo) a mercados nacionales e internacionales A20</p>	<p>Realizar análisis fisicoquímicos y desarrollar un mapa organoléptico del aguacate proveniente de las zonas principales de producción del departamento (según los factores ambientales, genéticos y de manejo) A21</p>	<p>Estudio de huella hídrica y de carbono del aguacate Hass en los principales municipios y estrategias de uso eficiente de recursos A16</p>	<p>Estudio de huella hídrica y de carbono del aguacate Hass en los principales municipios y estrategias de uso eficiente de recursos A16</p>	<p>Estudio de huella hídrica y de carbono del aguacate Hass en los principales municipios y estrategias de uso eficiente de recursos A16</p>	<p>Estudio de huella hídrica y de carbono del aguacate Hass en los principales municipios y estrategias de uso eficiente de recursos A16</p>	<p>Estudio de huella hídrica y de carbono del aguacate Hass en los principales municipios y estrategias de uso eficiente de recursos A16</p>
<p>Generar estudios que permitan analizar las variables técnicas, logísticas y de marketing, inmersas en los procesos de comercialización nacional e internacional del aguacate Hass del Valle del Cauca</p>	<p>Realizar análisis fisicoquímicos y desarrollar un mapa organoléptico del aguacate proveniente de las zonas principales de producción del departamento (según los factores ambientales, genéticos y de manejo) A21</p>	<p>Desarrollo de productos y validación técnica, financiera y comercial de los mismos A19</p>	<p>Protocolos para los siguientes aspectos: - La estandarización de procesos de poscosecha, que garanticen la calidad del fruto - La maduración del aguacate colombiano en los puertos de destino A18</p>	<p>Estudio de mercado para medir la posibilidad de ingreso (del aguacate o de productos procesados a base del mismo) a mercados nacionales e internacionales A20</p>	<p>Realizar análisis fisicoquímicos y desarrollar un mapa organoléptico del aguacate proveniente de las zonas principales de producción del departamento (según los factores ambientales, genéticos y de manejo) A21</p>	<p>Estudio de huella hídrica y de carbono del aguacate Hass en los principales municipios y estrategias de uso eficiente de recursos A16</p>	<p>Estudio de huella hídrica y de carbono del aguacate Hass en los principales municipios y estrategias de uso eficiente de recursos A16</p>	<p>Estudio de huella hídrica y de carbono del aguacate Hass en los principales municipios y estrategias de uso eficiente de recursos A16</p>	<p>Estudio de huella hídrica y de carbono del aguacate Hass en los principales municipios y estrategias de uso eficiente de recursos A16</p>	<p>Estudio de huella hídrica y de carbono del aguacate Hass en los principales municipios y estrategias de uso eficiente de recursos A16</p>
<p>Evaluar la compatibilidad y resistencia de patrones y copas empleados en los principales municipios productores A2</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>
<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>	<p>Protocolo de producción de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas) A3</p>

Figura 10. Árbol de soluciones para las brechas tecnológicas de la cadena del aguacate del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.



6.1. Plan de acción

De acuerdo con lo planteado en el árbol de problemas, el plan de investigación y desarrollo propuesto en este documento, tiene el siguiente objetivo principal:

Definir una ruta de trabajo que permita a la Academia y a las entidades de investigación del sector agrícola contribuir con el cierre de brechas tecnológicas que disminuyen competitividad a la cadena de aguacate Hass del Valle del Cauca.

Para ello, se proponen temáticas de investigación que, de llevarse a cabo, podrían en el corto, mediano o largo plazo, mejorar la competitividad de la cadena regional del aguacate. De igual modo, se sugieren actores para el desarrollo o implementación de las investigaciones, con base en la competencia y oferta institucional (ver tabla 7). Algunas de las propuestas de investigación consignadas en este documento no se atenderán por medio de este proyecto, ya que no se alinean con sus alcances; sin embargo, se presentan de tal manera que puedan ser consultadas por las demás entidades de apoyo e investigación vinculadas a la cadena del aguacate.

Tabla 7. Plan de acción para la cadena del aguacate del Valle del Cauca

Objetivo estratégico:		Impactar a través de la investigación en los procesos de instalación y desarrollo del cultivo de aguacate Hass al lograr incrementar la productividad y mejorar la calidad comercial del fruto					
Aspecto	Brecha	Propuesta de investigación	Indicador	Meta	Posibles entidades a cargo	Tiempo estimado	Alineación con el proyecto (X)
Eslabón de insumos y material vegetal							
Material genético	Desconocimiento del comportamiento de los patrones (material vegetal)	Caracterización morfológica, molecular y evaluación del comportamiento del material vegetal utilizado en la zona	N.º de estudios de caracterización vegetal	1 estudio de caracterización del material vegetal en al menos 5 municipios productores	Unal Agrosavia	3 años	x
		Evaluación de compatibilidad y resistencia de patrones y copas empleados en los principales municipios productores	N.º de estudios de compatibilidad	1 estudio de compatibilidad de la relación entre patrones y copas (selección de patrones que presenten las mejores características morfológicas)	Unal Agrosavia Viveros	3 a 5 años	x
		Protocolo de producción de manejo de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas)	N.º de protocolos	1 protocolo para la producción de semilla de aguacate Hass	ICA Agrosavia	2 años	

Continúa



Eslabón de producción							
Prácticas de manejo productivo	Estandarización insuficiente de un paquete tecnológico para el cultivo del aguacate Hass en el departamento	Investigación dirigida a identificar las etapas fenológicas del cultivo y determinar la demanda nutricional, según las distintas condiciones agroecológicas del departamento para el desarrollo de paquetes de fertilización	N.º de investigaciones N.º de paquetes de fertilización	1 investigación de la demanda nutricional por etapa fenológica Al menos 5 paquetes de fertilización para las principales zonas agroecológicas del departamento	Unal Agrosavia	3 a 4 años (evaluación de todas las etapas)	
		Identificación y definición de modelos productivos adaptados a las condiciones regionales (desarrollo de paquetes tecnológicos diferenciados para el manejo del cultivo en las principales regiones productoras)	N.º de paquetes tecnológicos	5 paquetes tecnológicos diferenciados por región para el cultivo de aguacate Hass	Unal Agrosavia	3 años y 6 meses	
	Establecimiento de cultivos en zonas no aptas (a pesar de existir estudios de zonificación)	Estudio de zonificación para el establecimiento del cultivo de aguacate Hass en el Valle del Cauca	N.º de estudios de zonificación	1 estudio de zonificación de aptitud del cultivo	CIAT	1 año y 6 meses	
		Evaluación de la adaptación y rendimiento del aguacate Hass en diferentes zonas climáticas en el departamento y el país	N.º de estudios adaptabilidad	1 estudio de adaptabilidad del aguacate Hass en el Valle del Cauca	Unal Agrosavia	3 años	
	Debilidad en los procesos de prevención, monitoreo y control de plagas y enfermedades	Investigación dirigida a evaluar el comportamiento de las principales plagas y enfermedades del cultivo en la región y a analizar la variabilidad y resistencia de los organismos patógenos	N.º de investigaciones	1 estudio de caracterización de las principales plagas y enfermedades del cultivo en la región (mapa de incidencia)	Unal Univalle CIAT (entomología)	2 años	
		Desarrollo de un programa de monitoreo y manejo integrado de plagas y enfermedades	N.º de protocolos de manejo integrado de plagas y enfermedades Mipe	1 programa de monitoreo y manejo integrado de plagas y enfermedades	Unal Agrosavia ICA	2 años	
Impacto de la actividad productiva	Desconocimiento del impacto ambiental y socioeconómico asociado al desarrollo del cultivo	Desarrollo de línea base para programas de monitoreo y evaluación, a partir de la caracterización (socioeconómica, productiva, comercial y ambiental) del cultivo y de las tipologías de productores	N.º de documentos o programas	1 línea base (documento o programa) que permita almacenar la información de forma organizada y disponible para la comunidad	CIAT Universidades	1 año	



Objetivo estratégico:		Proponer a través de la investigación aplicada, métodos de prevención y mitigación a las posibles alteraciones ambientales que puedan relacionarse con el cultivo de aguacate Hass en el Valle del Cauca					
Aspecto	Brecha	Propuesta de investigación	Indicador	Meta	Posibles entidades a cargo	Tiempo estimado	Alineación con el proyecto (X)
Eslabón de producción							
Medioambiente	Implementación insuficiente de prácticas ambientalmente sostenibles	Parcelas demostrativas y experimentales que permitan evaluar el manejo y productividad del cultivo bajo técnicas de producción limpia	N.º de parcelas demostrativas N.º de investigaciones	1 parcela demostrativa 1 estudio que muestre los resultados obtenidos con la adopción de un sistema de producción limpia	Unal	2 años y 6 meses	x
		Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del aguacate producido bajo técnicas sostenibles vs. la producción convencional	N.º de investigaciones	1 estudio que compare resultados del sistema convencional vs. producción limpia	Univalle	4 años	
		Parcela demostrativa y experimental del efecto de la polinización en los rendimientos productivos	N.º de parcelas demostrativas N.º de investigaciones	1 parcela demostrativa 1 evaluación agronómica y económica del efecto de polinización en la productividad del cultivo	Unal Univalle Ciat	3 a 4 años	
		Definición de buenas prácticas ambientales para el cultivo	N.º de protocolos de buenas prácticas ambientales	1 protocolo de buenas prácticas ambientales	Unal	1 año	
	Desconocimiento del manejo adecuado de los recursos naturales	Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo	N.º de investigaciones	1 estudio de estimación de requerimientos hídricos	Unal	1 año y 6 meses	x
		Estudio de huella hídrica y de carbono del aguacate Hass en los principales municipios y estrategias de uso eficiente de recursos	N.º de investigaciones	1 estudio de la huella hídrica del cultivo en los municipios de mayor producción	Unal Ciat Univalle	2 años	
		Estudio sobre la relación del cultivo de aguacate y la deforestación en el departamento, al igual que el impacto en los servicios ecosistémicos de las cuencas más afectadas	N.º de investigaciones	1 estudio del impacto del cultivo en la deforestación y los ecosistemas del departamento en las principales zonas productoras	Ciat (Terra-I + ES) Universidades cvc Secretaría de Ambiente, Agricultura y Pesca	1 a 1 año y 6 meses	

Continúa



Objetivo estratégico:		Contribuir al estudio de la tecnología poscosecha del aguacate Hass, en la búsqueda de mejorar la calidad de la fruta de calidad comercial y agregación de valor de los excedentes a través de la agroindustria					
Aspecto	Brecha	Propuesta de investigación	Indicador	Meta	Posibles entidades a cargo	Tiempo estimado	Alineación con el proyecto (X)
Eslabón de poscosecha y agroindustria							
Agroindustria	Investigación insuficiente para determinar la relación entre la calidad de la fruta en puertos de destino y la madurez de cosecha y el tratamiento poscosecha (ausencia de protocolos)	Definición de protocolos para los siguientes aspectos: -La estandarización de procesos poscosecha (durante las etapas de almacenamiento y transporte) que garanticen la calidad del fruto - La maduración del aguacate colombiano en los puertos de destino	N.º de protocolos	1 protocolo de transporte y maduración del aguacate Hass del Valle del Cauca	Univalle Pacific Fruits	2 años	x
	Bajo aprovechamiento agroindustrial y escasa innovación (agregación de valor)	Desarrollo de productos (alternativas de procesamiento del aguacate y sus residuos) y validación técnica, financiera y comercial de los mismos	N.º de productos desarrollados	Desarrollo de al menos 1 producto innovador	Univalle	2 años	x
		Estudio de mercado para medir la posibilidad de ingreso (del aguacate o de productos procesados a partir del mismo) a mercados nacionales e internacionales	N.º de investigaciones	1 estudio de mercado	Empresa privada Empresas consultoras Consorcio de Agroindustria CIAT Universidades	1 años	
Objetivo estratégico:		Generar estudios que permitan analizar las variables técnicas, logísticas y de marketing, inmersas en los procesos de comercialización nacional e internacional del aguacate Hass del Valle del Cauca					
Aspecto	Brecha	Propuesta de investigación	Indicador	Meta	Posibles entidades a cargo	Tiempo estimado	Alineación con el proyecto (X)
Eslabón de poscosecha y agroindustria							
Características del producto	Identificación insuficiente de las características diferenciales del aguacate cultivado en el departamento	Realizar análisis físico-químicos y desarrollar un mapa organoléptico del aguacate proveniente de las zonas principales de producción del departamento (según los factores ambientales, genéticos y de manejo)	N.º de investigaciones	1 mapa organoléptico del aguacate Hass en el departamento (según las principales zonas de producción)	Univalle	1 año	x
Logística	Elevados costos logísticos debido a los fletes internos, tiempos de exportación y capacidad de respuesta de infraestructura portuaria	Evaluación de operaciones y procesos logísticos en la cadena del aguacate y desarrollo de un protocolo de distribución Determinación de la estructura de costos de la cadena de valor que permita la creación de aplicaciones de seguimiento logístico	N.º de investigaciones	1 investigación logística en exportación de frutas desde el Valle del Cauca	Universidades (facultades de administración, logística, ingeniería industrial) Mincit PTP Procolombia	3 años	

Fuente: elaboración propia.



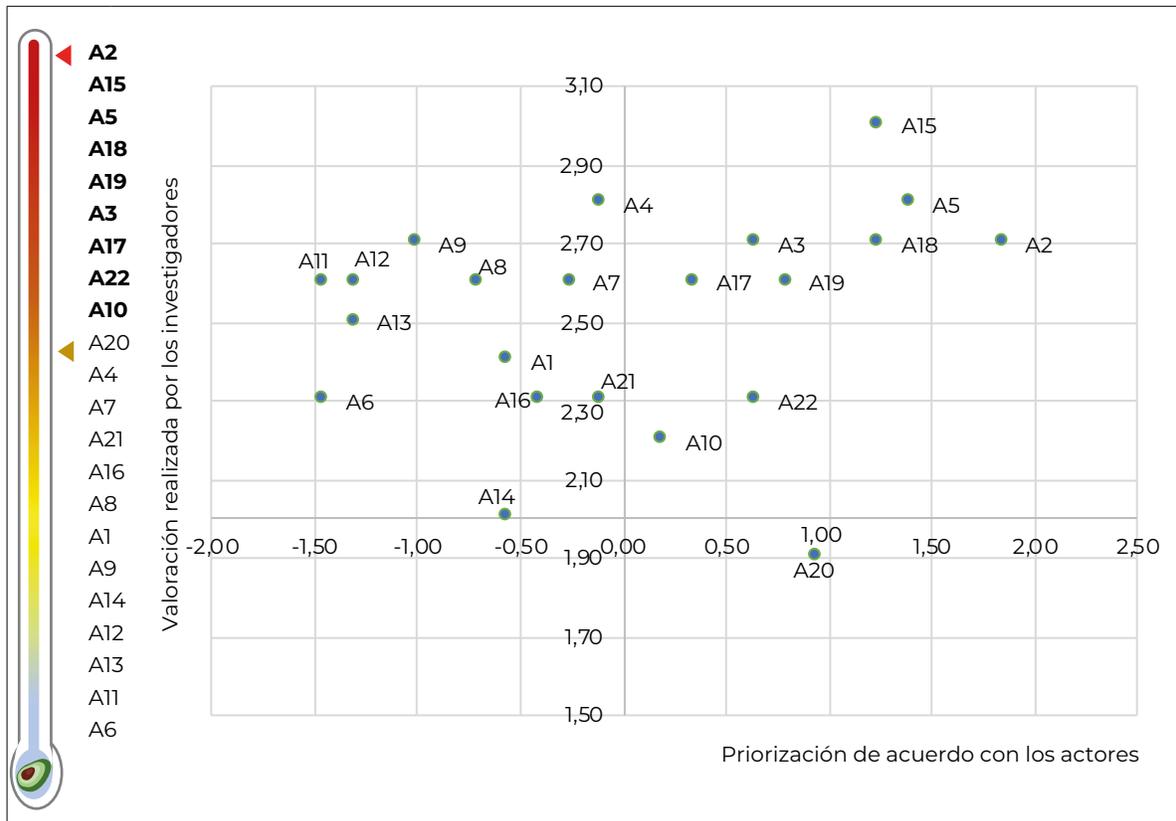
Taller de priorización de alternativas de investigación para la cadena de aguacate del Valle del Cauca

Cartago, 08 de junio del 2018

Participantes: actores de la cadena

6.2. Priorización de propuestas de investigación

Según lo indicado en el árbol de soluciones y en el plan de acción, se confluye en el planteamiento de 22 alternativas de investigación, las cuales requirieron 2 momentos de evaluación: el primero bajo la responsabilidad de expertos y el segundo a cargo de los demás actores de la cadena (productores, transformadores, comercializadores y entidades prestadoras de servicios). La figura 11 contiene un plano cartesiano que permite ubicar los puntos resultantes en los ejercicios y comparar las calificaciones otorgadas por los evaluadores.



Código	Alternativa de investigación
A1	Caracterización morfológica, molecular y evaluación del comportamiento del material vegetal utilizado en la zona
A2	Evaluación de compatibilidad y resistencia de patrones y copas empleados en los principales municipios productores
A3	Protocolo de producción de manejo de material vegetal de propagación (semillas, yemas, patrones o plántulas)
A4	Investigación dirigida a identificar las etapas fenológicas del cultivo y determinar la demanda nutricional, según las distintas condiciones agroecológicas del departamento para el desarrollo de paquetes de fertilización
A5	Identificación y definición de modelos productivos adaptados a las condiciones regionales (desarrollo de paquetes tecnológicos diferenciados, para el manejo del cultivo en las principales regiones productoras)
A6	Estudio de zonificación para el establecimiento del cultivo de aguacate Hass en el Valle del Cauca
A7	Evaluación de la adaptación y rendimiento del aguacate Hass en diferentes zonas climáticas en el departamento y el país
A8	Investigación dirigida a evaluar el comportamiento de las principales plagas y enfermedades del cultivo en la región y a analizar la variabilidad y resistencia de los organismos patógenos
A9	Desarrollo de un programa de monitoreo y manejo integrado de plagas y enfermedades
A10	Desarrollo de línea base para programas de monitoreo y evaluación, a partir de la caracterización (socioeconómica, productiva, comercial y ambiental) del cultivo y de las tipologías de productores
A11	Parcelas demostrativas y experimentales que permitan evaluar el manejo y productividad del cultivo bajo técnicas de producción limpia
A12	Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del aguacate producido bajo técnicas sostenibles vs. la producción convencional
A13	Parcela demostrativa y experimental del efecto de la polinización en los rendimientos productivos
A14	Definición de buenas prácticas ambientales para el cultivo



A15	Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo
A16	Estudio de huella hídrica y de carbono del aguacate Hass en los principales municipios y estrategias de uso eficiente de recursos
A17	Estudio sobre la relación del cultivo de aguacate y la deforestación en el departamento, al igual que el impacto en los servicios ecosistémicos de las cuencas más afectadas
A18	Definición de protocolos para los siguientes aspectos: -La estandarización de procesos poscosecha (durante las etapas de almacenamiento y transporte) que garanticen la calidad del fruto - La maduración del aguacate colombiano en los puertos de destino
A19	Desarrollo de productos (alternativas de procesamiento del aguacate y sus residuos) y validación técnica, financiera y comercial de los mismos
A20	Estudio de mercado para medir la posibilidad de ingreso (del aguacate o de productos procesados a partir del mismo) a mercados nacionales e internacionales
A21	Realizar análisis fisicoquímicos y desarrollar un mapa organoléptico del aguacate proveniente de las zonas principales de producción del departamento (según los factores ambientales, genéticos y de manejo)
A22	Evaluación de operaciones y procesos logísticos en la cadena del aguacate y desarrollo de un protocolo de distribución Determinación de la estructura de costos de la cadena de valor que permita la creación de aplicaciones de seguimiento logístico

Código de colores:

	Alternativas de investigación priorizadas por investigadores y con baja valoración por parte de los actores de la cadena
	Alternativas de investigación priorizadas por investigadores y actores de la cadena
	Alternativas de investigación priorizadas por actores de la cadena y con baja valoración por parte de investigadores

Figura 11. Priorización y viabilidad de propuestas de investigación para la cadena del aguacate del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

En la figura 11 es posible observar que 9 de las 22 investigaciones propuestas para contribuir al cierre de las brechas tecnológicas de la cadena de aguacate del Valle del Cauca, se encuentran en el cuadrante superior derecho, lo cual indica que han sido priorizadas por los actores de la cadena y, a su vez, consideradas viables por los investigadores expertos.

Uno de los objetivos del plan de investigación es poder impactar en los procesos de instalación y desarrollo del cultivo de aguacate Hass, para incrementar la productividad y mejorar la calidad comercial del fruto. En este aspecto, los actores de la cadena priorizaron las investigaciones que buscan evaluar la relación entre patrones y copas, determinar modelos productivos según las condiciones edafoclimáticas del departamento, definir parámetros para la producción de material de propagación con calidad técnica, fisiológica y sanitaria y construir una línea base (social, económica, productiva y ambiental) para el planteamiento de programas de monitoreo y evaluación de impactos asociados con el cultivo.

Frente a la necesidad de proponer, a través de la investigación aplicada, métodos de prevención y mitigación a las posibles alteraciones ambientales que puedan relacionarse con el cultivo de la variedad Hass, los actores de la cadena otorgaron prioridad al estudio de los requerimientos hídricos del mismo, así como a la evaluación de los impactos ambientales ocasionados por su extensión.

Respecto al eslabón de poscosecha y agroindustria, los evaluadores consideraron importante que a través de la investigación sea posible contribuir a la generación de soluciones tecnológicas en poscosecha, con el fin de preservar la calidad de la fruta durante su comercialización. De igual manera, enfatizan en la premura de evaluar alternativas para el aprovechamiento industrial del aguacate y sus residuos e investigar mercados para productos con valor agregado. Por último, con el propósito de analizar las variables logísticas inmersas en los procesos de comercialización del aguacate Hass



del departamento, los actores consideraron relevante contar con un protocolo de distribución a la vez que sea posible diagnosticar los efectos del desempeño logístico en las exportaciones.

Las demás propuestas de investigación se ubican en el cuadrante superior izquierdo, esto señala que, aunque fueron consideradas viables e importantes por los evaluadores, no recibieron similar valoración por parte de los demás actores de la cadena, e indica una brecha comunicacional entre los mismos. Sin embargo, cabe resaltar que todos los actores de la cadena consideran que su abordaje es relevante para mejorar la competitividad del agronegocio. Estas alternativas sugieren que deben llevarse a cabo los siguientes aspectos: identificar las etapas fenológicas del cultivo y su demanda nutricional, evaluar la adaptabilidad de la variedad Hass en el departamento, desarrollar un mapa organoléptico del aguacate en las principales zonas productivas, estudiar la huella hídrica y de carbono de la fruta, evaluar el material vegetal propagado a través de su caracterización morfológica y molecular, promover las buenas prácticas ambientales, evaluar alternativas de producción sostenible, estudiar el efecto de la polinización en parcelas demostrativas, sectorizar las áreas de aptitud ecológica del cultivo, evaluar el comportamiento de las principales plagas y enfermedades que afectan el cultivo y diseñar un programa para su manejo.

6.3. Articulación con el plan estratégico de la cadena regional

En cuanto a las disposiciones legislativas, la Ley 811 de 2003 del MADR reglamenta los requisitos que toda cadena productiva del orden regional o nacional debe tener en cuenta en su proceso de inscripción ante esta entidad, con fines de reconocimiento organizativo o gremial. La normativa dictamina que, en primera instancia, es preciso diagnosticar el funcionamiento de la cadena e identificar las brechas que fundamentan su visión, objetivos estratégicos, estrategias y metas, es decir, el plan estratégico.

Respecto a lo planteado, es necesario que el plan de la cadena dé respuesta a los siguientes puntos: 1) mejora de la productividad y competitividad, 2) desarrollo del mercado de bienes y factores de la cadena, 3) disminución de los costos de transacción entre los distintos agentes de la cadena, 4) desarrollo de alianzas estratégicas de diferente tipo, 5) mejora de la información entre los agentes de la cadena, 6) vinculación de los pequeños productores y empresarios a la cadena, 7) manejo de recursos naturales y medioambiente, 8) formación de recursos humanos y 9) investigación y desarrollo tecnológico.

En lo que respecta a este documento, sus resultados aportarían al cumplimiento del noveno punto de la reglamentación (ver figura 12); por esta razón, existen algunos elementos de congruencia y similitud entre el plan estratégico de la cadena y el plan de investigación y desarrollo –en lo que concierne a los aspectos de investigación–, dado que de forma semejante, ambos ejercicios parten del análisis de brechas y concluyen en la definición de actividades, metas, indicadores y posibles entidades responsables de la ejecución de cada acción. Además, para el caso del plan estratégico, si bien los actores contaban con avances significativos en términos de su formulación, con el desarrollo de los talleres multiactores –que pretendieron dar forma a este plan de investigación y desarrollo– fue posible apoyar al comité regional de aguacate para concluir la estructuración del plan en su totalidad.

Es preciso enfatizar que este plan de investigación y desarrollo contribuye a la ejecución de algunas actividades propuestas en el plan estratégico de la cadena (o parte de ellas), dado que se enmarca en un proyecto delimitado en términos de tiempos, metas y presupuesto. Así, el principal aporte en conocimientos se dirige a cerrar brechas de investigación para el cultivo, procesamiento y comercialización del aguacate de la variedad Hass.

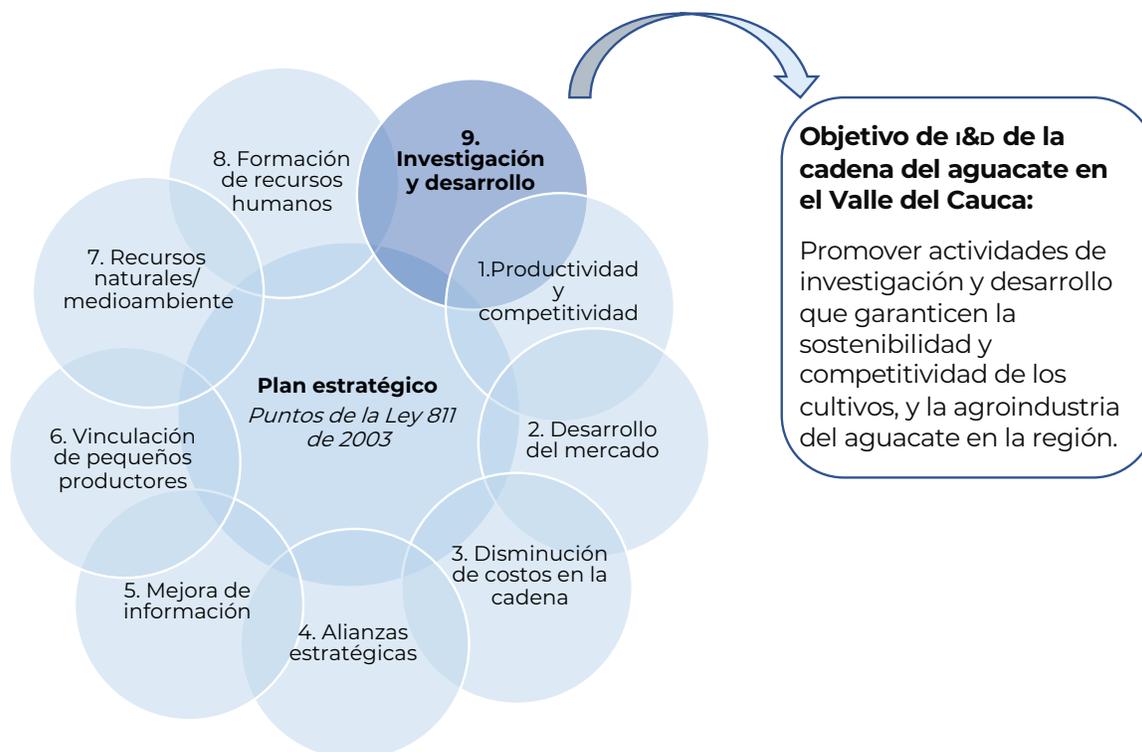


Figura 12. Objetivo estratégico de I&D de la cadena regional del aguacate

Fuente: elaboración con base en la Ley 811 de 2003 y el Plan Estratégico de la Cadena Regional del Aguacate 2019-2029.

6.4. Capacidad departamental de investigación y desarrollo tecnológico para el sector agrícola

• 6.4.1. Grupos de investigación regionales

Con el fin de revisar las capacidades regionales en lo que se refiere a los grupos de investigación del Valle del Cauca, se realizó una búsqueda en los registros de la convocatoria nacional n.º 781 de 2017 de la red de información Scienti²⁸ a cargo del departamento administrativo de Colciencias, para el reconocimiento y medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en Colombia. De acuerdo con los resultados encontrados, a nivel departamental existe un total de 413 grupos de investigación (el 8 % de los grupos del país), categorizados y reconocidos en los municipios de Cali, Palmira, Tuluá, Guadalajara de Buga y Buenaventura. De este total, 91 grupos han aportado a la gestión del conocimiento para el sector primario y, a su vez, 24 han reportado nuevos desarrollos con relación al aguacate, en las siguientes categorías o grandes áreas de la investigación: 1) ciencias agrícolas, 2) ciencias naturales y 3) ingeniería y tecnología.

Esta producción científica se materializa, en primera instancia, en la estructuración de trabajos de pregrado y posgrado. Así, este tipo de documentos representa el 55 % de los generados por las 3 grandes áreas del conocimiento que han sido enunciadas. Lo anterior muestra el papel fundamental de los docentes que hacen parte de los grupos de investigación al vincular e inscribir a los estudiantes de las diversas áreas del conocimiento en dichos grupos, con el fin de que sean orientados con

²⁸ Scienti: Red Internacional de Fuentes de Información y Conocimiento para la Gestión en Ciencia, Tecnología e Innovación.



un enfoque multidisciplinario durante el desarrollo de sus proyectos o tesis de grado, dado que en ocasiones el estudiante debe trabajar con más de un grupo de investigación.

No obstante, la mayor parte de los trabajos de grado resultantes no se encuentran publicados en Internet; por lo tanto, para acceder a ellos es necesario dirigirse hasta las bibliotecas de las entidades educativas. Este factor impide la posibilidad de incorporar los resultados logrados a la solución de las problemáticas tecnológicas de la cadena del aguacate y, por ende, al desarrollo del sector primario en general.

En segundo lugar, se encuentran los proyectos de investigación, los cuales representan el 18 % del consolidado científico; sin embargo, no es fácil ubicar la información resultante de la ejecución de estos proyectos en la web. En el tercer lugar, está la generación de artículos (12 % del total) y, por último, otras producciones como los capítulos de libros, cartillas, manuales y pósteres, entre otros (ver figura 13).



Otros: incluye capítulos de libro, cartillas, manuales y pósteres.

Trabajo de grado: hace referencia a trabajos de pregrado, maestría, doctorado y trabajos dirigidos.

Figura 13. Cuantificación de documentos relacionados con el aguacate, registrados por los grupos de investigación del Valle del Cauca por área del conocimiento

Fuente: elaborado con base en Colciencias (2017).

Con el propósito de ahondar en las tendencias de investigación relacionadas con el aguacate y abordadas por los grupos de investigación del Valle del Cauca, se ha recurrido al uso de un programa de procesamiento de datos denominado “R”. Este *software* libre de programación tiene múltiples aplicaciones en diferentes ramas de la ciencia; por ejemplo, para realizar análisis estadísticos, matemáticos y de *Big Data*, a través de una técnica de minería de datos (*Data Mining*) que permite detectar patrones y tendencias cuando se dispone de un gran volumen de información (Mora, B. comunicación personal, 21 de junio de 2019).

La herramienta permitió identificar las principales palabras claves (*keywords*) que hacen parte de los estudios llevados a cabo por los grupos de investigación del Valle del Cauca. Sin embargo, es preciso aclarar que, debido a la escasa información de los resultados de las investigaciones dirigidas por los grupos, se presenta una breve descripción de los temas abordados en cada caso, que consideran solo



los datos contenidos en la plataforma de Colciencias. Así, este método visualiza redes de relacionamiento entre palabras extraídas de los títulos y de algunos resúmenes (*abstracts*) de los proyectos, artículos, libros y trabajos de grado asistidos registrados en Colciencias.

En este contexto, la palabra *aguacate* fue definida como el principal carácter de búsqueda, a partir de la cual se derivan los demás datos. Como resultado, se han graficado las 3 grandes áreas del conocimiento –objeto de interés– y se presentan las palabras principales utilizadas por los investigadores, las cuales han sido determinadas por frecuencias o repeticiones.

1) Gran área: ciencias agrícolas

Con proyectos que abordan temas de la gran área de *ciencias agrícolas* se identificaron 11 grupos de investigación clasificados en la subárea de *agricultura, silvicultura y pesca* (ver tabla 8). Dichos grupos han aportado a la generación del 73 % de los productos científicos relacionados con el aguacate en el Valle del Cauca, aporte en el que la instrucción, el acompañamiento, la coordinación o dirección de trabajos de grado (pregrado, maestría y doctorado) han sido su principal contribución.

Tabla 8. Grupos de investigación en la gran área de ciencias naturales que han abordado temas sobre aguacate

Gran área: ciencias agrícolas		
Código grupo	Institución	Nombre del grupo
Subárea: agricultura, silvicultura y pesca		
COL0046139	Agrosavia	Investigación en Frutas del Trópico
COL0085807	CIAT - Universidad de Bolonia	Protección de Cultivos
COL0013675	Unal	Mejoramiento Genético, Agronomía y Producción de Semillas de Hortalizas
COL0015132	Unal	Grupo de Investigación en Uso y Manejo de Suelos y Aguas con Énfasis en Degradación de Suelos.
COL0032198	Unal	Grupo de Investigación en Frutales Tropicales
COL0089477	Unal	Grupo de Acarología
COL0067039	Unal	Grupo de Investigación en Agroecología
COL0028186	Unad	Producción Sostenible
COL0139989	Unal, Ascolfi, Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines	Protección Vegetal para el Mejoramiento de la Productividad
COL0005987	Univalle	Grupo de Investigación en Ciencias Ambientales y de la Tierra (Ilama)
COL0094459	Univalle Fundación Trópico Vivo	Grupo de Investigación Regar

Fuente: elaboración propia con base en Colciencias (2017).

La red de coocurrencia (ver figura 14) encontró que las palabras que más se relacionan con otros términos son las mencionadas a continuación: *aislamiento, especie, cultivo, producción y planta*. Esto indica que la mayoría de estudios dirigidos por los grupos de investigación de la gran área agrícola del Valle del Cauca se centraron en estos aspectos.

Históricamente, la Unal, sede Palmira, ha liderado la investigación en este cultivo. A finales de los 80, el grupo en *Frutales Tropicales* de dicha institución caracterizó morfológicamente la colección de aguacate (Trinidad, Mayapan, Orienteuno, Oriente 3, Simonds, Booth-8, Montgomery y 6 materiales más sin clasificar). Los resultados de este estudio permitieron determinar épocas de floración y



área foliar, caracterizar externa e internamente los frutos de cada variedad y determinar la pérdida de peso en el proceso de maduración.

Además, en esa misma época, con la colaboración de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y el Instituto colombiano para el Fomento de la Educación Superior (Icfes), a través del programa de *Financiación a proyectos de investigación científica*, se logró conseguir otros materiales: Choquette, Tanaka 1, Tanaka 2, Trapp, Fuerte, Booth-1, Booth-4, Booth-7, Hass, Collin Red, Costa Rica, Lorena, Pollock; para ampliar la colección de aguacate de la Unal sede Palmira. Luego, a partir del año 2000, el departamento de Antioquia se convirtió en un referente nacional en la producción a gran escala de la variedad Hass.

La diversificación de cultivos agrícolas –como el aguacate Hass– trajo consigo una serie de necesidades de desarrollo e investigación en diferentes aspectos –entre otros, la identificación de plagas y enfermedades, labores de cosecha y poscosecha del fruto–. En este ámbito, algunas de las demandas del sector han sido atendidas por la comunidad científica presente en el departamento.

De los 11 grupos vigentes en esta gran área, 6 pertenecen a la Unal Palmira y han liderado la investigación sobre el mejoramiento del rendimiento, la calidad comercial del fruto, los factores que limitan la productividad y la incidencia de plagas y enfermedades que atacan a esta variedad. En los últimos 9 años los estudios se concentraron especialmente en el manejo de plagas y enfermedades que limitan la exportación. Además, instituciones como la Univalle, con el grupo de investigación en Gestión Integral del Recurso Agua para el Desarrollo Agrícola y la Seguridad Alimentaria Mediante la Agricultura de Riego (Regar), ha aportado en el estudio sobre la determinación de láminas de riego en el cultivo de aguacate, factor que en la actualidad es de suma importancia para el desarrollo sostenible de esta actividad.



Por otra parte, en esta categoría, los documentos que recogen proyectos de investigación son relevantes. En este contexto, Agrosavia es el principal referente con el Grupo de Investigación en Frutas del Trópico. Entre los años 2006 y 2018 esta entidad ha liderado la ejecución de al menos 23 proyectos relacionados con el planteamiento de estrategias para la prevención y control de los problemas fitosanitarios del cultivo, el fortalecimiento de la sostenibilidad productiva, la búsqueda de la calidad del fruto y de altos rendimientos productivos, la aplicación de prácticas tendientes a mejorar los balances nutricionales en los sistemas de producción, entre otros temas (ver figura 15), en especial para la variedad Hass. Es de anotar que los proyectos registrados por este grupo de investigación se han desarrollado en el Valle del Cauca y en otras zonas productoras del país (p. ej., Antioquia y Tolima).

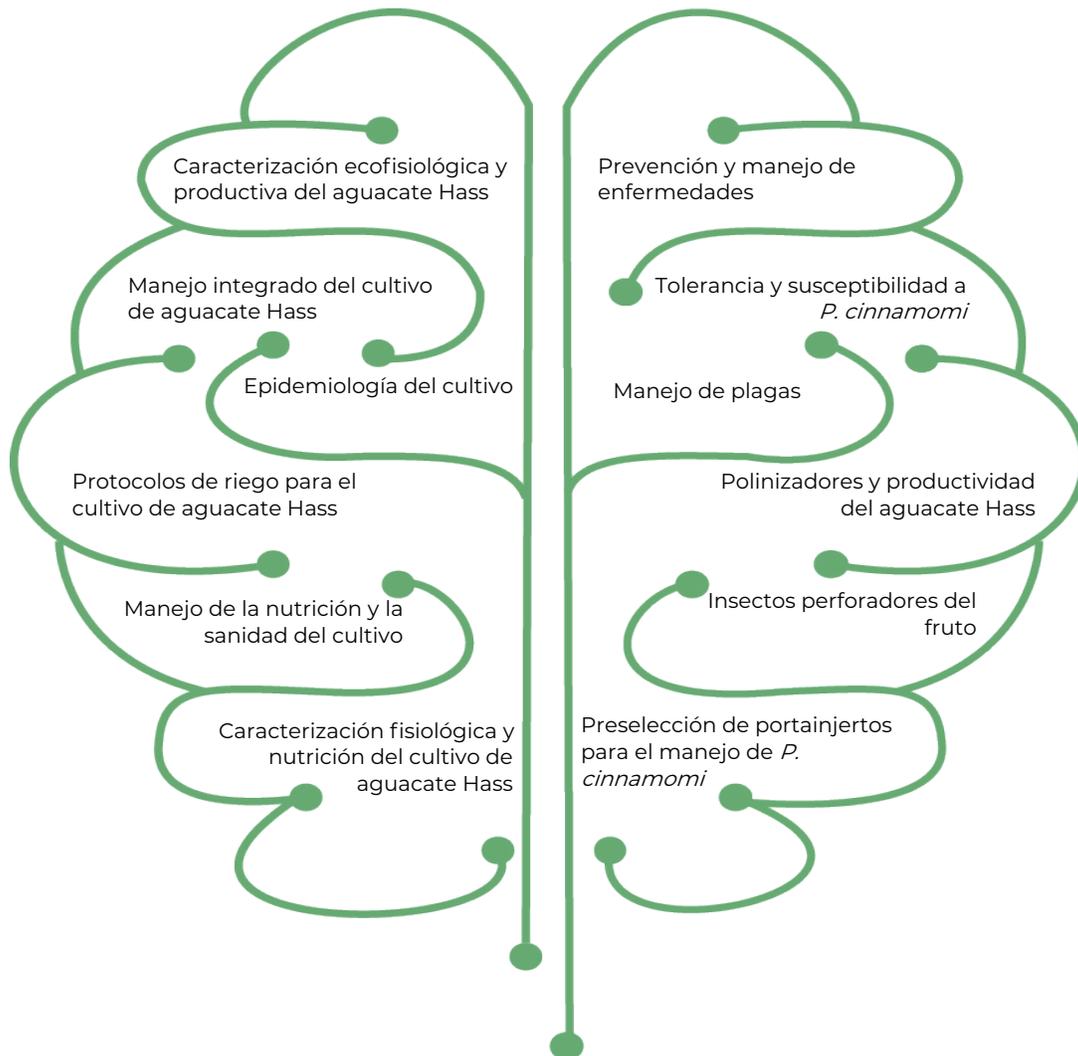


Figura 15. Principales temas de interés en los proyectos de investigación ejecutados por Agrosavia, para el cultivo de aguacate entre 2006 y 2018

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la instrucción académica, por parte de los grupos de investigación avalados por la Unal, Univalle, la Universidad Santiago de Cali y Agrosavia, se reporta la dirección o asesoría de 97 proyectos de grado, de los cuales 55 corresponden a programas de pregrado, 21 a trabajos de maestría, 7 a



tesis doctorales y 21 a otros trabajos dirigidos o tutorías. De igual forma, con referencia a la generación de artículos científicos, se encontraron 17 publicaciones atribuidas al Grupo de Investigación en Frutales Tropicales avalado por la Unal, y al ya mencionado Grupo de Investigación en Frutas del Trópico de Agrosavia.

En todos los casos, con respecto a las coocurrencias o palabras con mayor número de repeticiones en los contenidos de las investigaciones, se destacan las siguientes (ver figura, 15): *aislamiento, especie, cultivo, producción, insecto y planta*. Al hacer referencia a las generalidades del cultivo en la fase productiva, estos términos también sustentan el análisis de la gran área de *ciencias naturales*.

2) Gran área: ciencias naturales

En esta gran área se identificaron 8 grupos de investigación clasificados en 3 subáreas: 1) ciencias biológicas, 2) ciencias químicas y 3) matemáticas (ver tabla 9). Algunas de las instituciones ubicadas en el departamento del Valle del Cauca que han participado de la mano de sus grupos de investigación en la generación de nuevos conocimientos relacionados con el aguacate son las universidades Unal, sede Palmira; Univalle; Universidad Santiago de Cali; CIAT; y Corporación Biotec. En esta categoría se concentra el 22 % de los conocimientos que con respecto al aguacate han sido generados desde los grupos de investigación del Valle del Cauca, según registros publicados de forma virtual desde 1989.

Además, se encontraron 9 proyectos de investigación, 17 trabajos de pregrado, 7 de maestría, 2 de doctorado y 2 trabajos dirigidos que no especifican los tipos de programas académicos con los que se relacionan. De igual forma, pero en menor proporción, se encuentran artículos, cartillas e informes técnicos. Dentro de este marco de clasificación existe una alta similitud, en cuanto a las temáticas de investigación abordadas, con la gran área de *ciencias agrícolas*.

Tabla 9. Grupos de investigación en la gran área de ciencias naturales que han abordado temas sobre aguacate

Gran área: ciencias naturales		
Código grupo	Institución	Nombre del grupo
Subárea: ciencias biológicas		
COL0125288	CIAT	Adaptación y Mitigación al Cambio Climático
COL0007819	Corporación Biotec, Univalle	Grupo de Biotecnología en Cadenas Productivas de Frutales Promisorios
COL0071875	Unal	Grupo de Investigación en Diversidad Biológica
COL0009046	Universidad Santiago de Cali	Grupo de Investigación Ambiental (Guiam)
COL0089397	Univalle	Ecología de Agroecosistemas y Hábitats Naturales (Geahna)
COL0059066	Unal, sede Palmira	Grupo de Investigación en Recursos Fitogenéticos Neotropicales (Girfin)
Subárea: ciencias químicas		
COL0112889	Universidad Santiago de Cali - Universidad Simón Bolívar	Grupo de Investigación en Electroquímica y Medio Ambiente (Giema)
Subárea: matemáticas		
COL0026987	Univalle	Grupo de Investigación en Estadística Aplicada (Inferir)

Fuente: elaborado con base en Colciencias (2017).

En la subárea *ciencias biológicas*, se registra el mayor número de trabajos de grado de la gran área de *ciencias naturales*. Estos se enfocan en el eslabón primario y, en especial, en aspectos relacionados con la sanidad vegetal de los cultivos. Lo anterior coincide con lo representado en la figura 16 (resultado de la digitalización de datos en el programa “R”), en la que se observa una fuerte interconexión y agrupación de términos en torno a las palabras *enfermedad, insecto, fruto y aislamiento*.



En particular, entre los temas a los que hacen relación estos clústeres de información, se destaca la identificación y caracterización –a nivel de especie– de los aislamientos de *Colletotrichum* spp. causantes de la antracnosis, con el fin de evaluar el comportamiento de la enfermedad y aportar a la ciencia alternativas para su manejo. A juicio de Cobo (2017), esta enfermedad es una gran limitante en la producción de frutos de aguacate Hass en Colombia.

En el mismo sentido, los estudios han hecho referencia a la caracterización morfológica de materiales resistentes al hongo patógeno *P. cinnamomi*, el cual es de relevancia fitosanitaria en el cultivo de aguacate en el país, y ha sido relacionado con la marchitez radicular. Por otro lado, los hongos del género *Fusarium*, también han sido objeto de análisis para la comunidad científica del Valle del Cauca.

Además de lo anterior, esta dinámica de generación de nuevos conocimientos sigue una tendencia marcada hacia el análisis de los daños ocasionados por las plagas asociadas al cultivo debido a los problemas entomológicos que representan durante el proceso de producción, que afectan la admisibilidad del producto en el mercado exterior, en el caso de la variedad Hass. Entre estos, se destacan los insectos *Thrips*, el pasador de fruto *S. catenifer*, los insectos escama (Hemiptera: Coccoidea) y la plaga cuarentenaria *H. lauri*.

El mapa de redes temáticas también muestra conexiones alrededor de la palabra *genotipo* debido a los estudios sobre el comportamiento de los genotipos de aguacate, frente a las diversas enfermedades que afectan el cultivo, en la búsqueda de evaluar respuestas que contribuyan a la generación de métodos de resistencia para favorecer la sanidad de las plantaciones. En este orden de ideas, otro clúster de información visible (ver figura 16) rodea a la palabra *inflorescencia*, la cual se relaciona con la biología reproductiva del aguacate, en especial con el ciclo floral y el estudio taxonómico de los agentes polinizadores asociados a la floración –entre estos, las abejas–.

Debido a que la herramienta de análisis de datos del programa “R” muestra las principales tendencias, es preciso presentar aspectos que no se contemplan con la diagramación de textos. Por ejemplo, en la subárea denominada *Ciencias químicas*, el Grupo de Investigación en Electroquímica y Medio Ambiente (Giema), avalado por la Universidad Santiago de Cali y la Universidad Simón Bolívar, ha generado 3 trabajos de pregrado relacionados con el aguacate Hass entre el 2016 y el 2018. Estas monografías corresponden, entre otras temáticas, a la determinación del contenido de aminoácidos y vitaminas del fruto, así como a la valoración de las sustancias antioxidantes en la semilla.

Por último, en la subárea de las *matemáticas*, el Grupo de Investigación en Estadística Aplicada (Inferir) ha asesorado una investigación de pregrado titulada *Análisis multivariado para la caracterización de unidades de manejo o lotes de aguacate, según variables edafoclimáticas relacionadas con la productividad, en ejercicio de la agricultura específica por sitio en Colombia*. A su vez, este trabajo de grado del programa de estadística de la Univalle también fue direccionado por el grupo Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del CIAT y se llevó a cabo en el año 2013 con el propósito de hacer uso de técnicas estadísticas para la caracterización de unidades productivas, a partir de variedades climáticas, edáficas, topográficas y ambientales determinadas.



3) Gran área: ingeniería y tecnología

En la gran área de *Ingeniería y tecnología* se identificaron 5 grupos que han desarrollado investigaciones sobre procesos industriales y creación de valor del aguacate (ver tabla 10).

Tabla 10. Grupos de investigación en la gran área de ingeniería y tecnología que han abordado temas sobre el aguacate

Gran área: ingeniería y tecnología		
Código grupo	Institución	Nombre del grupo
Subárea: otras ingenierías y tecnologías		
COL0073851	Unal	Grupo de Investigación en Procesos Agroindustriales (Gipa)
COL0039887	Unal	Grupo de Investigación en Manejo y Agroindustrialización de Productos de Origen Biológico
COL0035439	Universidad de San Buenaventura	Biotecnología
COL0005609	Univalle	Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos (Gipab)
Subárea: biotecnología industrial		
COL0060316	Unal Univalle	Bacterias Ácido Lácticas y sus Aplicaciones Biotecnológicas-Industriales

Fuente: elaboración propia con base en Colciencias (2017).

Con respecto al análisis de las tendencias de investigación en esta gran clasificación –a partir de los datos extraídos de los títulos y resúmenes–, se encontró un mapa de redes temáticas (ver figura 17), en el que se identifican 2 agrupaciones de vocablos: uno alrededor del término *aceite*, y otro, visible por las múltiples congruencias entre palabras como *guacamole*, *salsa*, *mercado* y *producto*. Lo anterior es congruente con los avances científicos liderados por grupos de investigación de las universidades Unal (sede Palmira), Univalle y San Buenaventura, que han dado origen a la publicación de artículos científicos y al desarrollo de tesis de pregrado y maestría.

A modo de ejemplo, entre los avances científicos reportados en la subárea de *otras ingenierías y tecnologías*, se resaltan los trabajos de pregrado dirigidos por el grupo de *Biotecnología* de la Universidad de San Buenaventura, entre los años 2006 y 2008. Entre los aspectos trabajados por los autores de estos documentos, se encuentra el análisis de las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes del aguacate y de productos elaborados a partir de su agregación de valor, como el guacamole, el puré y la pasta.

En este contexto, académicos del Grupo de Investigación en Manejo y Agroindustria de Productos de Origen Biológico de la Unal, sede Palmira, entre el 2014 y 2015, asesoraron la elaboración de monografías de pregrado, en las que se tratan aspectos relacionados con los potenciales usos industriales del aceite de aguacate como recubrimiento comestible y la valoración del contenido de aceite en la fruta durante sus diferentes estados de maduración.

Por último, en el 2018, el Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos (Gipab) acompañó el diseño de un empaque espumado biodegradable para el empaque del aguacate Hass.

En cuanto a la subárea de *biotecnología industrial*, profesionales inscritos al grupo de Bacterias Ácido Lácticas y sus Aplicaciones Biotecnológicas-Industriales, avalado por la Unal y Univalle, asesoraron la realización de un trabajo de grado de la maestría en ciencias agroalimentarias de la Universidad del Tolima en el 2018, denominado *Evaluación de mezclas de proteínas con hidrocoloides sobre las propiedades espumantes de emulsiones de aceite de aguacate (Persea americana)*. En esta investigación se realizaron ensayos con diferentes mezclas, entre estas: aceite de aguacate, proteínas (como el caseinato de sodio y la albumina de huevo) e hidrocoloides. El objetivo fue evaluar su efecto sobre



las propiedades espumantes de una emulsión de aceite de aguacate. Como resultado, los autores concluyeron que la mezcla elaborada a partir de caseinato de sodio y de hidrocoloides potencializó la estabilización y generación de espuma de la emulsión del aceite. Este hallazgo es valioso para la industria de alimentos de líquidos aireados (como la crema batida, los *mousses* y la crema de helados) al ser una alternativa para la reducción de costos, sin afectar la calidad final del producto.

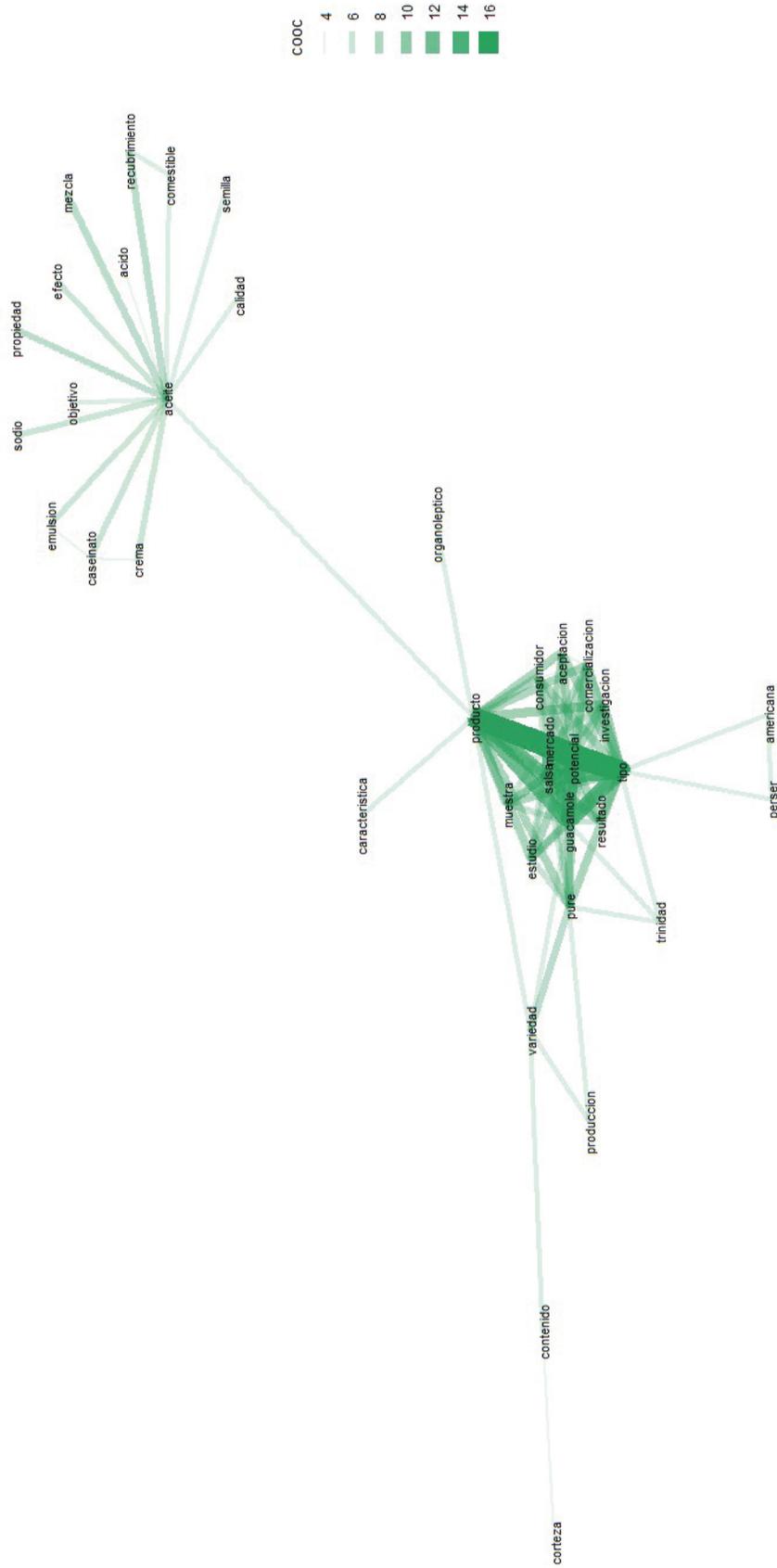


Figura 17. Coocurrencias de palabras en oraciones. Gran área: ingeniería y tecnología³¹

Fuente: elaboración propia.

31 Las palabras representadas en la gráfica carecen de tildes debido a que el programa "R" no procesa caracteres especiales.



7. CONCLUSIONES

- Según las proyecciones de consumo internacional de aguacate, al año 2030 la demanda de la fruta ascenderá a 4.200.000 t, de las cuales México podrá abastecer al menos 2.140.000 t, de acuerdo con las tendencias del crecimiento de su producción nacional (Sagarpa, s.f). Lo anterior se presenta como una ventana de oportunidad para el 26 % de los países productores, como Colombia. Por esta razón, el aguacate Hass hace parte de la oferta exportadora y de las apuestas comerciales priorizadas por el Gobierno de Colombia.

A nivel nacional, departamentos como Antioquia han liderado el proceso productivo y de exportación, por lo que la fruta logró incursionar en el mercado internacional, en particular, en Europa. Solo hasta el 2017 el aguacate Hass de origen colombiano (Caldas) logró ingresar al mercado de los Estados Unidos; no obstante, el comercio ha sido limitado debido al incumplimiento de los requisitos de ingreso y los estándares de calidad de la fruta. En cuanto a los limitantes que restringen la entrada de la fruta a este mercado, está la presencia de plagas cuarentenarias en algunos predios exportadores. Bajo este panorama, se recomienda fomentar el cumplimiento de las medidas de sanidad vegetal a lo largo de toda la cadena, para garantizar condiciones favorables que conlleven a un proceso de admisibilidad viable y que permitan explorar otros mercados en el exterior.

- Al involucrar a todos los actores de la cadena del aguacate, fue posible priorizar de forma participativa las brechas tecnológicas existentes y, como resultado, se diseñó este plan de investigación. Para este propósito, fue fundamental la participación de la Academia y de los diferentes eslabones de la cadena (productores, transformadores, comercializadores y entidades prestadoras de servicios). En total, fueron planteadas 22 alternativas de investigación de las cuales fueron priorizadas 9, por ambas partes, al obtener la máxima puntuación. La mayoría de ellas están relacionadas con el eslabón primario, hecho que refleja una amplia preocupación e incertidumbre sobre varios aspectos agronómicos, entre estos: el material genético para la propagación (tutor-injerto); el manejo del cultivo; las prácticas de cosecha; y la incorporación de tecnologías adaptadas a las diferentes zonas productoras del departamento para mejorar la calidad y los rendimientos, con el fin de ser competitivos en el comercio internacional.
- Al analizar las brechas entre las investigaciones disponibles y las necesidades de la cadena del aguacate en el Valle del Cauca, se encontró que, a pesar de existir un amplio volumen de información relacionado con los distintos eslabones de la cadena a nivel internacional y nacional, aún existen importantes vacíos de conocimiento, en especial en lo concerniente a los requerimientos locales. En este contexto, se encontró que es indispensable identificar mejores mecanismos para la investigación y su transferencia, muchas veces faltante, particularmente hacia los productores pequeños que puedan carecer de los recursos y el conocimiento sobre las formas de acceder a la información disponible.

En lo referente al material vegetal, se presenta una necesidad urgente de identificar patrones que muestren una mejor respuesta a las distintas condiciones climáticas y sanitarias del país y el Valle del Cauca no es la excepción. Así mismo, la falta de información sobre la relación entre los patrones y copas empleadas en el departamento puede verse reflejado en rendimientos subóptimos del cultivo y pérdidas económicas considerables.

En el eslabón productivo, se reconocen avances destacados en el conocimiento de plagas y enfermedades con mayor afectación a nivel nacional, lo cual permite apalancar la información existente para el desarrollo y disseminación de protocolos de control, que incluyan estrategias limpias y costoeficientes para el manejo del cultivo.

Por otro lado, aunque de manera global existe un conocimiento amplio sobre las necesidades nutricionales del cultivo, no fue posible identificar el desarrollo de paquetes tecnológicos diseñados de forma específica para las diferentes condiciones agroclimáticas del Valle del Cauca. A su vez, existe un vacío generalizado en el desarrollo y transferencia de paquetes de



manejo orgánicos en la región, los cuales son requeridos por los actores de la cadena; esto representa una barrera de entrada importante a un segmento de mercado con gran potencial de desarrollo, en particular en el ámbito internacional.

En cuanto a la identificación de zonas aptas, se hace necesario homologar la información de las distintas fuentes, pero, aún más relevante, lograr que estos resultados se traduzcan en decisiones de siembra y apoyo estatal para el ordenamiento de la producción y la minimización de riesgos.

- El difícil acceso a la información actualizada de la cadena (en especial de la variedad Hass), al conocimiento del estado actual de la producción y a las características de la población productora en términos socioeconómicos y ambientales, entre otros, no favorece el monitoreo de los proyectos e inversiones dirigidos a esta importante cadena y resalta la relevancia de realizar este tipo de estudios a corto plazo, así como desarrollar un sistema que permita el monitoreo de indicadores económicos, sociales y ambientales para evaluar el impacto regional del cultivo.
- Si bien existen avances destacados a nivel global sobre el conocimiento de las características fisicoquímicas del aguacate que permiten el desarrollo de productos innovadores a través del procesamiento del fruto y sus subproductos, se identifica la necesidad de profundizar en la investigación relacionada con su procesamiento industrial y manejo poscosecha, además de reconocer los costos de las ineficiencias inherentes al actual sistema de transporte y logística, con el objeto de hallar puntos de entrada para el mejoramiento de procesos industriales y de comercialización.
- En este plan de investigación y desarrollo, estructurado a partir de las brechas tecnológicas de la cadena, se plantearon 22 propuestas de investigación de manera participativa, las cuales pasaron por un proceso de priorización, tanto por parte de las entidades de investigación como de los actores de cada eslabón. De esta forma, surgieron los siguientes 4 objetivos estratégicos que agrupan las propuestas y esperan dar respuesta a algunas de las problemáticas identificadas:

a) Impactar a través de la investigación en los procesos de instalación y desarrollo del cultivo del aguacate Hass para lograr incrementar la productividad y mejorar la calidad comercial del fruto

Dentro de este objetivo se incluyen las propuestas de investigación relacionadas con las brechas en los eslabones de material vegetal y producción primaria, que afectan la competitividad de la cadena. Para ello, se desarrollaron 10 propuestas que pasan desde la caracterización y evaluación de materiales de siembra, hasta la evaluación y desarrollo de paquetes tecnológicos adaptados a las condiciones locales, con énfasis en el manejo de plagas y enfermedades, y paquetes de fertilización. A su vez, se plantea el levantamiento de una línea base que comprenda indicadores económicos, sociales y ambientales, y que funcione como punto de partida para realizar un monitoreo efectivo y oportuno del progreso e impactos de la cadena en el departamento.

b) Proponer a través de la investigación aplicada, métodos de prevención y mitigación a las posibles alteraciones ambientales que puedan relacionarse con el cultivo del aguacate Hass en el Valle del Cauca

Conscientes del impacto ambiental que el cultivo de aguacate Hass ha generado en otros países –y que puede generar en el departamento– se plantean 7 propuestas de investigación que buscan mejorar el desarrollo del cultivo en aspectos ambientales. En este sentido, se incluye la evaluación de prácticas, comparación de modelos productivos, cuantificación de huellas hídricas y de carbono, y un monitoreo inicial de deforestación relacionada con el desarrollo del cultivo para generar una alerta temprana de las posibles áreas en riesgo y, de este modo, propiciar el desarrollo de estrategias oportunas de control por parte de las entidades competentes.



c) Contribuir al estudio de la tecnología poscosecha del aguacate Hass en la búsqueda de mejorar la calidad de la fruta comercial y a la agregación de valor de los excedentes a través de la agroindustria

Con el fin de responder a las demandas más urgentes de los exportadores participantes en el proceso, en este objetivo se reúnen las siguientes propuestas de investigación relacionadas con la poscosecha y la agroindustria: 1) la definición de protocolos de poscosecha y maduración, con el fin de superar los inconvenientes que en la actualidad se experimentan en los puertos de destino; 2) el desarrollo de productos procesados para mejorar el aprovechamiento de los frutos clasificados como segundos o terceros y de los subproductos del cultivo y 3) una investigación de mercado que permita identificar y cuantificar la demanda de productos con posible viabilidad comercial en el mercado nacional y extranjero, e identificar las barreras de entrada y requisitos de los distintos mercados para dichos productos.

d) Generar estudios que permitan analizar las variables técnicas, logísticas y de marketing, inmersas en los procesos de comercialización nacional e internacional del aguacate Hass en el Valle del Cauca

Para este fin, se plantearon 2 propuestas de investigación que buscan evaluar el potencial diferencial del aguacate Hass proveniente del departamento, para así desarrollar posibles estrategias de diferenciación comercial de productos con origen local. Así mismo, se plantea evaluar la cadena logística desde la finca hasta el puerto de destino para identificar cuellos de botella y, de esta forma, permitir el desarrollo de estrategias de mejora tanto en eficiencia como eficacia.

GLOSARIO

Brecha tecnológica: para el caso del análisis de cadenas, son aquellos factores que limitan su desarrollo y competitividad y que pueden encontrarse en cualquier eslabón de la misma. Para dar solución a estas brechas, se requiere la adaptación o el desarrollo de conocimientos y tecnologías.

El término *brechas tecnológicas* incluye brechas sociales, productivas, organizacionales, comerciales, informativas, entre otras.

Cadena de valor: serie conectada de organizaciones, recursos y fuentes de conocimiento involucrados en la creación y entrega de valor al consumidor final (Lundy *et al.*, 2014). Las organizaciones de la cadena se encuentran interrelacionadas por una serie de transacciones de negocios, en las que el producto pasa desde la producción primaria hasta el consumidor final, a través de una serie de eslabones (Springer-Heinze, 2007).

Cuello de botella: puntos críticos, problemas o restricciones que limitan o dificultan la operatividad eficiente de un proceso o sistema, lo cual afecta la competitividad o condiciona la capacidad en una o varias de las operaciones, etapas o eslabones que lo componen. No todos los cuellos de botella corresponden a brechas tecnológicas, ya que para la solución de algunos de ellos se requiere de intervenciones de carácter distinto al tecnológico.

Ley 811 de 2003: norma que decreta los parámetros que serán considerados en el establecimiento de acuerdos entre actores de organizaciones de cadena constituidas a nivel nacional o regional, con el propósito de ser inscritas ante el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) (Ley 811 de 2003).

Objetivos estratégicos: declaraciones de los resultados que un sistema u organización persigue y espera alcanzar a mediano y largo plazo. Para esto, determina en su expresión las metas y los indicadores cualitativos o cuantitativos que permitirán el seguimiento o validación de su alcance.

Plan de investigación y desarrollo: planteamiento sistémico que propone un listado de actividades dirigidas a la investigación con el fin de gestionar o generar conocimiento útil para su posterior



implementación, de tal forma que pueda materializarse en el mejoramiento y desarrollo de procesos, productos, servicios o tecnologías.

La definición anterior se fundamenta en los siguientes conceptos:

- *Investigación básica*: “consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden principalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada” (Ocde, 2003, p. 30).
- *Investigación aplicada*: “consiste en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico” (Ocde, 2003, p. 30).
- *Desarrollo experimental*: “consiste en trabajos sistemáticos que aprovechan los conocimientos existentes obtenidos de la investigación y/o la experiencia práctica, y está dirigido a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos, a la puesta en marcha de nuevos procesos, sistemas y servicios, o a la mejora sustancial de los ya existentes” (Ocde, 2003, p. 30).

Planeación estratégica: “herramienta de gestión que permite apoyar la toma de decisiones de las organizaciones en torno al quehacer actual y al camino que deben recorrer en el futuro, para adecuarse a los cambios y a las demandas que les impone el entorno y lograr la mayor eficiencia, eficacia y calidad en los bienes y servicios que se proveen” (Armijo, 2011, p. 15)

REFERENCIAS

- Acosta, A., Ávila, E. L., De Guzmán M. E., Torres L; Haro, R., Arpaia, M. I. y Santiago, L. S. (2018). Evaluation of leaf carbon isotopes and functional traits in avocado reveals water-use efficient cultivars. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 263, 60-66.
- Amaya, A., Merwin, A., Brow M. G., Gardiazábal, F., Mena, F., Adiazola, C. y Lehmann, J. (2012). Soil erosion, runoff and nutrient losses in an avocado (*Persea americana* Mill) hillside orchard under different groundcover management systems. *Plant and Soil*, 368(1-2), 393-406. DOI: 10.1007/s11104-012-1520-0
- Analdex. (2018). Asistencia técnica gremial para fortalecer la admisibilidad del aguacate hass colombiano al mercado de los Estados Unidos [Noticia]. *Analdex*. <https://www.analdex.org/2018/03/20/asistencia-tecnica-gremial-para-fortalecer-la-admisibilidad-del-aguacate-hass-colombiano-al-mercado-de-los-estados-unidos/>
- Analdex, CBI, Corpohass, MVONL y Procolombia. (Marzo de 2019). Aguacate colombiano Hass: ambición vs. Estrategia [Presentación]. Foro *Territorio aguacate*. Pereira, Colombia.
- Ararat, M. (2013). *Influencia de la nutrición mineral y la actividad biológica rizosférica en la disminución del daño ocasionado por Phytophthora cinnamomi Rands en plántulas de Aguacate (Persea americana Mill)*. [Tesis de doctorado]. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.
- Arévalo, D., Lozano, J. y Sabogal, J. (2011). Estudio nacional de Huella Hídrica Colombia Sector Agrícola. *Revista internacional de sostenibilidad, tecnología y humanismo*, 7, 101-126.
- Armijo, M. (2011). *Planificación estratégica e indicadores de desempeño en el sector público*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). https://www.cepal.org/ilpes/publicaciones/xml/8/44008/SM_69_MA.pdf
- Asohofrucol. (2017). *Asistencia técnica gremial para fortalecer la admisibilidad del aguacate Hass colombiano al mercado de los Estados Unidos* [Ficha técnica del proyecto]. http://www.asohofrucol.com.co/archivos/Banco_de_Proyectos/EJECUCION_2017/Aguacate_Hass.pdf
- Astier, M., Uribe, Y. M., Echeverri, L. V., Garciarreal, A., Gavito, M. E. y Masera, O. R. (2014). Energy balance and greenhouse gas emissions in organic and conventional avocado orchards in Mexico. *Ecological Indicators*, 43, 281-287.



- Astudillo, C. E. y Rodríguez, P. (2018). Parámetros fisicoquímicos del aguacate *Persea americana* Mill. cv. Hass (Lauraceae) producido en Antioquia (Colombia) para exportación. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 19(2), 383-392. <http://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/694>
- Banco Mundial. (2019). International LPI: Global Rankings 2018. *The World Bank*. <https://lpi.worldbank.org/international/global>
- Bancoldex y UTCF. 2015. *Documento final de conclusión de la metodología, memorias técnicas y mapas por aptitud de uso para cultivos comerciales del aguacate Hass en Colombia, a escala 1:100.000*. UTCF. <https://www.scribd.com/document/328889720/Bancoldex-Estudio-Completo>
- Barsimantov, J. y Antezana, J. N. (2012). Forest cover change and land tenure change in Mexico's avocado region: Is community forestry related to reduce deforestation for high value crops? *Applied Geography*, 32, 844-853.
- Bernal, J. A. y Díaz, C. A. (comps.). (2005). *Tecnología para el cultivo del aguacate*. Corpoica Centro de Investigación La Selva. <https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/tecnologicacultivoaguacate.pdf>
- Bernal, J. A., Díaz, C. A., Osorio, C., Tamayo, A., Osorio, W., Córdoba, O. y Londoño, B. (2014). *Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). <https://conectarural.org/sitio/material/actualizaci%C3%B3n-tecnol%C3%B3gica-y-buenas-pr%C3%A1cticas-agr%C3%ADcolas-bpa-en-el-cultivo-de-aguacate>
- Bernal, J. (2016). *Estudios ecofisiológicos en aguacate cv. Hass en diferentes ambientes como alternativa productiva en Colombia* [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Caicedo, L. S., Varón, E. H., Bacca, T. y Carabalí, A. (2010). Daños ocasionados por el perforador del aguacate *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en Tolima (Colombia). *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 129-136.
- Caicedo, A.M., Arévalo, E., Torres, L. F., González, M. y Díaz, M. F. (2014). *Especies cuarentenarias del aguacate Hass en el oriente de Antioquia y el Norte del Tolima en Colombia*. [Boletín técnico ICA]. ICA
- Caicedo, A. M., Arévalo, E., Torres, L. F., González, M., Díaz, M. F. y Benavides, M. E. (2014). *Distribución de especies cuarentenarias del aguacate Hass en el oriente de Antioquia y el norte del Tolima en Colombia*. [Boletín técnico ICA]. ICA. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1981/79351_66362.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Caicedo, L. S., Varón, E. H. y Brochero, H. L. (2016). Binomial sampling of *Paraleyrodes Quaintance* pos. bondari (Hemiptera: Aleyrodidae) in *Persea americana* Mill. *Agronomía Colombiana*, 34(2), 209-216.
- Calle, C. (2017). *Caracterización fenotípica y molecular de aislamientos de Phytophthora cinnamomi obtenidos de huertos de aguacate del departamento de Antioquia, Colombia*. [Trabajo de grado de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Castaño, J. y Leal, J. M. (2018). Manejo integrado de la pudrición de raíces del aguacate (*Persea americana* Miller), causada por *Phytophthora cinnamomi* Rands. *Temas Agrarios*, 23(2), 131-143.
- Castro, J. A. (2000). *Manual de conservación de recursos naturales: enfoque ambiental de la agricultura*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Usda), Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS), Asociación de Distritos de Conservación de Suelos de Puerto Rico.
- Catie. (2017). Sistematización de metodologías para evaluar efectos ambientales de tecnologías agrícolas con enfoques en sistemas productivos de agricultura familiar. Priica. <http://repositorio.ica.int/bitstream/11324/6005/1/BVE17099233e.pdf>
- Carvalho, C. P., Velásquez, M. A. y Van Rooyen, Z. (2014). Determinación del índice mínimo de materia seca para la óptima cosecha del aguacate 'Hass' en Colombia. *Agronomía Colombiana*, 32(3), 399-406. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n3.46031>
- Carvalho, C. P., Velásquez, M. A. y Van Rooyen, Z. (2015). Porcentaje mínimo de materia seca para una cosecha adecuada del aguacate cv. 'Hass' en Colombia. En *VIII Congreso Mundial de La Palma* (pp. 417-423).
- CIAT. (2018). *Brechas tecnológicas de la cadena productiva del aguacate del Valle del Cauca y descripción del estado del arte*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Clavijo, S., Vera, A., Malagón, D., Parga, A., Joya, S., Ortiz, M. C. y Ordóñez, L. (2014). *Costos de transporte, multimodalismo y la competitividad de Colombia*. Asociación Nacional de Instituciones Financieras (Anif).



- Cobo, G. M. (2017). *Identificación y caracterización de especies de Colletotrichum spp., causantes de antracnosis en frutos de aguacate Persea americana var. Hass*. [Trabajo de grado de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.
- Colciencias. (2017). Convocatoria Nacional 781 de 2017: resultados finales. *Minciencias.gov.co* <https://www.colciencias.gov.co/convocatorias/investigacion/convocatoria-nacional-para-el-reconocimiento-y-medicion-grupos>
- Corpocaldas. (2018). Actores departamentales trabajan por la implementación de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de aguacate. *Corpocaldas.gov.co* http://www.corpocaldas.gov.co/prensa.aspx?Noti_ID=829
- Corpoica. (2016). *Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de aguacate (Persea americana Mill): municipio de Fresno, departamento de Tolima*. Corpoica. <https://www.huila.gov.co/agricultura-y-mineria/descargar.php?idFile=20705>
- Cruz, G., Varón, E., Quiroga, L., Monje, B. y Sierra, P. (2016). Factores relacionados con la población de *Paraleyrodes* sp. pos. Bondari (Hemiptera: Aleyrodidae) en aguacate. *Revista Colombiana de Entomología*, 42(2), 103-109.
- Chávez, G., Tapia, L. M., Bravo, M., Sáenz, J. T., Muñoz, H. J., Vidales, I. y Mendoza, M. (2012). *Impacto del cambio de uso de suelo forestal a huertos de aguacate*. Graphx, S. A. de C. V. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/4322>
- Dane. (agosto, 2016). Cultivo del aguacate Hass (*Persea americana* Mill; *Persea nubigena* var. *Guatemalensis* x *Persea americana* var. *drymifolia*), plagas y enfermedades durante la temporada de lluvias. *Boletín mensual: insumos y factores asociados a la producción agropecuaria*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_ago_2016.pdf
- Díaz, W. H. (2013). *Efectos en la condiciones socioeconómicas y ambientales de la población generados por el hongo Phytophthora que afecta los cultivos de aguacate en el municipio de El Carmen de Bolívar- Colombia* [Trabajo de grado de maestría]. Universidad de Manizales.
- Díaz, V., Caicedo, A. M. y Carabalí, A. (2017). Ciclo de vida y descripción morfológica de *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en Colombia. *Acta zoológica mexicana*, 33(2), 231-242.
- Dorado, D., Grajales, L. C. y Rebolledo, A. (2017). *Requerimientos hídricos del cultivo de aguacate (Persea americana Mill) variedad Hass en zonas productoras de Colombia*. Corpoica. <http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/14/12/115-1?inline=1>
- FAO. (2001). *Normas internacionales para medidas fitosanitarias: análisis de riesgo para plagas cuarentenarias*. FAO. <http://www.fao.org/3/a-y3240s.pdf>
- FAO. (2002). *Science and Technology for Sustainable Food Security, Nutritional Adequacy, and Poverty Alleviation in the Asia-Pacific Region*. Bangkok, Thailand: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAO. <http://www.fao.org/3/ac483e/ac483e00.htm#Contents>
- Faostat. (2018). *Datos. Producción – cultivos*. [Base de datos]. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Fliehr, O. (2013). *Analysis of transportation and logistics processes for soybeans in Brazil: a case study of selected production regions*. Thünen Institute of Farm Economics.
- Foldi, I. y Watson, G. (2001). A new pest scale insect on avocado pear in Colombia, *Laurencella colombiana* sp. n. (Hemiptera: Coccoidea: Margarodidae). *Annales de la Societe Entomologique de France* (N.S.) 37: 367-374.
- Freire, A., Amaral, B., Rodríguez, S., Cantuarias, T. y Fassio, C. (2017). Avances en la propagación del aguacate. *Revista Brasileira de Fruticultura Jaboticabal*, 40(6), (e-782). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018782>
- Fuentealba, C., Hernández, I., Olaeta, J. A., Defilippi, B., Meneses, C., Campos, R. y Pedreschi, R. (2017). New insights into the heterogeneous ripening in Hass avocado via LC-MS/MS proteomics. *Postharvest Biology and Technology*, 132, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.06.001>
- Gamble, J., Harker, F. R., Jaeger, S. R., White, A., Bava, C., Beresford, M. y Woolf, A. (2010). The impact of dry matter, ripeness and internal defects on consumer perceptions of avocado quality and intentions to purchase. *Postharvest Biology and Technology*, 57(1), 35-43.
- García, J. D. (Octubre de 2003). El aguacate ecológico, aspectos técnicos, sociales y medioambientales de su cultivo en Andalucía. En *V Congreso Mundial del Aguacate (Actas)* (pp. 707-712). Consejería de Agricultura y Pesca.



- García, J., Ríos, G., Franco, G., Sandoval, A. P. y Vásquez, L. A. (2013). *Atlas: zonificación de las tierras para el uso del cultivo de aguacate cv. Hass en Colombia*. Corpoica.
- Gagné, J., Posada, F., Gil, Z. (2004). A new species of bruggmannzella (Diptera: cecidomyiidae) aborting young fruit of avocado, *Persea americana* (Lauraceae), in Colombia. *Proceedings- Entomological Society of Washington*, 106(3), 547-553.
- Gil, N., Posada, F. J., Pérez, M. y Cárdenas, R. (2007). Registro y notas bionómicas de una nueva plaga del aguacate *Laurencella colombiana* (Hemiptera: Margarodidae) en Colombia. *Revista U. D. C. A. Actualidad & Divulgación Científica*, 10(2), 43-50.
- Gobernación del Tolima, Universidad de Ibagué, Universidad del Tolima y Sena. (2017). *Buenas prácticas agrícolas (BPA)*. Universidad de Ibagué.
- Gobernación del Valle del Cauca. (Agosto de 2017). Lanzamiento del Programa Integral de Fruticultura del Valle (PIF) [Nota periodística].
- Gómez, D. H. (Marzo de 2019). El guacamole es delicioso, pero hay mucho más. En *Memorias del II Territorio Aguacate*.
- Gómez, J. E., Rebolledo, A., Melo, Y. P., Carabalí, A., Londoño, M. E., Takumasa, K., Marín, G. y Orozco, F. (2011). Bases técnicas para implementar prácticas de manejo de plagas en aguacate Hass en la meseta de Popayán-Cauca. Corpoica, MADR. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/1959>
- Gómez, C., Ríos, A. F., Betancur, L., Llano, M., Medina, T., Mejía, M. y Hincapié, R. (2018). Mejorar la productividad del aguacate Hass mediante un prototipo de agricultura de precisión que permita el uso eficiente del recurso hídrico. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI*. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/673>
- Granados, W. y Valencia, J. C. (Agosto de 2018). *Cadena de aguacate: indicadores e instrumentos* (Cadenas agrícolas y forestales del MADR) [Presentación]. <https://imgcdn.larepublica.co/cms/2018/09/26180443/Aguacate.pdf?w=auto>
- Higgins, A., McFallan, S., Marinoni, O., McKeown, A., Bruce, C., Chilcott, C. y Pinkard, L. (2018). Informing transport infrastructure investments using TRANSIT: A case study for Australian agriculture and forestry. *Computers and Electronics in Agriculture*, 154: 187-203. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.09.008>
- ICA y Aproare SAT. (2009). Manual técnico del cultivo del aguacate. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Normatividad/Paquete%20Tecnologico%20Aguacate.pdf>
- ICA. (2012). *Manejo fitosanitario del aguacate Hass (Persea americana Mill)*. *Medidas para la temporada invernal*. ICA. <https://www.ica.gov.co/getattachment/4b5b9b6f-efc4-46e1-b9ca-b35cc1cefee2/->
- ICA. (2016). Resolución n.º 00001507 del 2016. Por medio de la cual se declaran las plagas de control oficial en el cultivo de aguacate *Persea americana* Miller en el territorio nacional, se establecen medidas para su manejo y control. <https://www.ica.gov.co/getattachment/81591168-ac45-478a-b84b-f054d4e5829b/2016R1507.aspx>
- ICA. (2017). Resolución n.º 03002 del 2017. Por medio de la cual se establecen los requisitos para la Certificación en Buenas Prácticas Agrícolas en producción primaria de vegetales y otras especies para consumo humano. <https://www.ica.gov.co/getattachment/9d8fe0fa-66d2-4feb-9513-cbba30dc4844/2017R30021.aspx>
- ICA. (2019a). ICAnet (Plagas cuarentenarias presentes). <https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/epidemiologia-agricola/plagas-reglamentadas/busqueda.aspx?searchtext=Heilipus&ruta=/Areas/Agricola/Servicios/Epidemiologia-Agricola/Plagas-Reglamentadas/Plagas-Cuarentenarias-Presentes&categoria=Plagas%20Cuarentenarias%20Presentes>
- ICA. (2019b). Dirección técnica de sanidad vegetal. <https://www.ica.gov.co/analitica/subgerencia-de-proteccion-vegetal/d-t-sanidad-vegetal>
- Ideam. (2015). *Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia: resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio Nacional del Agua 2014*. Sello editorial CTA. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023272/HH_ENA2014.pdf
- Itis. (2015). Catalogue of Life: 2019 Annual Checklist: Indexing the word's know sepecies [Taxas]. <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019/>
- Kondo, T. (2010). Description of a new coccid (Hemiptera, Coccidae) on avocado (*Persea americana* Mill.) from Colombia, South America. *ZooKeys*, 42, 37-45. DOI: 10.3897/zookeys.42.377



- Leal, J. M., Castaño, J., Bolaños, M. M. (2014). Manejo de la pudrición radical (*Phytophthora cinnamomi* Rands) del aguacate (*Persea americana* Linneo). *Revista U. D. C. A. Actualidad & Divulgación Científica*, 17(1), 105-114.
- Ley 811 de 2003 (2 de julio). Diario oficial n.º 45.236. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/Ley%20%20811%20de%202003.pdf>
- Londoño, M. E. (2014). *Manejo integrado de Monalonia velezangeli en aguacate* (1.ª ed.). Corpoica. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/1931>
- Londoño, M. E. (Julio de 2015). Manejo integrado de plagas en aguacate. En Jaramillo, J. L. (ed.), *Memorias y resúmenes Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología 42 (Socolen)* (pp. 60-93). Unal, sede Medellín; Socolen. http://www.socolen.org.co/images/stories/pdf/42_Congreso.pdf
- López, R., Burgos, P., Hermoso, J. M., Hormanza, J. y González, J. (2014). Long term changes in soil properties and enzyme activities after almond shell mulching in avocado organic production. *Soil & Tillage Research*, 143: 155-163.
- Lundy, M., Amrein, A., Hurtado, J. J., Becx, G., Zamierowski, N., Rodríguez, F. y Mosquera, E. E. (2014). Metodología Link: una guía participativa para modelos empresariales incluyentes con pequeños agricultores. Versión 2.0. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <http://hdl.handle.net/10568/49607>
- Martínez, H., Espinal, C. F. (2006) *Agroindustria y competitividad. Estructura dinámica en Colombia 1992-2005*. MADR, IICA. bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11348/6372
- Márquez, C. J., Yepes, D. y Sánchez, L. (2014). Cambios fisicoquímicos del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) en poscosecha para dos municipios de Antioquia. *Temas Agrarios*, 19(1), 32-47.
- Marulanda, C. J. (2017). *Identificación de aislamientos de Phytophthora asociados al cultivo de aguacate en el sur occidente de Colombia* [Trabajo de grado de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.
- Mejía, C. L. (2011). Aguacate *Persea Americana* Miller. <https://www.cropscience.bayer.co>
- Mesa, N. C., Mena, Y. M., Gómez, E. D., Huertas, C.A., Rodríguez, I., Hernández, R. R. y Rodríguez, S. (2014). *Programa de manejo Fitosanitario en Aguacate en el departamento del Valle del Cauca*. Editorial Universidad Nacional de Colombia. <http://uneditorial.net/uflip/programa-de-manejo-fitosanitario-en-aguacate/pubData/source/programa-de-manejo-fitosanitario-en-aguacate.pdf>
- Misión para la Transformación del Campo. (2014). *Propuesta para desarrollar un modelo eficiente de Comercialización y Distribución de Productos. Documento técnico para la Misión para la Transformación del Campo*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Agriculturapequarioforestal%20y%20pesca/Propuesta%20para%20desarrollar%20un%20modelo%20eficiente%20de%20Comercializaci%C3%B3n%20y%20Distribuci%C3%B3n%20de%20Productos.pdf>
- Montilla, J., Londoño, M. E., Monsalve, D. A. y Correa, G. A. (2014). Evaluation of Insecticides for *Monalonia velezangeli*, Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae) management in Avocado. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 67(1), 7141-7150.
- Morera, J. A. (2000). Agricultura, recursos naturales, medioambiente y desarrollo sostenible en Costa Rica. *Agronomía mesoamericana*, 11(1); 179-185.
- Muñoz, L. M. y Rojas, L. C. (2016). Subproductos del aguacate, materia prima potencial para diversos sectores industriales. *Investigación, ciencia, innovación y competitividad*. 1: 130-143.
- Muñoz, O. J. (2017). *Respuesta bioquímica asociada a la defensa del aguacate Persea americana Mill. Frente a Phytophthora cinnamomi Rands*. [Tesis de doctorado]. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.
- Muñoz, M. (14 de julio de 2018). *Actores locales y departamentales trabajan por la implementación de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de aguacate Hass*. Corpocaldas. <http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/1558/08-06/BoletinCorpocaldas-07Jul-27-2018.pdf>
- Narváez, C. L. (2018). *Más de 3 mil productores de frutas mejorarán su productividad y competitividad en el Valle del Cauca*.
- Ocde. (2003). *Manual de Frascati 2002. Propuesta de norma práctica para encuestas de investigación y desarrollo experimental*. FECYT. <https://www.fecyt.es/es/publicacion/manual-de-frascati-2002>
- Osoario, L., Burbano, O., Arcila, A. M., Vásquez, A. M., Carrascal, F. y Romero, J. (2018). Distribución espacial del riesgo potencial de marchitamiento del aguacate causado por *Phytophthora cinnamomi* en la subregión de Montes de María, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(2), 273-285.



- Parra, D. y Serrano, S. (2017). *Guía de exportación de aguacate Hass para pequeños y medianos productores en Colombia*. Universidad Icesi. http://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/82868/1/TG01730.pdf
- Pedreschi, R., Muñoz, P., Robledo, P., Becerra, C., Defilippi, B. G., van Eekelen, H. y De Vos, R. C. H. (2014). Metabolomics analysis of postharvest ripening heterogeneity of “Hass” avocados. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 172-179.
- Procolombia. (13 de agosto de 2018). Colombia es el nuevo proveedor estrella de aguacate Hass para el mundo. *Procolombia*. <http://www.procolombia.co/noticias/colombia-es-el-nuevo-proveedor-estrella-de-aguacate-hass-para-el-mundo>
- Puyana, D. G. (2005). Expansión e internacionalización de las pymes agroindustriales colombianas. *Revista Civilizar*. Grupo de Investigación y Desarrollo de Mipymes, Escuela de Negocios y Ciencias Empresariales-Universidad Sergio Arboleda. <https://revistas.usergioarboleda.edu.co/index.php/ccsh/article/download/802/682/>
- Ramírez, J. G. (2013). *Incidencia, diagnóstico, comportamiento y alternativas de manejo de la marchitez del aguacate con énfasis en Phytophthora cinnamomi Rands*. [Trabajo de grado de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Ramírez, J. G., Castañeda, D. A. y Morales, J. G. (2013). Dinámica microbial del suelo asociada a diferentes estrategias de manejo de *Phytophthora cinnamomi* Rands en aguacate. *Revista Ceres*, 60(6), 811-819.
- Ramírez, G. y Morales, J. G. (2013). Primer informe de *Cylindrocarpon destructans* (Zinss) Scholten afectando Plántulas de aguacate (*Persea americana* Mill) en Colombia. *Rev. Protección Veg*, 28(1), 27-35.
- Ramírez, J. G., Castañeda, D. A. y Morales, J. G. (2014). Alternativas microbiológicas para el manejo de *Phytophthora cinnamomi* Rands., en *Persea americana* Mill., bajo condiciones de casa-malla. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 19-27.
- Ramírez, J. G., Castañeda, D. A. y Morales, J. G. (2014). Estudios etiológicos de la marchitez del aguacate en Antioquia-Colombia. *Revista Ceres*, 61(1), 50-61.
- Ramírez, S. (2016). *Evaluación de extractos microbianos frente a pudriciones radiculares en aguacate generados por Phytophthora cinnamomi*. [Trabajo de grado de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Ramírez, J. G., Castañeda, D. A., Morales, J. G. (2016). Production of avocado trees infected with *Phytophthora cinnamomi* under different management regimes. *Plant Pathology*, 66(4), 623-632. DOI: 10.1111/ppa.12620
- Ramírez, J. G., Ramelli, E. G. y Morales J. G. 2017. Economic impact of the avocado (cv. Hass) wilt disease complex in Antioquia, Colombia, crops under different technological management levels. *Crop Protection*, 101: 103-115.
- Ramírez, J. G. (2018). Avocado wilt complex disease, implications and management in Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 71(2), 8525-8541.
- Ramírez, J. G., Morales, J. G. y Peterson, A. T. (2018). Potential geography and productivity of “Hass” avocado crops in Colombia estimated by ecological niche modeling. *Scientia Horticulturae*, 237, 287-295.
- Rebolledo, A. y Romero, M. A. (2011). Avances en investigación sobre el comportamiento productivo del aguacate (*Persea americana* Mill) bajo condiciones subtropicales. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 12(2), 113-120. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945031004>
- Reina, J., Mayorga, M. J., Caldas, S. J., Rodríguez, J. y Varón, E. H. (2015). El problema de la peca en cultivos de aguacate (*Persea americana* Mill.) del norte del Tolima, Colombia. *Revista Corpoica y Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(2), 265-278.
- Restrepo, T. (2015). *Aislamiento, identificación y evaluación de hongos entomopatógenos como posibles agentes de control de trips (Thysanoptera: Thripidae) asociados a cultivos de aguacate (Persea americana Miller)*. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Rivera, S. A., Ferreyra, R., Robledo, P., Selles, G., Arpaia, M. L., Saavedra, J. y Defilippi, B. G. (2017). Identification of preharvest factors determining postharvest ripening behaviors in ‘Hass’ avocado under long term storage. *Scientia Horticulturae*, 216, 29-37.
- Rodríguez, E. (2015). *Caracterización morfológica y evaluación de la resistencia de materiales criollos de aguacate Persea americana Mill. A la pudrición radical del aguacate Phytophthora cinnamomi Rands en el centro de*



- investigación Palmira de Corpoica. [Trabajo de grado de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.
- Rodríguez, E., Murcia, N. y Martínez, M. (Septiembre de 2015). Desarrollo de un protocolo de infección en raíz para cuantificación de resistencia genética a *Phytophthora cinnamomi*, en aguacate. *Genetic resources and nursery management*. En VIII Congreso mundial de la palta (pp. 121-127). ProHass. http://www.avocadosource.com/WAC8/Section_02/RodriguezPolancoE2015.pdf
- Rodríguez, P. y Henao, R. (2017). Avocado ripening (*Persea americana* Mill. cv. Hass) and fruit quality. *Agronomía Colombiana*, 1: 914-917. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.sup.2016n1.58101>
- Rojas, M. y Guerrero, A. (2016). Prevenga y maneje la pudrición radical del aguacate causada por el Oomycete *Phytophthora cinnamomi* Rands. ICA. <https://www.ica.gov.co/getattachment/41201ed4-e8b1-4503-b25c-92de40f5d2f4/Prevenga-y-maneje-la-pudricion-del-aguacate-causad.aspx>
- Romero, L. D. (2014). *Estudio de la asociación entre algunas propiedades físicas y químicas del suelo y el comportamiento de la pudrición radical del aguacate causada por Phytophthora cinnamomi*. [Trabajo de grado de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.
- Rubio, J. D., Posada, F. J., Osorio, O. I., Vallejo, L. F., López, J. C. (2009). Primer registro de *Heilipus elegansguérinménéville* (Coleoptera: curculionidae) atacando el tallo de árboles de aguacate en Colombia. *Revista U. D. C. A. Actualidad & Divulgación Científica*, 12(1), 59-68.
- Ruiz, J. C. (Septiembre de 2017). Presente y futuro de la industria del aguacate en Colombia. En *Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate* (pp. 473-482). http://www.avocadosource.com/Journals/Memorias_VCLA/2017/Memorias_VCLA_2017_PG_473.pdf
- Sagarpa. (s. f.). Planeación agrícola nacional 2017- 2030. Sagarpa. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257067/Potencial-Aguacate.pdf>
- Sandoval, A., Forero, F. y García J. (2010). *Postcosecha y transformación de aguacate: Agroindustria rural innovadora*. Corpoica, Nataima. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4683/1/POSTCOSECHADEAGUACATE.pdf>
- Salazar, S., Ibarra, M. y González, J. (2016). Influence of clonal rootstocks on leaf nutrient concentrations in 'Hass' avocado grown without irrigation. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XXII, 161-175. DOI: 10.5154/r.rchsh.2015.06.013.
- Sánchez, Y. J. y Restrepo, F. E. (2016). Modelo de estimación en el uso de bioinsumos en la producción de aguacate Hass (*Persea americana* mills) en el oriente antioqueño. *Agriculture and Animal Sciences*. 5(1), 13-24.
- Sánchez, E. Y. (2017). Artrópodos asociados a cítricos y aguacate en viveros en el Valle del Cauca y seguimiento de las poblaciones sobre plantas injertadas de cítricos y aguacate. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.
- Sierra, P. V., Quiroga, L. F. y Varón, É. H. (2014). Preferencia de mosca blanca (*Paraleyrodes* sp.) por cultivares de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Fresno, Tolima. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(2), 197-206.
- Springer-Heinze A. (2007). *ValueLinks Manual: The methodology of value chain promotion*. GTZ. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/25053>
- Silva, A. (2011). Conocimiento, uso actual y futuro del paquete tecnológico: promovido por el P4P para frijol, postera, 2009. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <http://repiica.iica.int/docs/B2267e/B2267e.pdf>
- Tamay, P. J. (2007). Enfermedades del aguacate. *Politécnica*, 4: 51-70.
- Tsekeris, T. (2017). Domestic transport effects on regional export trade in Greece. *Research in Transportation Economics*, 61: 2-14. <http://dx.doi.org/10.1016/j.retrec.2016.08.006>
- Trade Map. (2018). Exportaciones e importaciones de aguacate. Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas [Base de datos]. <https://www.trademap.org/>
- Torres, L. F., Correa, G. A., Cartagena, J. R., Monsalve, A. y Londoño, M. E. (2012). Relación de *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae) con la Fenología del Aguacate (*Persea americana* Mill., cv. Hass). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 65(2).



- Toñifo, A., Cabal, D. y Gil, L. F. (2012). Análisis de componentes del sistema productivo de aguacate, con incidencia probable de Phytophthora en Cesar, Colombia. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 16(2), 63-90.
- Upra. (2017). Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate Hass en Colombia, a escala 1:100.000 – Memoria técnica. *Gov.co*. <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Zonificaci-n-De-Aptitud-Para-El-Cultivo-Comercial-/y72y-ithc>
- Velázquez, V., Delgado, O., Patiño, L., Cortés, A. y Navas, A. (2017). Caracterización genética de portainjertos de aguacate cv. Hass en los Andes noroccidentales de Colombia. En *Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate* (pp. 16-20). http://www.avocadosource.com/Journals/Memorias_VCLA/2017/Memorias_VCLA_2017_PG_016.pdf
- Vinasco, A. M. (2016). *Identificación molecular del complejo de picudos (Coleoptera Curculionidae) de importancia cuarentenaria en el cultivo de aguacate en Colombia*. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.
- Zapata, J. E., Tobón, J. D., Patiño, H. I., Palacios, E. H., Mejía, C. A., Marín, H. D. y Machado, C. A. (2018). *El cultivo del aguacate Persea americana en el occidente de Antioquia*. Sena. <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/5243>

ANEXO 1. TALLERES CON ACTORES DE LA CADENA DEL AGUACATE

- Taller 1: “Validación de cuellos de botella en el eslabón primario de la cadena productiva del aguacate en el Valle del Cauca”
Fecha: 01 de diciembre del 2017
- Taller 2: “Validación del plan de investigación a partir de las brechas tecnológicas de la cadena productiva del aguacate en el Valle del Cauca”
Fecha: 08 de junio del 2018
- Taller 3: “Validación y complemento del plan estratégico de la cadena de aguacate del Valle del Cauca”
Fecha: 07 de diciembre del 2018

Jornadas de trabajo con investigadores para revisar las alternativas de investigación en las cadenas de aguacate, mora y piña en el Valle del Cauca

Tabla 11. Asistentes a jornadas de trabajo para revisar las alternativas de investigación en las 3 cadenas

Entidad	Asistentes	Jornada 02/04/2018	Jornada 16/04/2018	Mesa de trabajo		
				Aguacate	Mora	Piña
Univalle	Alberto Díaz	X	X			X
	Alejandro Fernández	X		X		
	Alfredo Ayala	X			X	
	Carlos Vélez	X	X		X	
	Claudia Ochoa	X	X	X		

Continúa



Entidad	Asistentes	Jornada 02/04/2018	Jornada 16/04/2018	Mesa de trabajo		
				Aguacate	Mora	Piña
Unal	Carlos Germán Muñoz*			X		
	Eliana Arrieta		X			
	Eyder Daniel Gómez		X	X		
	Florencia Satizabal	X	X		X	
	Herney Darío Vásquez	X		X		X
	Jesús Zuleta Ospina	X	X		X	
	José A. Gómez	X				X
	Raúl Saavedra	X	X	X		
Agrosavia	Héctor Fabián Osorio		X			X
	Wilson Trujillo	X				X
CIAT	Andrés Charry	X	X			X
	Jhon Jairo Hurtado	X	X	X	X	X
	Lizette Díaz	X	X			X
	Matthias Jäger	X		X	X	X
	Miryan García	X	X		X	

* Revisión del ejercicio en la Unal.

Fuente: listados de asistencia.

ANEXO 2

GUÍA PARA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE INVESTIGACIÓN QUE RESPONDAN A CUELLOS DE BOTELLA IDENTIFICADOS PARA LA CADENA PRODUCTIVA DEL AGUACATE HASS EN EL VALLE DEL CAUCA

PROYECTO:

“INCREMENTO DE LA COMPETITIVIDAD SOSTENIBLE EN LA AGRICULTURA DE LADERA EN TODO EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA, OCCIDENTE”

TABLA DE CONTENIDO

1. Objetivo de la guía.....	89
2. Destinatarios de la guía.....	89
3. Aspectos previos al planteamiento de alternativas de investigación	89
4. Metodología.....	89
5. Factores de evaluación	90
6. Escala de valoración	90
7. Cuellos de botella de la cadena del aguacate Hass	92
8. Información previa al planteamiento de investigaciones	95
9. Planteamiento de alternativas de investigación: aguacate	97



1. OBJETIVO DE LA GUÍA

Presentar una metodología para el planteamiento participativo de alternativas de investigación que busquen fortalecer la cadena productiva del aguacate en el Valle del Cauca, teniendo en cuenta las problemáticas o cuellos de botella que pueden obtener respuesta a través de procesos de investigación.

2. DESTINATARIOS DE LA GUÍA

La guía está dirigida a miembros de la Universidad Nacional de Colombia Universidad del Valle y Corpoica que tengan la responsabilidad de coordinar, direccionar o dirigir componentes, actividades o investigaciones durante la ejecución del proyecto.

3. ASPECTOS PREVIOS AL PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE INVESTIGACIÓN

El evaluador debe contar con los siguientes elementos, previo el planteamiento de posibles alternativas de investigación:

- a) Listado de cuellos de botella de la cadena productiva (se resaltan aquellos que podrían tener solución a través de la investigación).
- b) Información relacionada con investigaciones previas (en este caso, se presenta una síntesis que es resultado de búsquedas en las bases de datos de las principales universidades y centros de investigación de la región).
- c) Información del impacto que cada problemática ocasiona en la competitividad de la cadena productiva.
- d) Planteamiento necesario de diversas alternativas de investigación, sin tener en cuenta que puedan, o no, ser llevadas a cabo durante la ejecución del proyecto.
- e) Consciencia permanente del rol de cada actor institucional que puede ejercer actividades de investigación en la región.

4. METODOLOGÍA

Previo al ejercicio, cada participante debe haber leído con antelación la presente guía. Posteriormente, de forma individual o en equipo, plateará posibles temas de investigación que puedan llevarse a cabo durante el periodo de ejecución del proyecto (de la mano de los jóvenes investigadores que se vinculen al mismo) y aquellas que requieran mayor alcance.

Finalmente, en consenso, se determinan las investigaciones con viabilidad de desarrollo para definir responsables, tiempos estimados de cada estudio y recursos que se deben considerar (humanos, físicos y de presupuesto).

5. FACTORES DE EVALUACIÓN

Para el planteamiento de posibles estudios o investigaciones se plantean los siguientes factores de evaluación:



Tabla 1.

Factor	Descripción
Investigaciones previas	Hace referencia a los resultados de investigaciones previas (entre los años 2000 y 2017) reportados a través de publicaciones científicas y los cuales pueden ser ubicados en los repositorios de algunas universidades y centros de investigación de la región ¹ .
Viabilidad de adopción	El evaluador debe considerar la viabilidad técnica y económica de la implementación de los resultados de la investigación propuesta por los actores de la cadena productiva.
Tiempo para lograr impacto	Este factor busca que el evaluador estime el tiempo que se requiere para que los resultados de la investigación sean tenidos en cuenta por los actores de la cadena productiva (corto, mediano o largo plazo).
Capacidad de respuesta institucional	Este aspecto hace referencia a la capacidad técnica y económica de todas las entidades que llevan a cabo procesos de investigación, teniendo en cuenta la experiencia institucional, equipo de trabajo, acceso a laboratorios, investigaciones relacionadas, entre otros.
Impacto social	Se refiere a la incidencia o efectos sociales, positivos o negativos, que el desarrollo o implementación de los resultados de la investigación pueda traer para la comunidad que se integra en la cadena productiva, teniendo en cuenta aspectos como calidad de vida, desarrollo comunitario, igualdad de oportunidades, impacto en minorías y población vulnerable, y distribución justa de los beneficios.
Impacto ambiental	Se refiere a la incidencia o efectos ambientales, positivos o negativos, del desarrollo o implementación de los resultados de la investigación, teniendo en cuenta aspectos como manejo sostenible de recursos, protección del medioambiente y preservación o restauración de hábitats.
Impacto económico	Se refiere a la incidencia o efecto del desarrollo o implementación de los resultados de la investigación en la economía de los actores de la cadena productiva y del departamento, considerando la reducción de costos de operación, la relación de costo-beneficio, el mejoramiento de la productividad, la generación de empleos y el impulso de la competitividad de la cadena regional.

Fuente: elaboración propia.

6. ESCALA DE VALORACIÓN

Las alternativas de investigación deben ser evaluadas teniendo en cuenta los factores de evaluación descritos en el ítem anterior y la siguiente escala de calificación:

Tabla 2.

Escala	Investigaciones previas
1	De acuerdo con su experiencia, conocimiento y los elementos presentados en esta guía, considera que existen suficientes estudios que hacen referencia al problema o a sus soluciones.
2	De acuerdo con su experiencia, conocimiento y los elementos presentados en esta guía, considera que existen algunos estudios que hacen referencia al problema, pero no son suficientes para atender el cuello de botella.
3	De acuerdo con su experiencia, conocimiento y los elementos presentados en la presente guía, considera que el problema no ha sido atendido a través de la investigación o existen pocos documentos científicos que hagan referencia al mismo.

1 Fuentes consultadas: Sinab (Universidad Nacional de Colombia), y catálogos de consulta de Corpoica, Universidad de Antioquia, Universidad de Ibagué, Uniquindio, Universidad de Manizales, Universidad de Nariño, Unicauca, Eafit, Universidad Tecnológica de Pereira y Universidad del Valle.



Escala	Viabilidad de la adopción
1	La implementación de los resultados de la investigación no es viable debido al alto costo o a las barreras tecnológicas y de conocimiento que representaría para los actores de la cadena.
2	La implementación de los resultados de la investigación es viable, pero representa dificultades debido al costo o a las barreras tecnológicas y de conocimiento que representaría para los actores de la cadena.
3	La implementación de los resultados de la investigación es viable técnicamente y de costo asequible para los actores de la cadena.
Escala	Tiempo para lograr impacto ²
1	La investigación, que aporta a la solución del problema, requiere de un largo plazo para su desarrollo u obtención de resultados.
2	Los resultados de la investigación, que aportan a la solución del problema, pueden obtenerse en el mediano plazo .
3	Los resultados de la investigación, que aportan a la solución del problema, pueden obtenerse en el corto plazo .
Escala	Capacidad de respuesta institucional
1	No se cuenta con suficiente capacidad institucional, técnica y económica (de recursos humanos, físicos, logísticos o de presupuesto), para dar respuesta a la investigación durante su desarrollo.
2	Se requiere de otros actores externos para dar respuesta técnica o económica (de recursos humanos, físicos, logísticos o de presupuesto) a la investigación durante su desarrollo.
3	Se cuenta con suficiente capacidad institucional técnica y económica (de recursos humanos, físicos, logísticos o de presupuesto) para dar respuesta a la investigación durante su desarrollo.
Escala	Impacto social
1	El desarrollo de la investigación o la implementación de sus resultados no genera impactos en la sociedad parte de la cadena ni en la comunidad de influencia regional.
2	El desarrollo de la investigación o la implementación de sus resultados impacta moderadamente de forma positiva a la sociedad parte de la cadena o a la comunidad de influencia regional.
3	El desarrollo de la investigación o la implementación de sus resultados es de alto impacto positivo para la sociedad parte de la cadena o para la comunidad de influencia regional.
Escala	Impacto ambiental
1	El desarrollo de la investigación, o la implementación de sus resultados, impacta moderadamente y de forma positiva el medioambiente.
2	El desarrollo de la investigación, o la implementación de sus resultados, no tiene efectos positivos o negativos para el medio ambiente
3	El desarrollo de la investigación o la implementación de sus resultados, es de alto impacto positivo para el medioambiente.
Escala	Impacto económico
1	El desarrollo de la investigación o la implementación de sus resultados, no genera impactos económicos significativos en la cadena ni en sus actores.
2	El desarrollo de la investigación o la implementación de sus resultados, impacta moderadamente la economía de los actores de la cadena productiva o del sector.
3	El desarrollo de la investigación, o la implementación de sus resultados, es de alto impacto para la economía de los actores de la cadena productiva o del sector.

Fuente: elaboración propia.

² Tiempo de ejecución del proyecto: julio de 2017 a julio de 2019



7. CUELLOS DE BOTELLA DE LA CADENA DEL AGUACATE HASS

Un cuello de botella es un aspecto crítico que impacta de forma negativa en cualquier proceso. Teniendo en cuenta que el proyecto pretende contribuir al fortalecimiento de las cadenas productivas del aguacate, la mora y la piña del departamento del Valle del Cauca, pensando en beneficiar principalmente a los pequeños productores ubicados en zonas de ladera a través de la investigación, se presentan las problemáticas encontradas en cada uno de los eslabones de las cadenas que podrían tener respuesta a través de estos procesos, y aquellos que requieren procesos de desarrollo, transferencia tecnológica, gestión de proyectos, entre otros.

Tener en cuenta las siguientes convenciones:

	Brechas con posibles alternativas de solución a través de la investigación.
	Brechas con posibles alternativas de solución a través de procesos de desarrollo y transferencia.

Tabla 3. Cuellos de botella de la cadena de la pina del Valle del Cauca

Eslabón	Aspecto	Brecha	Descripción de la brecha
Insumos y material vegetal	Material vegetal de propagación	Desconocimiento del comportamiento de los patrones de siembra (material vegetal)	Se desconocen los materiales sembrados como patrón en la región (y su comportamiento en el desarrollo del cultivo), así como del potencial de materiales nativos o importados.
		Baja disponibilidad de semilla certificada	En el departamento del Valle del Cauca existen pocos viveros certificados para suministrar material vegetal de aguacate y no tienen capacidad de respuesta a la demanda creciente, lo que evidencia la baja disponibilidad de material de propagación con calidad genética, fisiológica y sanitaria.
		Débil control del ingreso de material vegetal al país	Débil control fitosanitario por parte del Estado, a los aguacates pieles verdes provenientes de Venezuela y Ecuador, y al material vegetal para la siembra que se deriva del mismo.
	Agroinsumos	Desconocimiento de la lista de pesticidas autorizados por el ICA y el mercado internacional	Los productores desconocen los agroinsumos permitidos en el manejo del cultivo según por los organismos de control nacional e internacional.
Producción	Prácticas de manejo productivo	Falta estandarización de un paquete tecnológico para el cultivo del aguacate Hass en el departamento	Desconocimiento de prácticas adecuadas para el manejo del cultivo del aguacate Hass en las condiciones agroecológicas del departamento (teniendo en cuenta los pisos térmicos de las zonas productivas), heterogeneidad en las prácticas de producción y falta de herramientas de trazabilidad.
		Desconocimiento las características diferenciales del aguacate cultivado en el departamento	Desconocimiento de las especificaciones técnicas, de calidad y de diferenciación de los frutos obtenidos (de la variedad Hass) en las diferentes zonas de producción del departamento del Valle del Cauca.
	Prácticas de manejo de plagas y enfermedades	Desconocimiento del manejo de plagas y enfermedades	Se desconoce el comportamiento (variabilidad y resistencia) de los organismos patógenos que afectan el cultivo (ej. la <i>Phytophthora</i> y el <i>Verticillium</i>), al igual que el manejo adecuado de las enfermedades en las diferentes zonas de producción de la región. No existe homogeneidad en el tratamiento de plagas y enfermedades. Los productores hacen uso de diversos insumos agrícolas (guiados por las recomendaciones de otros productores, representantes de almacenes comerciales o profesionales del área) y realizan aplicaciones sin tener en cuenta los periodos de carencia ni los periodos climáticos, lluviosos o secos. Como resultado, el producto final presenta diferentes propiedades intrínsecas.



Eslabón	Aspecto	Brecha	Descripción de la brecha
Producción	Prácticas de manejo productivo	Desconocimiento del desarrollo del cultivo en la región (comportamiento fisiológico, demanda nutricional, etapas fisiológicas, necesidades hídricas, etc.)	Los agricultores se encuentran en una fase de aprendizaje del manejo del cultivo de la variedad Hass. En este proceso, es necesario: a) Conocer el comportamiento fisiológico y la demanda nutricional del cultivo (deficiencia de nutrientes del fruto) b) Identificar las diferentes etapas fenológicas. c) Evaluar las necesidades hídricas (riego) del cultivo. d) Validar métodos de cosecha que garanticen la calidad del fruto. e) Acoplar la oferta tecnológica actual al desarrollo del cultivo. f) Sistematizar las experiencias y lecciones aprendidas en la adopción del cultivo.
	Asistencia técnica	Asistencia técnica insuficiente y no especializada	Asistencia técnica insuficiente debido a la baja cobertura por parte del Estado y de las entidades de apoyo. El productor sigue las recomendaciones técnicas de las casas comerciales de productos agrícolas, afectando la adopción de prácticas uniformes en el manejo del cultivo. Falta de profesionales especializados con conocimientos del cultivo teniendo en cuenta las condiciones geográficas del territorio (principalmente en zonas de ladera, donde se dificultan algunas labores agronómicas), y profesionales con capacidad de hacer uso de herramientas de extensión rural (en el lenguaje del productor).
	Costos de producción	Altos costos de instalación y mantenimiento del cultivo	La normatividad del ICA exige que el productor cuente con la asesoría permanente de un asistente técnico, lo que eleva los costos de producción. La instalación y el mantenimiento del cultivo requieren de altas inversiones para obtener buenos rendimientos (altos costo de insumos).
	Zonificación	Establecimiento de cultivos en zonas no aptas (a pesar de existir estudios de zonificación)	La zonificación por aptitud y la agricultura climáticamente inteligente no es tenida en cuenta por los agricultores para el establecimiento de cultivos, lo que afecta la productividad y calidad de los frutos.
	Medioambiente	Desconocimiento de prácticas de manejo ambiental e impacto de la polinización en el rendimiento del cultivo	Se desconocen prácticas de manejo ambiental haciendo uso de la polinización.
		Desconocimiento del manejo de los recursos naturales en el desarrollo del cultivo	El uso ineficiente del agua y el desconocimiento de las propiedades, manejo y conservación del suelo durante el desarrollo del cultivo afectan el medioambiente.
		Deforestación para establecimiento de cultivo	La deforestación (tala de árboles) es un fenómeno que se ha venido presentando en el departamento, con fines de explotación ganadera y agrícola para el establecimiento de diversos cultivos (entre ellos el del aguacate Hass)

Continúa



Eslabón	Aspecto	Brecha	Descripción de la brecha
Producción	Manejo de predios y certificaciones	Débil adopción de normas de certificación	Al considerarse de alto costo y difícil implementación, existe resistencia a la adopción de normativas o reglamentos nacionales e internacionales (BPA, predio exportador y Global G. A. P.), que podrían limitar la aceptación comercial del producto. La certificación Global G. A. P., aunque no es un requerimiento universal (dado que depende del comprador), es cada vez más común en los requisitos del mercado internacional (principalmente en el norte de Europa).
	Impacto de la actividad productiva	Desconocimiento del impacto socioeconómico y ambiental del cultivo	Se desconoce el impacto social, económico, comercial (en el ámbito regional) y ambiental que ha traído consigo la adopción del cultivo del aguacate Hass en el departamento.
	Asociatividad	Baja asociatividad	El bajo nivel de asociatividad de los productores de aguacate (especialmente en el centro y sur del departamento) desfavorecen la competitividad de la base productiva.
	Mano de obra	Baja disponibilidad de mano de obra agrícola	La baja disponibilidad de mano de obra en el sector rural (principalmente en temporadas de cosecha de café) afecta el mantenimiento del cultivo.
Poscosecha y agroindustria	Poscosecha	Maduración acelerada de la variedad Hass asociada a los cambios de temperatura, y falta de protocolos para el manejo poscosecha	Los problemas fisiológicos poscosecha y de durabilidad (percecibilidad) del producto afectan el proceso de comercialización internacional. Una vez que el aguacate Hass colombiano llega a su puerto de destino y es expuesto a tratamientos térmicos de maduración, su duración o vida útil es inferior en comparación con la fruta exportada por Chile y Perú. El problema se agudiza en temporadas de invierno (diciembre), en las que se incrementan las averías en los puertos de destino a casusa de la acelerada maduración del fruto.
	Agroindustria	Bajo aprovechamiento agroindustrial y escasa innovación	Bajo aprovechamiento agroindustrial del aguacate (pulpa, semilla y cascara), poca innovación y desconocimiento de la viabilidad comercial de los subproductos del fruto.
Comercialización	Preparación de la oferta	Falta de planeación en la producción	Colombia tiene la capacidad para producir aguacate durante todo el año; sin embargo, no existen medidas que permitan planear las cosechas para que no coincidan con los picos de producción de los competidores internacionales (meses de agosto, septiembre y diciembre), incluyendo a España que, aunque es comprador, cuenta con algunos cultivos. Al no existir articulación de la oferta con los ciclos productivos de los países competidores, se ocasionan pérdidas a causa del descenso del precio que trae consigo la sobreoferta en temporadas.
		Insuficiente capacitación del pequeño productor	El pequeño productor tradicional no cuenta con una visión emprendedora ni una cultura empresarial. Este requiere acompañamiento durante el desarrollo del cultivo y asesoría en la adopción de medidas que permitan prolongar la permanencia del país en el mercado internacional (ej. acuerdo comercial entre Colombia y Estados Unidos).



Eslabón	Aspecto	Brecha	Descripción de la brecha
Comercialización	Logística	Elevados costos logísticos debido a los fletes internos y a los tiempos de la tramitología de exportación	Dificultad logística en el proceso de exportación de aguacate Hass debido al alto costo de fletes internos (valor del combustible y peajes), y a los largos tiempos de operación en los puertos de embarque. Esta situación encarece los costos y disminuye considerablemente las utilidades del ejercicio mercantil (el envío de una tractomula desde el departamento del Valle hasta el puerto de Cartagena resulta más costoso que el envío del producto desde Cartagena hasta el puerto de Rotterdam).
		Mal estado de las vías terciarias	Las deficiencias en la infraestructura vial, las distancias entre las zonas de producción y los mercados o los centros de <i>packing</i> , afectan la calidad del producto (en todas las variedades) ya que causan daños mecánicos en la fruta durante el trasporte.
	Mercado internacional	Baja diversificación del mercado	Los países que participan de la provisión internacional de aguacate (incluyendo Colombia) se concentran en Europa (ej. España, Holanda y Bélgica). Hay pocas acciones conjuntas de diversificación del mercado para el aguacate colombiano.
		Bajo posicionamiento en el comercio exterior	No se ha generado una estrategia que diferencie y posicione el aguacate Hass colombiano en el mercado internacional.
	Mercado nacional	Preferencia de los aguacates pieles verdes en el mercado nacional	Frente al posible incremento de la oferta interna de la variedad Hass a causa del establecimiento de nuevos cultivos, se ocasionarán importantes excedentes de exportación. En este escenario, los productores se enfrentan al bajo consumo nacional de la variedad Hass frente a las denominadas pieles verdes. El mercado interno del aguacate (todas las variedades) se ve afectado por los frutos provenientes de Ecuador y Venezuela.

Fuente: elaboración propia.

8. INFORMACIÓN PREVIA AL PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIONES

A continuación, se presenta de forma general, una síntesis de las publicaciones científicas registradas entre los años 2000 y 2017, principalmente en el catálogo de consulta de la Universidad Nacional de Colombia y otras universidades de la región.

Tabla 4.

Área de investigación	N.º de ítems	Tipo de documento	Temas cubiertos
Caracterización productiva	12	10 artículos 1 trabajo de grado 1 nota científica	Caracterización ecofisiológica, contenido de ácidos grasos, diversidad genética de cultivares, variaciones fenotípicas, respuesta a fertilización, factores que afectan abscisión de flor y fruto, caracterización de genes relacionados con el pardeamiento interno, metabolismo en tejido de semilla, purificación de lipoxigenasa, cambio de estructura de ácidos grasos con microondas y análisis bioquímico de producción de especias reactivas de oxígeno.
Competitividad	5	2 trabajos de grado 1 artículo 2 libros	Análisis sectorial para exportación desde Quindío, análisis prospectivo y plan piloto de la cadena en el Cauca, análisis de la cadena en Nariño, costos de producción y plántulas y prospectiva para innovación en Tolima.
Comportamiento fisiológico	2	2 trabajos de grado 1 artículo 2 libros	Caracterización fenológica y ecofisiológica en Cundinamarca y Colombia

Continúa



Área de investigación	N.º de ítems	Tipo de documento	Temas cubiertos
Impacto socioeconómico	2	1 trabajo de grado 1 libro	Caracterización socioeconómica en departamentos del eje cafetero
Transformación - Agroindustria	32	13 trabajos de grado 18 artículos 1 libro	Sistemas oleoestructurados a base de aceite, guacamole en polvo, aceite para jabón líquido, mezclas liofilizadas, extracción de aceite, estabilidad de polvo, productos cosméticos a base de aceite, capacidad antimicrobiana, cristalización y estructuras polimórficas de aceite, homogeneizadora, prensado en frío, fluidos supercríticos, tratamiento enzimático para extracción de aceite, adición de vitamina c y calcio al aguacate procesado, pasta para alimentación animal, proceso para clasificado y empaque, colorante en polvo, recubrimientos naturales y vida útil, y secado de semilla.
Temas varios	22	4 trabajos de grado 18 artículos	Etileno y respiración de frutos, estabilidad de sistema coloidal, caracterización de principios activos fenólicos, algoritmo para medir grado de madurez, efecto de ultrasonido en recuperación de <i>salmonella</i> , muestreo de <i>Paraleyrodes</i> , recubrimiento de almidón de yuca, estrés biótico y producción de peróxido de hidrógeno, microbios antagonistas para inhibir patógenos, contenido de fenoles, actividad antioxidante, atmósferas controladas, cambios por etileno, ácido abscísico durante maduración, factores precosecha que afectan perfiles de ácidos grasos, biosíntesis de volátiles derivados de ácidos grasos, biodiesel, efecto de maduración en aromas y sabor, corrección de deficiencia de Zn y lipoproteínas de alta densidad.
Recursos y medioambiente	5	3 trabajos de grado 1 libro 1 manual	Insectos polinizadores, requerimientos hídricos, uso del agua y efecto de densidad de abejas en polinización.
Material vegetal	5	2 trabajos de grado 2 artículos 1 libro	Propagación <i>in vitro</i> , caracterización de banco de germoplasma, inoculación micorriza y aspectos técnicos para obtención de plántulas
Mercadeo y logística	3	3 trabajos de grado	Factibilidad de finca, plan exportador y plan de negocios de aceite.
Plagas y enfermedades	33	15 artículos 3 libros 1 cartilla 13 trabajos de grado 1 evento	Caracterización, impacto y manejo de <i>phytophthora</i> , <i>colletotrichum</i> , <i>hymenoptera</i> , <i>paraleyrodes</i> , <i>coleóptera</i> , <i>colletotrichum</i> , MIP, <i>peca</i> , <i>monalonion</i> , <i>antracnosis</i> , <i>salmonella</i> , en Antioquia, Tolima y en general.
Poscosecha	21	16 artículos 1 libro 1 trabajo de grado 2 cartillas/manuales 1 audiovisual	Recubrimientos, manejo poscosecha, análisis físico-químicos, tratamientos para conservación y calidad.
Manejo productivo	16	6 artículos 2 cartillas 6 libros 1 trabajo de grado 1 audiovisual	Manejo, uso de plaguicidas y fertilizantes, BPA, uso de microorganismos, amarre y anillado.
Producción y comportamiento	7	7 artículos	Comportamiento, cambios poscosecha por altitudes, efecto de irrigación y portainjertos.
Nutrición	5	5 artículos	Micorrizas, portainjertos, concentración de nutrientes y aspersión de calcio.
Zonificación	1	1 libro	Zonificación nacional.

Total: 171

Fuente: elaboración propia.



9. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE INVESTIGACIÓN - AGUACATE

Teniendo en cuenta los roles y compromisos de cada institución participante en la operación del proyecto y considerando la información presentada, por favor valide, complemente o sugiera posibles soluciones a cada cuello de botella y, posteriormente, califique (de 1 a 3) cada criterio de evaluación según lo explicado en los numerales 5 y 6 de esta guía.

Tabla 5.

Eslabón	Aspecto	Brecha	Posible solución o investigación	Investigaciones previas	Viabilidad de adopción	Tiempo de impacto	Capacidad de respuesta	Impacto social	Impacto ambiental	Impacto económico
Insumos y material vegetal	Material vegetal de propagación	Desconocimiento del comportamiento de los patrones de siembra (material vegetal)	Recolectar, caracterizar y evaluar el comportamiento del material vegetal de la zona y el importado.							
			Investigación que permita conocer el relacionamiento de los patrones de siembra con las copas (resistencia de materiales regionales y compatibilidad patrón-clon).							
			Estudio de evaluación de los sistemas de producción de semillas y definición de protocolos.							
Producción	Prácticas de manejo productivo	Falta estandarización de un paquete tecnológico para el cultivo del aguacate Hass en el departamento	Identificación de modelos productivos adaptados a las condiciones regionales. Protocolos para el manejo del aguacate Hass soportados en investigación de manejo fitosanitario, densidades de siembra, técnicas de poda, inducción floral, renovación de huertos, manejo de arvenses, métodos de cosecha y necesidades hídricas, entre otros.							
			Evaluación de los sistemas de producción del departamento y de la oferta tecnológica para el cultivo							

Continúa



Eslabón	Aspecto	Brecha	Posible solución o investigación	Investigaciones previas	Viabilidad de adopción	Tiempo de impacto	Capacidad de respuesta	Impacto social	Impacto ambiental	Impacto económico
Producción	Prácticas de manejo productivo	Se desconocen las características diferenciales del aguacate cultivado en el departamento	Realizar un perfil químico y organoléptico para definir las características regionales del producto de acuerdo con las principales zonas de producción (teniendo en cuenta los pisos térmicos).							
		Desconocimiento del manejo de plagas y enfermedades	Estudio de evaluación del comportamiento de las principales plagas y enfermedades del cultivo en la región. Análisis de la variabilidad o resistencia de los organismos patógenos.							
		Desconocimiento del desarrollo del cultivo en la región (comportamiento fisiológico, demanda nutricional, etapas fisiológicas, necesidades hídricas, etc.)	Identificación de las etapas fenológicas del cultivo y conocimiento del comportamiento fisiológico y la demanda nutricional.							
Producción	Zonificación	Establecimiento de cultivos en zonas no aptas (a pesar de existir estudios de zonificación)	Estudio de zonificación para el establecimiento del cultivo de aguacate Hass.							
	Medioambiente	Desconocimiento de prácticas de manejo ambiental e impacto de la polinización en el rendimiento del cultivo.	Parcela demostrativa y experimental que permita evaluar el manejo sostenible del cultivo (producción limpia/orgánica) y el efecto de la polinización en los rendimientos productivos.							
		Desconocimiento del manejo de los recursos naturales en el desarrollo del cultivo	Protocolos de fertilización (edáfica y foliar) y conservación del suelo durante el cultivo del aguacate Hass.							
			Estudio de la huella hídrica del aguacate en los principales municipios.							
Impacto actividad productiva	Desconocimiento del impacto socioeconómico y ambiental del cultivo	Estudio de caracterización socioeconómica, productiva, comercial y ambiental del cultivo.								



Eslabón	Aspecto	Brecha	Posible solución o investigación	Investigaciones previas	Viabilidad de adopción	Tiempo de impacto	Capacidad de respuesta	Impacto social	Impacto ambiental	Impacto económico
Poscosecha y agroindustria	Agroindustria	Maduración acelerada de la variedad Hass asociada con los cambios de temperatura, y falta de protocolos para el manejo poscosecha	Protocolos de estandarización de procesos poscosecha (en campo y plantas de empaque) que garanticen la calidad del fruto.							
			Estudio que defina un protocolo de estandarización para la maduración del aguacate en los puertos de destino.							
			Investigación dirigida a identificar los factores que ocasionan la acelerada maduración del fruto (reduciendo la vida útil del mismo).							
			Investigación que evalúe los efectos o daños fisiológicos causados por la refrigeración y los cambios de temperatura.							
	Bajo aprovechamiento agroindustrial y escasa innovación	Estudios de identificación de alternativas de uso y valor agregado del aguacate y sus residuos, para la elaboración de subproductos innovadores.								
		Estudio de mercado para medir la posibilidad de ingreso de nuevos subproductos al mercado nacional.								
Desarrollo de al menos 1 producto innovador										
Comercialización	Logística	Elevados costos logísticos debido a los fletes internos y a los tiempos de la tramitología de exportación	Investigación de operaciones y procesos logísticos de comercialización que permitan estructurar un protocolo de distribución, y evalúe los efectos de los retrasos en la fruta de exportación.							

Fuente:

Nombre del evaluador: _____

Entidad: _____

**PLAN DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO DE
LA CADENA PRODUCTIVA
DEL AGUACATE HASS EN EL
VALLE DEL CAUCA A PARTIR
DE SUS PRINCIPALES BRECHAS
TECNOLÓGICAS**

Hace parte del Proyecto
Incremento de la competitividad
sostenible en la agricultura de
ladera en todo el departamento,
Valle del Cauca, occidente

Se editó y diagramó en la Editorial
Universidad Nacional de Colombia.

En su composición se utilizaron
caracteres Chaparral Pro

Formato de 21,5 x 28 centímetros.

Se publicó en agosto de 2021
Bogotá, D. C., Colombia.





Este proyecto es financiado por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías del Departamento Nacional de Planeación y tiene como objetivo beneficiar a 15.000 personas en el Valle del Cauca. Está orientado a incrementar la competitividad sostenible en la agricultura de ladera del Valle del Cauca, mediante procesos de investigación y desarrollo en los diferentes eslabones de la cadena productiva, que va desde la etapa inicial del cultivo hasta la etapa agroindustrial de los tres frutales seleccionados: piña MD-2, aguacate Hass y mora de Castilla.

ISBN: 978-958-794-607-9



9 789587 194607 9