

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

William Alejandro Orjuela Garzón  
María Alejandra Reyes Parga  
Angélica Piedad Sandoval

Orjuela Garzón, William Alejandro

Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva del algodón en el Departamento del Tolima / William Alejandro Orjuela Garzón, Angélica Piedad Sandoval Aldana, María Alejandra Reyes Parga -- 1ª. ed. -- Gobernación del Tolima, Universidad del Tolima, 2020.

156 p. : il., tablas, gráficas

Contenido: Caracterización de la cadena productiva de algodón a nivel nacional e internacional -- Estructura de la cadena productiva de algodón en el Departamento del Tolima -- Vigilancia tecnológica -- Análisis de brechas -- Plan prospectivo de carácter tecnológico con escenarios definidos en el mediano y largo plazo para la cadena de algodón -- Conclusiones.

ISBN: 978-958-5151-21-5

1. Algodón – Producción 2. Cultivo del algodón I. Título  
II. Sandoval Aldana, Angélica Piedad, dir. III. Reyes Parga, María Alejandra

**338.17351**

**A265**

© William Alejandro Orjuela Garzón, María Alejandra Reyes Parga y Angélica Piedad Sandoval.

© Sello Editorial Universidad del Tolima, 2020

Primera edición, 400 ejemplares.

ISBN: 978-958-5151-21-5

ISBN versión digital: 978-958-5151-22-2

Número de páginas: 156 p.

Ibagué-Tolima

Universidad del Tolima

Gobernación del Tolima

Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías.

Proyecto “Desarrollo de ventajas competitivas mediante actividades de I+D+i en ocho cadenas del sector agropecuario en el departamento del Tolima”.

waorjuelag@ut.edu.co

publicaciones@ut.edu.co

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

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

GOBERNACIÓN DEL TOLIMA

UNIVERSIDAD DEL TOLIMA

## AGENDA PROSPECTIVA

# DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA LA CADENA PRODUCTIVA DE ALGODÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

2020

## **UNIVERSIDAD DEL TOLIMA**

### **Rector**

Omar Mejía Patiño

### **Decano Facultad de Ingeniería Agronómica**

Jairo García Lozano

### **Director Oficina de Investigaciones y Desarrollo Científico**

Jonh Jairo Méndez Arteaga

### **Directora del proyecto**

Angélica Piedad Sandoval Aldana

## **GOBERNACIÓN DEL TOLIMA**

### **Gobernador**

Ricardo Orozco Valero

### **Secretario de Planeación y TIC**

Juan Pablo García Poveda

### **Secretario de Desarrollo Agropecuario y Producción Alimentaria**

Diego Arbey Matiz Garzón

### **Supervisores del convenio**

Juan Manuel Rojas Rojas

Simón Harrison Bustos Torres

## EXPERTOS PARTICIPANTES TALLERES PROSPECTIVOS

### **Giovanni Andrade**

Ingeniero agrónomo - Técnico de campo - Conalgodon

### **Sofiane Ouazaa**

PhD. en Ciencias Agrarias y del Medio Natural - Investigador PhD - Agrosavia

### **Javier Peralta**

Agricultor - Subgerente - Coagronat

### **Oscar Mendoza**

Ingeniero agrónomo - Técnico de campo - Conalgodon

### **Jairo Palma**

Ingeniero agrónomo - Asistente técnico - Remolino S.A.

### **Tulio Jaramillo**

Ingeniero agrónomo - Asistente técnico - Pajonales S.A.S.

### **Mauricio Quevedo**

MSc. en Fisiología de Cultivos - Profesional - Agrosavia

### **Javier Fernando Osorio**

PhD. en Ciencias Agrarias con énfasis en Mejoramiento Genético Vegetal - Docente - Universidad del Tolima

### **Manfreed Díaz**

Ingeniero agrónomo - Asistente técnico - FAO

### **Uldarico Pinto**

Ingeniero agrónomo - BASF QUÍMICA - Gerente semillas

### **Julián Roberto Mejía**

MSc. en Ciencias Agrarias - Investigador máster - Agrosavia

### **Tito Bacca**

PhD. en Entomología - Docente - Universidad del Tolima

### **Rafael Antonio Martínez**

Ingeniero agrónomo - Director FFA - Conalgodón

### **Buenaventura Monje**

MSc. en Entomología - Investigador máster - Agrosavia

### **Álvaro Plata**

Ingeniero agrónomo - Asistente técnico particular

### **Luis Armando Pava**

Ingeniero agrónomo - Asistente técnico agropecuario - Alcaldía de Espinal

### **Olga Cecilia Cuellar**

Economista - Secretaria de Desarrollo - Alcaldía de Espinal

### **Luis Eduardo Guzmán**

Ingeniero agrónomo - Asistente técnico particular

### **Iván Javier Pastrana**

MSc. en Ciencias Agronómicas (Fitomejoramiento) - Investigador máster asociado - Agrosavia

### **Juan Manuel Rojas**

Especialista en Gestión Empresarial - Director de Competitividad, Productividad e Innovación - Gobernación del Tolima

### **Bruno Ramírez**

Ingeniero agrónomo - Coordinador de investigación - ITFIP - Instituto Tolimense de Formación Técnica Profesional

**Omar Montenegro**

PhD. en Suelos y Agua - Investigador  
PhD - Agrosavia

**Sair Jaramillo**

Ingeniero agrónomo - Investigador -  
Agrosavia

**Jorge Luis Oviedo**

Especialista en Mercadeo Estratégico  
para el sector moda - Coordinador  
del Clúster Moda - Cámara de  
Comercio de Ibagué

**Julio César Mendoza**

Director - Cormoda

**Pablo Artunduaga**

Gerente - Tomaticos

**Rubén Perdomo**

Ingeniero agrónomo - Técnico  
misional Proyecto + ALGODÓN - FAO

**Luis Eduardo Ramos**

Coordinador de control y producción  
- Pajonales S.A.S.

**Jaime Bravo**

Exgerente de operaciones - Pajonales  
S.A.S.

**Harold Andrés Monje**

Asesor - Alcaldía de Espinal

**Francisco José Mejía**

Ingeniero agrónomo - Asistente  
técnico particular

**Juan Bautista Ramos**

Productor - Coagronat

**César Botache**

Productor - Coagronat

**César Martínez**

Productor - Coagronat

**Benito Tole**

Productor - Finca Los Altares

**ASESORES CONSULTORES DE LA CADENA****Henry Cárdenas**

Magíster en Ciencia y Tecnología  
Agroindustrial - Universidad del  
Tolima

**Teresa Santofimio**

Directora Ejecutiva - Centro de  
Productividad del Tolima

**Víctor Rubiano**

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

**Jorge Andrés Barrero**

Administrador agropecuario -  
Vigía tecnológico - Centro de  
Productividad del Tolima

**Camila Andrea Parra**

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

**Bibiana Rojas**

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

# >>CONTENIDO

|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>AGRADECIMIENTOS</b>                                                                        | <b>15</b> |
| <b>PRESENTACIÓN</b>                                                                           | <b>17</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                                                                           | <b>19</b> |
| <br>                                                                                          |           |
| <b>1 CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA DE ALGODÓN A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL</b>  | <b>22</b> |
| <br>                                                                                          |           |
| <b>1.1 ÁMBITO INTERNACIONAL</b>                                                               | <b>22</b> |
| 1.1.1 PRINCIPALES PRODUCTORES DE ALGODÓN A NIVEL MUNDIAL                                      | 23        |
| 1.1.2 CONSUMO MUNDIAL                                                                         | 24        |
| 1.1.3 TENDENCIAS DE CONSUMO MUNDIAL                                                           | 24        |
| 1.1.4 PRINCIPALES PAÍSES IMPORTADORES DE ALGODÓN A NIVEL MUNDIAL                              | 26        |
| 1.1.5 PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE ALGODÓN A NIVEL MUNDIAL                              | 27        |
| 1.1.6 COMPORTAMIENTO DE LOS PRECIOS A NIVEL MUNDIAL                                           | 28        |
| 1.1.7 PRODUCTOS DERIVADOS DE ALGODÓN                                                          | 30        |
| <br>                                                                                          |           |
| <b>1.2 ÁMBITO NACIONAL</b>                                                                    | <b>31</b> |
| 1.2.1 PRODUCCIÓN NACIONAL DE ALGODÓN                                                          | 31        |
| 1.2.2 PRODUCCIÓN DEPARTAMENTAL DE ALGODÓN                                                     | 32        |
| 1.2.3 PRODUCCIÓN MUNICIPAL DE ALGODÓN                                                         | 32        |
| 1.2.4 PRINCIPALES SOCIOS EXPORTADORES DE ALGODÓN PARA COLOMBIA SEGÚN PARTIDAS ARANCELARIAS    | 34        |
| 1.2.5 CONSUMO NACIONAL                                                                        | 34        |
| 1.2.6 EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE ALGODÓN EN LOS MERCADOS MÁS IMPORTANTES PARA COLOMBIA       | 35        |
| 1.2.7 EMPRESAS EXPORTADORAS DE ALGODÓN EN COLOMBIA                                            | 36        |
| <br>                                                                                          |           |
| <b>1.3 LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS EN LOS ÁMBITOS NACIONAL E INTERNACIONAL</b> | <b>36</b> |
| <br>                                                                                          |           |
| <b>2 ESTRUCTURA DE LA CADENA PRODUCTIVA DE ALGODÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA</b>          | <b>39</b> |
| <br>                                                                                          |           |
| <b>2.1 ESLABÓN DE PROVEEDURÍA</b>                                                             | <b>39</b> |
| <br>                                                                                          |           |
| <b>2.2 ESLABÓN DE PRODUCCIÓN</b>                                                              | <b>43</b> |

|            |                                                                                                                                              |           |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.1      | PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES DEL<br>ESLABÓN DE PRODUCCIÓN .....                                                                  | 43        |
| <b>2.3</b> | <b>ESLABÓN DE INTEGRACIÓN .....</b>                                                                                                          | <b>44</b> |
| <b>2.4</b> | <b>ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN DE FIBRA .....</b>                                                                                            | <b>44</b> |
| 2.4.1      | PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES DEL<br>ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN DE FIBRA .....                                                   | 45        |
| <b>2.5</b> | <b>ESLABÓN DE TRANSFORMACIÓN (INDUSTRIA TEXTIL -<br/>CONFECCIONES) .....</b>                                                                 | <b>45</b> |
| 2.5.1      | PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES DEL<br>ESLABÓN DE TRANSFORMACIÓN .....                                                              | 46        |
| <b>2.6</b> | <b>ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN DE PRENDAS .....</b>                                                                                          | <b>46</b> |
| 2.6.1      | PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES DEL<br>ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN DE PRENDAS .....                                                 | 47        |
| <b>2.7</b> | <b>ENTORNO ORGANIZACIONAL .....</b>                                                                                                          | <b>47</b> |
| <b>2.8</b> | <b>MARCO NORMATIVO .....</b>                                                                                                                 | <b>49</b> |
| <b>3</b>   | <b>VIGILANCIA TECNOLÓGICA .....</b>                                                                                                          | <b>51</b> |
| <b>3.1</b> | <b>REVISIÓN ACADÉMICA .....</b>                                                                                                              | <b>52</b> |
| 3.1.1      | DINÁMICA DE PUBLICACIÓN .....                                                                                                                | 52        |
| 3.1.2      | ÁREAS DE INVESTIGACIÓN .....                                                                                                                 | 53        |
| 3.1.3      | ACTORES LÍDERES .....                                                                                                                        | 57        |
| 3.1.4      | REVISIÓN ACADÉMICA PARA COLOMBIA .....                                                                                                       | 60        |
| <b>3.2</b> | <b>REVISIÓN TECNOLÓGICA .....</b>                                                                                                            | <b>62</b> |
| 3.2.1      | DINÁMICA DE PUBLICACIÓN .....                                                                                                                | 62        |
| 3.2.2      | ÁREAS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO .....                                                                                                        | 63        |
| 3.2.3      | ACTORES LÍDERES .....                                                                                                                        | 67        |
| 3.2.4      | REVISIÓN TECNOLÓGICA PARA COLOMBIA .....                                                                                                     | 70        |
| <b>3.3</b> | <b>TECNOLOGÍAS DE RUPTURA .....</b>                                                                                                          | <b>71</b> |
| <b>4</b>   | <b>ANÁLISIS DE BRECHAS .....</b>                                                                                                             | <b>73</b> |
| <b>5</b>   | <b>PLAN PROSPECTIVO DE CARÁCTER TECNOLÓGICO CON<br/>ESCENARIOS DEFINIDOS EN EL MEDIANO Y LARGO PLAZO PARA LA<br/>CADENA DE ALGODÓN .....</b> | <b>79</b> |

|             |                                                                                                                                  |            |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>5.1</b>  | <b>IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>                                                                                               | <b>79</b>  |
| <b>5.2</b>  | <b>DEFINICIÓN Y ESTADO ACTUAL DE LAS VARIABLES IDENTIFICADAS</b>                                                                 | <b>83</b>  |
| <b>5.3</b>  | <b>PRIORIZACIÓN DE VARIABLES A FACTORES CRÍTICOS</b>                                                                             | <b>87</b>  |
| <b>5.4</b>  | <b>PLANO DE PRIORIZACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS SEGÚN IMPACTO EN FUNCIÓN DE LA PREVISIBILIDAD</b>                                  | <b>90</b>  |
| <b>5.5</b>  | <b>SINTAXIS LÓGICA DE LOS FACTORES CRÍTICOS</b>                                                                                  | <b>92</b>  |
| <b>5.6</b>  | <b>ESCENARIOS AL AÑO 2030 PARA LA CADENA DE ALGODÓN</b>                                                                          | <b>93</b>  |
| 5.6.1       | ANÁLISIS MORFOLÓGICO – ESCENARIOS POSIBLES                                                                                       | 94         |
| <b>5.7</b>  | <b>NARRACIÓN DE LOS ESCENARIOS</b>                                                                                               | <b>98</b>  |
| 5.7.1       | ESCENARIO 1: FIBRA DE ALGODÓN DE ALTA CALIDAD PARA LA CONFECCIÓN DE PRODUCTOS INNOVADORES Y CIRCULARES BAJO ESTRUCTURAS DE I+D+I | 98         |
| 5.7.2       | ESCENARIO 2: LA FIBRA CONTINÚA ENREDADA, DESARTICULADA Y CON BAJA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA                                    | 99         |
| 5.7.3       | ESCENARIO 3: FIBRA INSOSTENIBLE PARA EL MERCADO NACIONAL                                                                         | 100        |
| 5.7.4       | ESCENARIO 4: FIBRA DE ALGODÓN DE CALIDAD, PERO BAJA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA EN LA CADENA                      | 101        |
| <b>5.8</b>  | <b>SISTEMA DE MATRICES DE IMPACTO CRUZADO SMIC</b>                                                                               | <b>101</b> |
| <b>5.9</b>  | <b>ESTRATEGIAS PARA ALCANZAR EL ESCENARIO APUESTA</b>                                                                            | <b>104</b> |
| <b>5.10</b> | <b>DEFINICIÓN DE LA AGENDA DE INVESTIGACIÓN</b>                                                                                  | <b>125</b> |
| 5.10.1      | DEMANDAS TECNOLÓGICAS                                                                                                            | 127        |
| 5.10.2      | DEMANDAS NO TECNOLÓGICAS                                                                                                         | 130        |
| <b>6</b>    | <b>CONCLUSIONES</b>                                                                                                              | <b>133</b> |
|             | <b>REFERENCIAS</b>                                                                                                               | <b>138</b> |
|             | <b>ANEXO 1. MODELO METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS AGENDAS PROSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO</b>   | <b>144</b> |

# >>LISTADO DE FIGURAS

|                  |                                                                                            |           |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 1</b>  | <i>Principales países importadores de fibra de algodón 2017/2018</i>                       | <b>27</b> |
| <b>Figura 2</b>  | <i>Área y producción de algodón en Colombia 2012 - 2017</i>                                | <b>32</b> |
| <b>Figura 3</b>  | <i>Producción y rendimiento por departamento 2017</i>                                      | <b>33</b> |
| <b>Figura 4</b>  | <i>Modelo de la Cadena Productiva de Algodón</i>                                           | <b>41</b> |
| <b>Figura 5</b>  | <i>Número de publicaciones por año</i>                                                     | <b>52</b> |
| <b>Figura 6</b>  | <i>Áreas de investigación</i>                                                              | <b>53</b> |
| <b>Figura 7</b>  | <i>Países líderes en investigación</i>                                                     | <b>58</b> |
| <b>Figura 8</b>  | <i>Instituciones líderes en investigación</i>                                              | <b>59</b> |
| <b>Figura 9</b>  | <i>Instituciones líderes en investigación durante los últimos tres años</i>                | <b>59</b> |
| <b>Figura 10</b> | <i>Autores líderes en investigación</i>                                                    | <b>60</b> |
| <b>Figura 11</b> | <i>Instituciones líderes en investigación en Colombia</i>                                  | <b>60</b> |
| <b>Figura 12</b> | <i>Autores líderes en investigación en Colombia</i>                                        | <b>62</b> |
| <b>Figura 13</b> | <i>Número de patentes por año</i>                                                          | <b>63</b> |
| <b>Figura 14</b> | <i>Códigos IPC más patentados</i>                                                          | <b>63</b> |
| <b>Figura 15</b> | <i>Códigos IPC con tendencia creciente en los ultimos tres años</i>                        | <b>65</b> |
| <b>Figura 16</b> | <i>Principales oficinas de propiedad industrial</i>                                        | <b>68</b> |
| <b>Figura 17</b> | <i>Principales oficinas de propiedad industrial durante los últimos tres años</i>          | <b>68</b> |
| <b>Figura 18</b> | <i>Principales aplicantes</i>                                                              | <b>69</b> |
| <b>Figura 19</b> | <i>Principales aplicantes durante los últimos tres años</i>                                | <b>69</b> |
| <b>Figura 20</b> | <i>Aplicantes en Colombia</i>                                                              | <b>70</b> |
| <b>Figura 21</b> | <i>Brechas de la cadena productiva de algodón del Tolima con respecto al líder mundial</i> | <b>74</b> |

|                  |                                                                                                  |            |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Figura 22</b> | <i>Priorización de factores críticos según impacto vs previsibilidad</i> .....                   | <b>91</b>  |
| <b>Figura 23</b> | <i>Sintaxis lógica de las variables estratégicas priorizadas para la cadena de algodón</i> ..... | <b>93</b>  |
| <b>Figura 24</b> | <i>Histograma de probabilidad de Escenarios</i> .....                                            | <b>104</b> |

# >>LISTADO DE TABLAS

|                 |                                                                                                              |           |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabla 1</b>  | <i>Principales países productores de algodón 2017/2018</i>                                                   | <b>23</b> |
| <b>Tabla 2</b>  | <i>Principales consumidores de algodón en el mundo 2017/2018</i>                                             | <b>24</b> |
| <b>Tabla 3</b>  | <i>Principales exportadores de algodón en el mundo 2017/2018</i>                                             | <b>28</b> |
| <b>Tabla 4</b>  | <i>Comparativo de los precios del Cotlook A Index 2016 - 2017</i>                                            | <b>29</b> |
| <b>Tabla 5</b>  | <i>Datos recientes del precio del algodón</i>                                                                | <b>30</b> |
| <b>Tabla 6</b>  | <i>Área, producción y rendimiento de los municipios algodóneros del Tolima 2017</i>                          | <b>33</b> |
| <b>Tabla 7</b>  | <i>Principales países compradores de algodón colombiano sin cardar o peinar 2017</i>                         | <b>34</b> |
| <b>Tabla 8</b>  | <i>Principales países compradores de algodón colombiano cardado o peinado 2017</i>                           | <b>35</b> |
| <b>Tabla 9</b>  | <i>Precio en los mercados más importantes para Colombia Algodón sin cardar o peinar</i>                      | <b>35</b> |
| <b>Tabla 10</b> | <i>Precio en los mercados más importantes para Colombia Algodón cardado o peinado</i>                        | <b>36</b> |
| <b>Tabla 11</b> | <i>Limitaciones y oportunidades identificadas para la cadena de algodón a nivel nacional e internacional</i> | <b>37</b> |
| <b>Tabla 12</b> | <i>Limitaciones y oportunidades del eslabón de producción</i>                                                | <b>43</b> |
| <b>Tabla 13</b> | <i>Listado de agremiaciones departamento del Tolima</i>                                                      | <b>44</b> |
| <b>Tabla 14</b> | <i>Limitaciones y oportunidades del eslabón de comercialización de fibra</i>                                 | <b>45</b> |
| <b>Tabla 15</b> | <i>Limitaciones y oportunidades del eslabón de comercialización de prendas</i>                               | <b>47</b> |
| <b>Tabla 16</b> | <i>Dinámica de publicación en las áreas de investigación con tendencia creciente</i>                         | <b>53</b> |
| <b>Tabla 17</b> | <i>Temas específicos de estudio por área</i>                                                                 | <b>54</b> |
| <b>Tabla 18</b> | <i>Palabras clave por año</i>                                                                                | <b>57</b> |
| <b>Tabla 19</b> | <i>Países con dinámica de publicación creciente</i>                                                          | <b>58</b> |

|                 |                                                                                                                                                                                                                               |            |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Tabla 20</b> | <i>Descripción de códigos IPC más patentados</i>                                                                                                                                                                              | <b>64</b>  |
| <b>Tabla 21</b> | <i>Descripción de códigos IPC con tendencia creciente</i>                                                                                                                                                                     | <b>65</b>  |
| <b>Tabla 22</b> | <i>Relación de patentes para las tecnologías con tendencia creciente</i>                                                                                                                                                      | <b>66</b>  |
| <b>Tabla 23</b> | <i>Relación de patentes registradas en Colombia</i>                                                                                                                                                                           | <b>70</b>  |
| <b>Tabla 24</b> | <i>Consolidación de brechas de la cadena productiva de algodón</i>                                                                                                                                                            | <b>75</b>  |
| <b>Tabla 25</b> | <i>Consolidación de limitantes y oportunidades para la cadena de algodón según los diferentes eslabones</i>                                                                                                                   | <b>80</b>  |
| <b>Tabla 26</b> | <i>Definición y estado actual de las variables identificadas</i>                                                                                                                                                              | <b>83</b>  |
| <b>Tabla 27</b> | <i>Calificación de factores críticos según impacto vs previsibilidad por parte de los expertos</i>                                                                                                                            | <b>88</b>  |
| <b>Tabla 28</b> | <i>Hipótesis de futuro para cada factor crítico</i>                                                                                                                                                                           | <b>95</b>  |
| <b>Tabla 29</b> | <i>Hipótesis elegidas por los expertos para constituir los cuatro escenarios</i>                                                                                                                                              | <b>97</b>  |
| <b>Tabla 30</b> | <i>Lista de hipótesis y etiquetas</i>                                                                                                                                                                                         | <b>102</b> |
| <b>Tabla 31</b> | <i>Probabilidades simples ajustadas para cada hipótesis de futuro según expertos consultados</i>                                                                                                                              | <b>102</b> |
| <b>Tabla 32</b> | <i>Probabilidades condicionadas netas positivas para el grupo de expertos consultados</i>                                                                                                                                     | <b>103</b> |
| <b>Tabla 33</b> | <i>Probabilidades condicionadas netas negativas para el grupo de expertos consultados</i>                                                                                                                                     | <b>103</b> |
| <b>Tabla 34</b> | <i>Escenarios más probables al año 2030 para la cadena de algodón</i>                                                                                                                                                         | <b>104</b> |
| <b>Tabla 35</b> | <i>Reto de futuro para cada factor crítico</i>                                                                                                                                                                                | <b>105</b> |
| <b>Tabla 36</b> | <i>Árbol de pertinencia para el factor crítico “Tecnologías de agricultura de precisión para optimizar la productividad y realizar seguimiento fisiológico, sanitario y edáfico y estimación de rendimientos del cultivo”</i> | <b>108</b> |
| <b>Tabla 37</b> | <i>Árbol de pertinencia para el factor crítico “Investigación, Desarrollo e Innovación en manejo integrado de suelos y nutrición”</i>                                                                                         | <b>111</b> |
| <b>Tabla 38</b> | <i>Árbol de pertinencia para el factor crítico “Investigación y Desarrollo en tecnologías para el manejo integrado de arvenses, plagas y enfermedades”</i>                                                                    | <b>114</b> |

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                          |            |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Tabla 39</b> | <i>Árbol de pertinencia para el factor crítico “Aprovechamiento de la semilla y demás subproductos del cultivo de algodón para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables”</i> | <b>117</b> |
| <b>Tabla 40</b> | <i>Árbol de pertinencia para el factor crítico “Investigación, Desarrollo e innovación para la integración de la cadena algodón - textil - confecciones”</i>                                                                                             | <b>120</b> |
| <b>Tabla 41</b> | <i>Árbol de pertinencia para el factor crítico “Cobertura y calidad de la asistencia técnica y extensión agropecuaria especializada en el manejo del cultivo de algodón”</i>                                                                             | <b>123</b> |
| <b>Tabla 42</b> | <i>Demandas tecnológicas y no tecnológicas</i>                                                                                                                                                                                                           | <b>126</b> |
| <b>Tabla 43</b> | <i>Investigación, Desarrollo e innovación en genotipos con fibra de alta calidad adaptados a las condiciones agroecológicas del Tolima (INVEGEN)</i>                                                                                                     | <b>127</b> |
| <b>Tabla 44</b> | <i>Proyectos definidos para la demanda Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para el uso eficiente del agua (INVEAGUA)</i>                                                                                                               | <b>128</b> |
| <b>Tabla 45</b> | <i>Proyectos definidos para la demanda Tecnologías para la obtención de algodones más limpios (TECLIMPI)</i>                                                                                                                                             | <b>128</b> |
| <b>Tabla 46</b> | <i>Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo de tecnologías para la disminución del impacto ambiental (AMBIENT)</i>                                                                                                                 | <b>129</b> |
| <b>Tabla 47</b> | <i>Proyectos definidos para la demanda Tecnologías de arbitraje en porcentaje de desmote y calidad de la fibra (FIBRACAL)</i>                                                                                                                            | <b>129</b> |
| <b>Tabla 48</b> | <i>Proyectos definidos para la demanda Aprovechamiento de la fibra de algodón para el desarrollo de productos de valor agregado para la industria de aseo (APROFIBR)</i>                                                                                 | <b>130</b> |
| <b>Tabla 49</b> | <i>Proyectos definidos para las demandas no tecnológicas</i>                                                                                                                                                                                             | <b>131</b> |

## >> AGRADECIMIENTOS

---

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

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

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

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

---

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

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

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

**José Ricardo Orozco Valero**  
**Gobernador del departamento del Tolima**



# >>PRESENTACIÓN

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

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

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

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



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

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

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

# >>INTRODUCCIÓN

El algodón (*Gossypium hirsutum* L) es la fibra natural más utilizada en el mundo y representa aproximadamente el 30% de toda la empleada en el sector textil. Se usa en una amplia gama de ropa, especialmente en camisas, camisetas y jeans, pero también en abrigos, chaquetas, ropa interior y prendas de base. A nivel mundial, alrededor de 30 millones de hectáreas están plantadas con algodón, que representan más del 2% del total de tierra cultivable y producen alrededor de 25 millones de toneladas métricas anualmente (CBI - Ministry of Foreign Affairs, 2018).

El cultivo forma parte de un sistema agrot Textil que abarca toda la cadena de valor, en el que participan numerosos actores y que culmina con la producción y comercialización de bienes que posibilitan a agricultores, artesanos y vendedores obtener ingresos que les permiten acceder a servicios, educación y alimentación para mejorar sus medios de vida (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, 2018a).

En cuanto a la industria textil, la tela es el segmento más lucrativo, debido a que es el material más utilizado en el mercado. El hilo ocupa el segundo lugar, ya que se utiliza principalmente, para la fabricación de productos artesanales, generalmente de alta calidad y mayor precio. Se pronostica que el rendimiento del mercado de textiles tendrá una tasa de crecimiento anual compuesto del 0,5% entre 2018 – 2023, se espera que alcance un valor de USD 692,0 mil millones para finales de 2023. Comparativamente, los mercados de Asia-Pacífico y Estados Unidos crecerán con tasas de 0,3% y 1,2% respectivamente, durante el mismo periodo, para alcanzar valores respectivos de USD 368,3 mil millones y USD 86,3 mil millones en 2023 (Marketline, 2019).

La cadena productiva de algodón en el Tolima, como en Colombia, se caracteriza por una disminución significativa del área sembrada. Se pasó de sembrar alrededor de 100.000 ha en 1980, a tan solo 8.000 ha en la actualidad (Agronet, 2019). Así mismo, la fluctuación en el precio de la fibra en la Bolsa de Valores de Nueva York es un factor que genera constante incertidumbre a los productores, quienes deben afrontar, créditos con los almacenes de insumos, arriendos, el pago del uso del agua y altos costos de preparación de la tierra. A pesar de ello, el algodón del Tolima sobresale por su excelente calidad y cuenta con una fuerte presencia institucional que quiere apostarle al aumento del área sembrada y de la productividad y a la agregación de valor, buscando incorporar el eslabón perdido de la cadena: la hilandería (Agronegocios, 2019a).



Las tecnologías de agricultura de precisión para optimizar la productividad y realizar seguimiento fisiológico, sanitario, edáfico y estimación de rendimientos del cultivo, así como las acciones de Investigación, Desarrollo e innovación en manejo de suelos, nutrición, plagas y enfermedades, soportadas en procesos de asistencia técnica especializada en el cultivo de algodón, son aspectos críticos para mejorar la productividad de este región productivo. Así mismo, es necesario generar productos y procesos de mayor valor agregado que le permitan a la cadena sostenerse en el mercado nacional y mundial, basados en la integración de la cadena algodón textil - confecciones y lograr un aprovechamiento integral del cultivo a través del uso de la semilla y demás subproductos para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables.

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

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

El tercer apartado consiste en el estudio de vigilancia tecnológica para la cadena de algodón, que comprende las tendencias en investigación y desarrollo científico y tecnológico para el producto a nivel nacional e internacional. La cuarta parte de este estudio incluye un análisis de brechas, donde se valoró la condición del departamento respecto al líder mundial, con base en indicadores como porcentaje del costo de los insumos en el total de los costos de producción, producción de fibra de algodón, rendimiento, costos de

producción, desarrollo tecnológico y desarrollo de comercio internacional de productos con valor agregado, permitiendo identificar las brechas presentes en la cadena productiva con respecto al mundo.

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



## CAPÍTULO

# 1

## CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA DE ALGODÓN A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL



### 1.1. ÁMBITO INTERNACIONAL

Según un estudio del Fondo Mundial para la Naturaleza - WWF, por sus siglas en inglés, solo el 2,4% de las tierras cultivables del mundo es plantada con algodón. Sin embargo, este cultivo abarca el 24% de todas las ventas de insecticidas y el 11% de pesticidas (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2019). Además, el algodón impacta la fuente de ingreso de alrededor de 350 millones de personas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, 2017).

Los datos más recientes sugieren un incremento en el consumo de aproximadamente 2,71 millones de toneladas del 2015 al 2017 (Confederación Colombiana de Algodón - Conalgodon, 2019). Según el Comité Consultivo Internacional del Algodón, más del 80% de la producción mundial está concentrada entre India, China, Estados Unidos, Brasil, Pakistán y Turquía. El rendimiento promedio mundial de algodón experimentó un importante crecimiento en 2016/2017, pasando de 700 a 783 kilogramos de fibra por hectárea, en promedio. Este aumento del 12% se debió, en gran medida, a las mejores condiciones climáticas y a una menor presión de las plagas en algunas regiones (Carvalho y Ruiz, 2018).

### 1.1.1. PRINCIPALES PRODUCTORES DE ALGODÓN A NIVEL MUNDIAL

El mercado mundial del algodón ha experimentado cambios importantes en los últimos años. En 2011/2012, se registró el récord histórico de producción de 27,9 millones de toneladas, como respuesta a los altos precios internacionales de la fibra observados en la temporada 2010/2011. Sin embargo, la producción de fibra de algodón ha disminuido continuamente a un ritmo promedio de 800 mil toneladas/año en el mismo periodo, hasta alcanzar la cifra de 23 millones de toneladas en 2016/2017 (Carvalho y Ruiz, 2018). Por otro lado, en el periodo 2017/2018, se alcanzó una producción mundial de 26,72 millones de toneladas (Conalgodon, 2019).

A nivel internacional, la producción actual de algodón se concentra, mayoritariamente, en Asia y África, donde el primero representa el 62,3% de la producción mundial, gracias a países productores como India, China y Pakistán (FAO, 2017).

India es uno de los referentes en la producción mundial de algodón, registrando 6,35 millones de toneladas. En segundo lugar, se ubica China con 5,89 millones de toneladas. Estados Unidos ocupa la tercera posición con 4,56 millones de toneladas, tal como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Principales países productores de algodón 2017/2018*

| <b>País</b>    | <b>Producción en millones de toneladas</b> |
|----------------|--------------------------------------------|
| India          | 6,35                                       |
| China          | 5,89                                       |
| Estados Unidos | 4,56                                       |
| Brasil         | 2,1                                        |
| Pakistán       | 1,8                                        |
| Turquía        | 1,0                                        |

*Fuente:* Elaboración propia con datos de Conalgodon (2019)

India es desde la temporada 2015/2016, el mayor productor de fibra de algodón del mundo, la superficie algodонера en este país ha aumentado significativamente en la última década, pasando de 9,4 millones de hectáreas en 2008/2009, a 11,6 millones de hectáreas en 2017/2018 (Carvalho y Ruiz, 2018).

Por otro lado, Brasil sigue siendo el mayor productor de América Latina y el Caribe, donde su producción representa el 87% del total del continente.

La revolución de la industria algodonera de este país se debió a las acciones de Investigación y Desarrollo en variedades y tecnologías, la potencialización de las asociaciones, los procesos cooperativos y el perfeccionamiento de su sistema productivo, así se convirtieron en grandes productores algodoneros.

### 1.1.2. CONSUMO MUNDIAL

El consumo mundial de fibra de algodón se ha venido recuperando y promedió un total de 24,5 millones de toneladas en 2016/2017 (un incremento del 10% frente a 2011/2012). Con un precio internacional competitivo y en alza, el crecimiento del consumo mundial de algodón en 2017/2018 alcanzó 26,8 millones de toneladas (Carvalho y Ruiz, 2018). La Tabla 2 muestra los principales consumidores de algodón en el mundo.

**Tabla 2**

*Principales consumidores de algodón en el mundo 2017/2018*

| País           | Consumo en millones de toneladas |
|----------------|----------------------------------|
| China          | 9,20                             |
| India          | 5,20                             |
| Pakistán       | 2,35                             |
| Bangladesh     | 1,66                             |
| Turquía        | 1,63                             |
| Vietnam        | 1,53                             |
| Estados Unidos | 0,77                             |
| Brasil         | 0,72                             |

*Fuente:* Elaboración propia con datos de Conalgodon (2019)

Como se evidencia en la Tabla 2, el consumo de fibra de algodón se concentra en un número reducido de países, China es el mayor consumidor del mundo con más de 9 millones de toneladas en 2017/2018. India ocupó el segundo lugar, con un consumo promedio de 5,2 millones de toneladas. Pakistán (2,35 millones de toneladas), Bangladesh (1,66 millones de toneladas) y Turquía (1,63 millones de toneladas) ocuparon el tercer, cuarto y quinto puesto, respectivamente. Estos cinco países representan el 75% del consumo mundial de algodón.

### 1.1.3. TENDENCIAS DE CONSUMO MUNDIAL

- *Preferencia del consumidor por prendas de algodón*

En el agronegocio de la fibra de algodón, es necesario tener en cuenta que esta compete en el mercado con otro tipo de fibras utilizadas en la industria textil, como las sintéticas, artificiales, lanas, lino, entre otras. Sin embargo, el

algodón está cubriendo el 30% de las necesidades textiles del mundo en un 2,5% de los recursos de tierras agrícolas (Cotton Incorporated, 2019b).

El 82% de los consumidores prefieren que su ropa esté hecha de algodón y mezclas de algodón, el 91% dice que el algodón es seguro para el medio ambiente y el 78% afirma que las etiquetas de “algodón 100%” influyen en sus compras de ropa. Por otra parte, 9 de cada 10 consumidores expresan que la comodidad es importante a la hora de escoger ropa y el 80% considera que las prendas hechas de algodón son las más cómodas. Sin embargo el algodón tiene usos y valor más allá de la fibra, en forma de aceite (de semilla de algodón) y harina, así como otros subproductos vegetales, que agregan USD 1 mil millones al año (Cotton Incorporated, 2019b).

#### - *Algodón orgánico*

Este producto ha tomado fuerza en los últimos años. Su producción representa alrededor del 1% de la oferta mundial de la fibra, con más de 350.000 ha. En 2015, fueron cosechadas 308.000 toneladas de este algodón. La mayor parte de la superficie orgánica se concentra en India con 277.000 ha. Se resalta que entre los años 2011 y 2014, el área sembrada no se incrementó en más del 8%, mientras que entre 2014 y 2015, el área aumentó en un 59% (Carvalho y Ruiz, 2018).

El algodón orgánico debe cultivarse sin el uso de semillas transgénicas, insecticidas y pesticidas (Abbasi, 2019). En los últimos 20 años su producción creció de 5.507 t (temporada 1996/1997) a 118.000 t (temporada 2015/2016), a una tasa promedio de 14,19%. La proporción global de la producción de algodón orgánico en 2016 fue de 0,4%, en ese mismo año había 8.303 centros de certificación orgánica y de 50 a 60 marcas comercializando en todo el mundo. Finalmente, el consumo mundial de productos textiles hechos de algodón orgánico en la temporada 2013/2014 ha crecido en un 67% con respecto a la temporada anterior y llegó a registrar ventas totales de USD 15,7 billones (SOCILA - Support Organic Cotton in Latin America, 2019). A nivel de marketing y consumo, algunos estudios han mostrado que la intención de compra por parte de jóvenes compradores de prendas orgánicas (Khare y Varshneya, 2017), se ve afectado por los sellos orgánicos y la percepción de calidad de las prendas elaboradas con esta materia prima (Tong y Su, 2018).

#### - *Algodón sustentable*

El algodón sostenible se refiere a aquel que se cultiva con intentos conscientes de limitar el impacto en el medio ambiente y apoyar los medios

de vida de las comunidades de productores viables (Radhakrishnan, 2017). Los beneficios ambientales del cultivo sostenible del algodón incluyen la mejora de la salud del suelo, la preservación de la biodiversidad y la reducción en el uso de agua, fertilizantes y pesticidas químicos. Los beneficios sociales y económicos incluyen promover el trabajo decente para los agricultores, trabajadores y comunidades, ayudándolos a alcanzar una mayor rentabilidad y aumentando la confianza, entre los consumidores (Illge y Preuss, 2012).

Hay muchos programas, estándares y códigos que clasifican la sostenibilidad del algodón. Entre estos se encuentran *Better Cotton Initiative - BCI*, *Cotton Made in África - CmiA*, algodón de comercio justo, algodón reciclado - RSC y algodón orgánico (Programa Orgánico Nacional del USDA - NOP, en EE. UU.; Reglamento Orgánico de la Unión Europea; Programa nacional de APEDA para la producción orgánica - NPOP, en India; Estándar de contenido orgánico - OCS, de Textile Exchange, y el Estándar Global de Algodón Orgánico - GOTS, que proporciona además garantía de cadena de custodia desde la granja hasta el producto final, con criterios sociales y ambientales de procesamiento textil) (CBI - Ministry of Foreign Affairs, 2018).

#### - *Algodón de colores*

En los últimos años, las variedades de colores (blanco, café, verde y azul) han sido nuevamente objeto de interés de la industria, como consecuencia de la elevada contaminación que se genera en el proceso de teñido de las prendas de algodón y la toxicidad causada por el uso de colorantes sintéticos (Hidayat et al., 2020). Se ha descubierto que el color de la fibra es una característica genéticamente controlable y que la acumulación de pigmentos en el lumen se da antes del inicio de apertura del capullo. La pigmentación aparece en días diferentes, dependiendo de la variedad y de la exposición al sol (Carvalho y Ruiz, 2018). Se ha reportado también propiedades antibacteriales y antioxidantes de este tipo de fibra de colores (Wang, Ma, y Zhou, 2019), que pueden ser usadas en mezclas con otras fibras para aplicarse en textiles para el hogar, ropa informal, telas de tapicería y en todos los posibles reemplazos de textiles teñidos sintéticos (Rathinamoorthy y Parthiban, 2019).

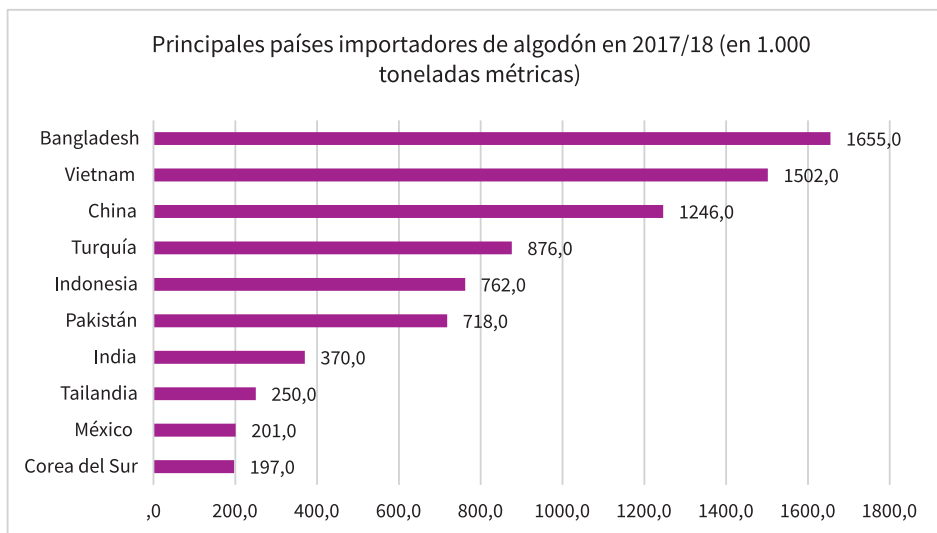
### **1.1.4. PRINCIPALES PAÍSES IMPORTADORES DE ALGODÓN A NIVEL MUNDIAL**

Después de dos años consecutivos de contracción, las importaciones mundiales de fibra de algodón aumentaron en un 7%, para un total de 8,1 millones de toneladas en 2016/2017 (Carvalho y Ruiz, 2018).

Para 2017/2018, se importaron un total de 8,9 millones de toneladas a nivel mundial. Como se observa en la Figura 1, Bangladesh es el mayor importador de fibra de algodón, seguido por Vietnam y China. Estos tres países representaron el 49% de las importaciones totales.

**Figura 1**

*Principales países importadores de fibra de algodón 2017/2018*



Fuente: Elaboración propia con datos de Statista (2019)

Vietnam produce muy poco algodón, ya que este compite con otros cultivos que tienen un mayor valor comercial para la exportación, como la pimienta, el arroz y el café. En consecuencia, este país se ve obligado a importar fibra de algodón de otras naciones para satisfacer sus necesidades. El consumo de fibra de este país es casi cinco veces superior al registrado hace diez años (Carvalho y Ruiz, 2018).

Las tendencias de importación deberían reflejar las perspectivas del consumo. Los países consumidores dependen parcialmente de las importaciones para hilatura. Se prevé que las importaciones mundiales de algodón en 2018/2019 aumenten en un 3% en comparación con la campaña 2017/2018 (FAO, 2018b).

### **1.1.5. PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE ALGODÓN A NIVEL MUNDIAL**

Las exportaciones de fibra de algodón para 2017/2018 alcanzaron un total de 8,9 millones de toneladas, sobrepasando los 8,2 millones de toneladas exportadas en el periodo anterior (Conalgodon, 2019). En la Tabla 3, se

evidencia que las exportaciones mundiales de algodón fueron lideradas por Estados Unidos, concentrando el 40%, que corresponde a 3,5 millones de toneladas. El segundo mayor exportador es India, con un total de 1,1 millones de toneladas. Brasil, por su parte, tiene una participación del 10% de las exportaciones mundiales y es el principal exportador de Suramérica.

**Tabla 3**

*Principales exportadores de algodón en el mundo 2017/2018*

| <b>País</b>    | <b>Cantidad de fibra exportada (millones de toneladas)</b> |
|----------------|------------------------------------------------------------|
| Estados Unidos | 3,5                                                        |
| India          | 1,1                                                        |
| Brasil         | 0,9                                                        |
| Australia      | 0,9                                                        |
| Burkina        | 0,3                                                        |
| Mali           | 0,3                                                        |
| Grecia         | 0,2                                                        |
| Uzbekistán     | 0,2                                                        |

*Fuente:* Elaboración propia con datos de Conalgodon (2019)

Estados Unidos es el mayor exportador, el tercer productor y el séptimo consumidor de fibra de algodón a nivel mundial. En 2017/2018, la superficie algodonera de Estados Unidos aumentó 4,6 millones de hectáreas, como respuesta a los altos precios internacionales, los cuales influyeron en la decisión de siembra de este cultivo por parte de los productores, lo que se vio reflejado en el incremento de las exportaciones.

En la última década, las exportaciones de algodón de Brasil casi se han duplicado, y gracias a sus excedentes en producción, el país se ha convertido en un exportador neto de la fibra. Sus principales mercados son Indonesia, Corea del Sur, Vietnam, Turquía, Pakistán y China, entre otros (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, 2019).

### **1.1.6. COMPORTAMIENTO DE LOS PRECIOS A NIVEL MUNDIAL**

Con respecto a los precios internacionales del algodón en 2017, pasaron de 77 centavos de dólar la libra de fibra a 88 centavos de dólar, al finalizar el año (FAO, 2018b).

Cotton Outlook ha publicado los precios representativos del algodón crudo durante más de cincuenta años. En 1966, se introdujo el precursor de lo que ahora es el Cotlook A Index (Índice A), que tiene como objetivo ser representativo en cuanto al nivel de precios de oferta en el mercado internacional de algodón crudo (Cotton Outlook, 2019).

Cotlook A Index es un promedio de las cinco cotizaciones más baratas de una selección de 18 de los principales algodones comercializados internacionalmente, para identificar aquellos crecimientos que son los más competitivos y, por lo tanto, es probable que se negocien en la mayor parte del volumen.

Al realizar un comparativo de los precios del Cotlook A Index de 2017 a 2016, se observa un incremento de los precios de las cotizaciones de la fibra del 12,2%, pasando de 65,51 centavos de dólar por libra en promedio en 2016, a 73,51 centavos de dólar por libra en 2017, en promedio, como lo muestra la Tabla 4.

A finales de mayo de 2018, el precio de referencia internacional para el algodón cruzó la marca de un dólar por libra por primera vez en más de seis años. El promedio de la temporada de 88 centavos por libra, refleja un aumento del 6% sobre el promedio de la temporada anterior (International Cotton Advisory Committee - ICAC, 2018).

**Tabla 4**

Comparativo de los precios del Cotlook A Index 2016 - 2017

| Mes        | Cotlook A Index mensual 2016<br>(centavos de dólar por libra) | Cotlook A Index mensual 2017<br>(centavos de dólar por libra) | Var.   |
|------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------|
| Enero      | 61,789                                                        | 73,67                                                         | 19%    |
| Febrero    | 59,273                                                        | 75,269                                                        | 27%    |
| Marzo      | 58,462                                                        | 77,353                                                        | 32,30% |
| Abril      | 61,66                                                         | 77,021                                                        | 24,90% |
| Mayo       | 62,14                                                         | 78,594                                                        | 26,50% |
| Junio      | 64,03                                                         | 74,493                                                        | 16,30% |
| Julio      | 69,746                                                        | 70,16                                                         | 0,60%  |
| Agosto     | 69,8                                                          | 70,03                                                         | 0,30%  |
| Septiembre | 68,502                                                        | 71,336                                                        | 4,10%  |
| Octubre    | 69,163                                                        | 68,349                                                        | -1,20% |
| Noviembre  | 70,51                                                         | 70,396                                                        | -0,20% |
| Diciembre  | 71,15                                                         | 75,461                                                        | 6,10%  |
| Promedio   | 65,519                                                        | 73,511                                                        | 12,2%  |

Fuente: Elaboración propia con datos de Conalgodon (2019)

Posteriormente, el Índice A disminuyó de 88 a 82 centavos por libra. En cuanto a las pérdidas para el Índice de algodón de China (Índice CC), los niveles disminuyeron de 106 a 104 centavos por libra, en términos internacionales, pero se mantuvieron estables en términos domésticos (cerca de 15.600 RMB / tonelada), como se evidencia en la Tabla 5.

**Tabla 5***Datos recientes del precio del algodón*

| Centavo USD/lb | Último Valor (mayo 10) | Último mes (abril) | Últimos 12 meses (mayo 18 - abril 19) |
|----------------|------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| NY             | 68,4                   | 77,2               | 79,8                                  |
| Índice A       | 80,7                   | 87,2               | 89,0                                  |
| Índice CC      | 104,1                  | 106                | 106,9                                 |
| Indian Spot    | 82,8                   | 84,7               | 82,1                                  |
| Pakistani Spot | 76,2                   | 75,8               | 78,6                                  |

*Fuente: Cotton Incorporated (2019a)*

### 1.1.7. PRODUCTOS DERIVADOS DE ALGODÓN

El algodón es una fibra versátil y popular, con la que se fabrican principalmente hilos y telas que poseen varios usos. Sin embargo, esta materia prima puede ser empleada para la fabricación de otros productos derivados como son:

- Mezclado con toda una variedad de otras fibras (lana, seda, poliéster, nylon, spandex, bambú etc.) para crear telas con diferentes tactos, apariencia y cualidades, todas ellas con un diferente uso. Si se mezcla con poliéster, nylon y/o spandex puede adquirir elasticidad, muy útil para ropa deportiva. Si se mezcla con lana o seda, adquiere una muy buena calidad, típica de productos de alta gama, como jerseys, camisetas, vestidos y prendas de vestir para hombres y mujeres, en el caso de la mezcla con bambú, muestra propiedades de confort cercanas a fibras puras de algodón (Aruchamy et al., 2020; Bansal et al., 2020; Zhu et al., 2011).
- Aceite de semilla de algodón: Se obtiene de las cápsulas contenidas en las fibras del algodón (*Gossypium hirsutum* L.) (Madhaven, 2001). El contenido en aceite de la semilla es aproximadamente de un 18%. Este es refinado, tiene un color amarillo dorado y olor característico, se usa principalmente en el sector veterinario y también en formulaciones cosméticas (Yea et al., 2019).
- Productos cosméticos: Muchos productos de aseo personal y para el hogar están hechos con algodón, como por ejemplo, los hisopos, las motas desmaquilladoras, los aplicadores de maquillaje, los trapeadores y los paños para limpiar superficies (Matijević et al., 2019; Yulina et al., 2020).
- Biocombustibles: a partir del aceite de semilla de algodón y aplicando otros procesos químicos como la catálisis, se puede obtener biodiesel, con altas propiedades de ácidos grasos insaturados (Altun et al., 2011), el potencial

para la producción de este tipo de productos, ha hecho que en países como Estados Unidos, el mercado del algodón se vea afectado por la producción de biocombustibles (especialmente en el aumento del valor de la fibra de algodón)

- Alimentación animal: algunos desechos del desmote de algodón y las semillas de algodón, son empleados para la alimentación animal. En el primer caso se inoculan *Trichoderma* en diferentes niveles de humedad para la producción de celulosa y xilanas para la alimentación de ganado bovino (Bathini y Balakrishnan, 2019). Para el segundo caso se ha analizado el contenido de gopiol, la materia seca, el contenido proteico, la fibra cruda y el contenido de ceniza en la semilla de algodón como materia prima para la elaboración de pienso compuesto (Kaya y Ustaoglu, 2009).

Organizaciones como Cotton Incorporated trabajan en el desarrollo de innovacionestextiles para telas de algodón especializadas que tienen capacidad de absorción de agua, secado rápido e impermeabilidad, permitiendo que el algodón compita mejor con los sintéticos.

## 1.2. ÁMBITO NACIONAL

### 1.2.1. PRODUCCIÓN NACIONAL DE ALGODÓN

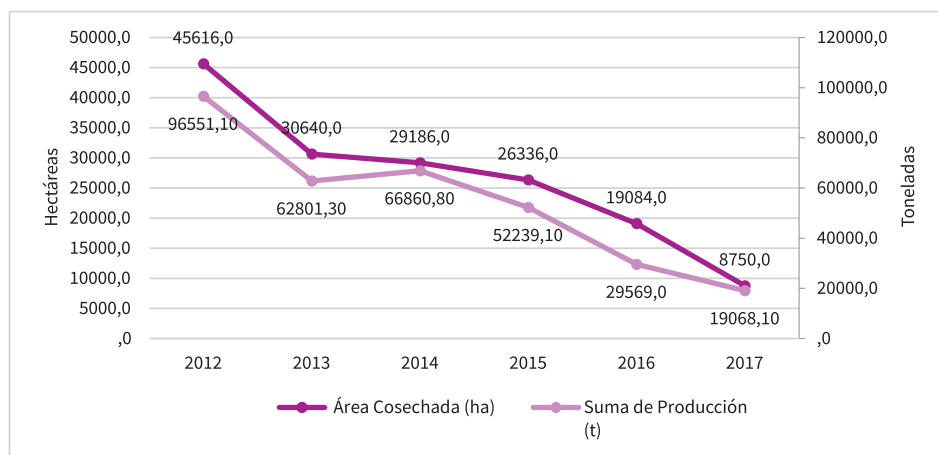
Respecto a la producción de fibra, es necesario tener presente que en Colombia el cultivo de algodón se realiza en dos temporadas de siembra. En la Costa Atlántica, las siembras se llevan a cabo entre los meses de agosto a octubre y la cosecha finaliza en marzo del año siguiente. Por otro lado, en el interior las siembras empiezan en febrero y se extienden hasta abril, la cosecha se obtiene entre julio y agosto del mismo año.

En Colombia, la producción de algodón se concentra en los departamentos de Córdoba, Tolima, Huila, Bolívar, Cundinamarca, Valle del Cauca, Cesar y Antioquia. Hace cuatro décadas se sembraban cerca de 400.000 hectáreas. Ese número bajó a unas 45.000 ha para 2012 y 2017 cerró con menos de 10.000 ha (Bolsa Mercantil de Colombia, 2018).

Desde el año 2012, se ha venido presentando un decrecimiento constante en el área y la producción de algodón en Colombia (Figura 2).

**Figura 2**

*Área y producción de algodón en Colombia 2012 - 2017*



Fuente: *Elaboración propia con datos de Agronet (2019)*

A pesar de la significativa reducción en el área cultivada, la industria del algodón sigue siendo un renglón importante para la economía agrícola del país (Mejía-Salazar et al., 2020).

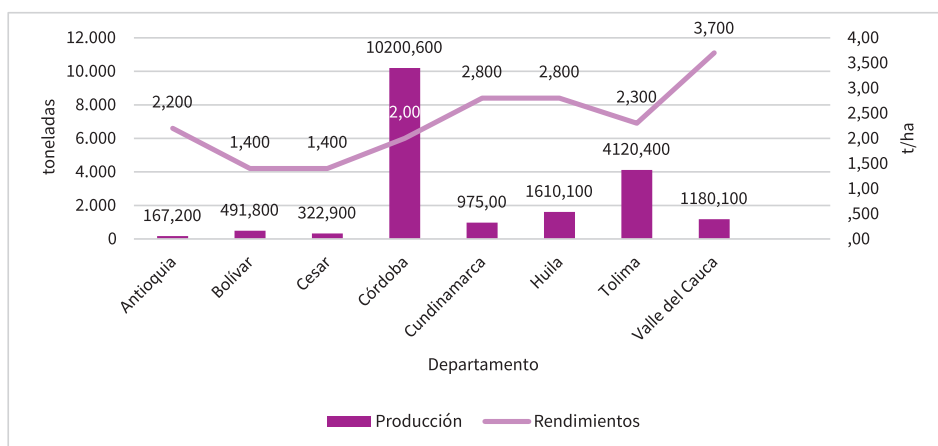
### 1.2.2. PRODUCCIÓN DEPARTAMENTAL DE ALGODÓN

En el año 2017, el 90% de la producción de algodón se concentró en los departamentos de Córdoba (53,5%), Tolima (21,6%), Huila (8,5%) y Valle del Cauca (6%). Se debe resaltar el rendimiento de producción obtenido por los departamentos de Valle del Cauca (3,7 t/ha), Huila y Cundinamarca (2,8 t/ha) y Tolima (2,3 t/ha) (Figura 3).

En el año 2017, el departamento del Tolima reportó un total de 1.777 ha de área sembrada y 1.741 ha de área cosechada (Agronet, 2019).

### 1.2.3. PRODUCCIÓN MUNICIPAL DE ALGODÓN

Dentro de los municipios productores de algodón en el Tolima, se encuentra Espinal como referente, el cual registró, para el año 2017, la mayor producción de la fibra, con 2.295 toneladas, que representan el 56% del total del departamento. En segundo y tercer lugar, se ubicaron Flandes y Natagaima, que representan el 15 % y el 9%, respectivamente (Tabla 6).

**Figura 3***Producción y rendimiento por departamento 2017*

Fuente: Elaboración propia con datos de Agronet (2019)

**Tabla 6***Área, producción y rendimiento de los municipios algodoneros del Tolima 2017*

| Municipio | Área sembrada | Área cosechada | Producción (t) | Rendimiento (t/ha) |
|-----------|---------------|----------------|----------------|--------------------|
| San Luis  | 50            | 50             | 100            | 2                  |
| Ibagué    | 50            | 48             | 121            | 2,5                |
| Ambalema  | 44            | 44             | 122            | 2,8                |
| Coello    | 95            | 90             | 239            | 2,65               |
| Guamo     | 143           | 143            | 257            | 1,8                |
| Natagaima | 197           | 168            | 370            | 2,2                |
| Flandes   | 280           | 280            | 616            | 2,2                |
| Espinal   | 918           | 918            | 2.295          | 2,5                |

Fuente: Elaboración propia con datos de Agronet (2019)

Una de las grandes empresas que cultivan algodón en el Tolima es la Organización Pajonales, la cual tiene sus cultivos ubicados en el norte del departamento, bajo sistema de riego, nivelación láser y seguimiento fisiológico, apoyado en el registro de variables climatológicas mediante estaciones meteorológicas conectadas a internet (Organización Pajonales S.A.S., 2019). Esta compañía, utiliza semillas con avances en biotecnología en el manejo de plagas y arvenses, así como sistemas de recolección mecanizada de cosechas, donde se incluyen equipos especializados.

Desde el 2015 se inició la siembra de algodón transgénico en la región (95% del área), lo que permitió lograr indicadores históricos en productividad (Portafolio, 2015). Remolino S.A., Coagronat y desmotadora Emprenorte son las principales desmotadoras y comercializadoras de algodón en el Tolima.

### 1.2.4. PRINCIPALES SOCIOS EXPORTADORES DE ALGODÓN PARA COLOMBIA SEGÚN PARTIDAS ARANCELARIAS

A continuación, se desglosan las cantidades exportadas por Colombia hacia diferentes países. En la Tabla 7, se muestran los principales países compradores de algodón colombiano sin cardar o peinar (código arancelario 5201) para el año 2017. Se evidencia que Indonesia fue el mayor socio comercial de Colombia, con un volumen exportado de 1.074 t.

**Tabla 7**

*Principales países compradores de algodón colombiano sin cardar o peinar 2017*

| Importadores | 2015         |             | 2016         |             | 2017         |             |
|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|              | Cantidad (t) | Valor (USD) | Cantidad (t) | Valor (USD) | Cantidad (t) | Valor (USD) |
| Mundo        | 600          |             | 2.399        | 3.943       | 1.074        | 1.469       |
| Indonesia    | -            | -           | -            | -           | 1.074        | 1.469       |
| Perú         | 407          |             | 2.339        | 3.842       | -            | -           |
| Chile        | 77           |             | -            | -           | -            | -           |
| Bolivia      | 116          |             | -            | -           | -            | -           |
| Ecuador      | -            | -           | 60           | 101         | -            | -           |

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

Por otro lado, en cuanto al código arancelario 5203 (Algodón cardado o peinado), se evidencia que en 2017 se exportaron un total de 278 t, con destino a España, Ecuador, Chile y Venezuela. España es el principal destino, como lo muestra la tabla 8, mientras que Ecuador y Venezuela son compradores constantes.

### 1.2.5. CONSUMO NACIONAL

El consumo de fibra nacional se ha reducido significativamente y el país atraviesa grandes dificultades de competitividad y problemas de contrabando provenientes de países como Venezuela y China (Monsalve et al., 2017). En el 2017, el consumo aparente de algodón permaneció constante en relación con el 2016, con un total de 45.000 t (Conalgodon, 2019).

**Tabla 8***Principales países compradores de algodón colombiano cardado o peinado 2017*

| Importadores | 2015         |             | 2016         |             | 2017         |             |
|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|              | Cantidad (t) | Valor (USD) | Cantidad (t) | Valor (USD) | Cantidad (t) | Valor (USD) |
| Mundo        | 834          | 818         | 269          | 307         | 278          | 352         |
| Ecuador      | 40           | 75          | 87           | 117         | 95           | 138         |
| Chile        | -            | -           | -            | -           | 23           | 33          |
| España       | -            | -           | -            | -           | 143          | 153         |
| Reino Unido  | 763          | 700         | 171          | 175         | -            | -           |
| Venezuela    | 31           | 42          | 10           | 14          | 18           | 27          |

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

### 1.2.6. EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE ALGODÓN EN LOS MERCADOS MÁS IMPORTANTES PARA COLOMBIA

En cuanto al algodón sin cardar o peinar (5201), se evidencia que desde el 2016, las importaciones decrecieron al punto de no contar con la capacidad de oferta para vender. En años anteriores, los principales mercados eran latinoamericanos, donde se destacaban Ecuador y Perú, (Tabla 9).

**Tabla 9***Precio en los mercados más importantes para Colombia Algodón sin cardar o peinar*

| País                                 | Valores unitarios (USD/t) |       |       |      |      |
|--------------------------------------|---------------------------|-------|-------|------|------|
|                                      | 2014                      | 2015  | 2016  | 2017 | 2018 |
| 520100 - Algodón sin cardar o peinar |                           |       |       |      |      |
| Bolivia                              | -                         | 1.664 | -     | -    | -    |
| Chile                                | -                         | 1.649 | -     | -    | -    |
| Ecuador                              | 1.712                     | -     | -     | -    | -    |
| Indonesia                            | -                         | -     | 1.368 | -    | -    |
| Perú                                 | 1.643                     | 1.602 | -     | -    | -    |

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

Durante los últimos cinco años, los valores unitarios (USD/t) de exportación de algodón cardado o peinado (5203) hacia los principales mercados de Colombia presentaron, en promedio, un comportamiento decreciente hasta el año 2016, y en 2017 se volvieron a incrementar. Ecuador y Chile son los países que mejor precio pagan por el producto a nivel mundial, como se evidencia en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Precio en los mercados más importantes para Colombia en algodón cardado o peinado*

| País                               | Valores unitarios (USD/t) |       |       |       |       |
|------------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                    | 2014                      | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  |
| 520300 - Algodón cardado o peinado |                           |       |       |       |       |
| Ecuador                            | 2.346                     | 1.875 | 1.345 | 1.453 | 1.606 |
| Chile                              | -                         | -     | -     | 1.435 | 1.523 |
| España                             | -                         | -     | -     | 1.070 | -     |
| Reino Unido                        | 880                       | 917   | 1.023 | -     | -     |
| Venezuela                          | 3.049                     | 1.355 | 1.400 | 1.500 | -     |

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

### 1.2.7. EMPRESAS EXPORTADORAS DE ALGODÓN EN COLOMBIA

A continuación, se relacionan las empresas que realizaron exportaciones de algodón sin cardar o peinar (5201) y algodón cardado o peinado (5203):

- *Agrícola Vital Herbs S.A.S.*: Esta empresa se dedica al cultivo de hortalizas, raíces, tubérculos y algodón.
- *Cultivos de Montiel S.A.S.*: Se encuentra situada en Zipaquirá en el departamento de Cundinamarca. La categoría de productos o de servicios comercializados por la empresa es “Plantaciones en general”, principalmente “algodón”.

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

Los problemas con plagas (como el picudo del algodnero), el limitado acceso a semilla de calidad, cambios en la demanda de la industria textil y la pérdida de rentabilidad, han resultado en una disminución del área sembrada en la región y una producción que ha disminuido significativamente en los últimos 40 años (FAO, 2017).

A nivel mundial, la industria algodonera presenta una demanda insatisfecha por algodón certificado, la cual aumentará en los próximos años, teniendo en cuenta que 13 de las más importantes industrias de ropa, anunciaron su deseo de usar algodón 100% sostenible para el año 2025. Por otro lado, el algodón de colores necesita un mayor desarrollo en distintos aspectos, por ejemplo, la extensión de más opciones de colores con uniformidad y estabilidad, la mejora de las propiedades de la fibra como largo, resistencia y madurez, el incremento de la productividad y la disminución del ciclo productivo (Carvalho y Ruiz, 2018).

Los estándares de producción y comercialización son herramientas que apoyan el alcance de las metas establecidas en el marco de la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030 y el algodón juega un rol importante en este contexto, por ocupar alrededor de 30 millones de hectáreas en todo el mundo, donde el 50% de la producción es bajo riego (Carvalho y Ruiz, 2018).

Existen distintos mecanismos de estandarización y certificación, que vienen ganando cada día más importancia, sin embargo debido a los altos costos que estos representan, no están siendo aplicados en su totalidad.

Actualmente, para fortalecer el sector algodonero, es importante fomentar la asociatividad en la producción, la integración de los agricultores en la cadena de valor, y la promoción de la oportunidad de mejora de las condiciones de vida (estabilidad social y económica) (FAO, 2017).

En la Tabla 11, se presenta la consolidación de limitaciones y oportunidades identificadas.

**Tabla 11**

*Limitaciones y oportunidades identificadas para la cadena de algodón a nivel nacional e internacional*

| Limitaciones                                                                                                                                                                            | Oportunidades                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Los insumos representan un porcentaje muy alto de los costos de producción (40%).</li> <li>Contrabando</li> <li>Piratería de semillas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>El algodón que se produce en Colombia cuenta con altos estándares de calidad y rendimiento.</li> <li>Los agricultores están viendo el cultivo de algodón como una oportunidad debido a los problemas que se están presentando en el maíz.</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>No hay disponibilidad de agua ni mecanismos para el uso eficiente del recurso hídrico.</li> </ul>                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementación de tecnologías para el uso eficiente del agua en el cultivo y en la producción de textiles.</li> </ul>                                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Baja implementación de BPA (Buenas Prácticas Agrícolas).</li> </ul>                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Cultivos más limpios, verdes y certificados.</li> </ul>                                                                                                                                                                                              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Desmotadoras obsoletas y falta de disponibilidad de maquinaria.</li> </ul>                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementación de agricultura de precisión, con ayuda de drones y software.</li> </ul>                                                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Baja generación de empleo a nivel de cultivo.</li> </ul>                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mecanizar y tecnificar el cultivo del algodón.</li> </ul>                                                                                                                                                                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Los tiempos de pago son muy altos (hasta cinco meses después de la entrega del producto).</li> </ul>                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Control biológico a nivel natural.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Baja cobertura y calidad de la asistencia técnica.</li> </ul>                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de políticas de rotación de cultivos para garantizar el control fitosanitario.</li> </ul>                                                                                                                                                 |



| Limitaciones                                                                                                                                                                      | Oportunidades                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Las importaciones limitan la competitividad.                                                                                                                                    | - Utilización de transgénicos debidamente reglamentados y validados, para el mejoramiento de la productividad.                            |
| - Informalidad en los talleres de confección.                                                                                                                                     | - Mejoramiento de vías secundarias y terciarias para el acceso de agroinsumos y una logística más eficiente.                              |
| - Falta de integración e innovación en la cadena agro-textil-confecciones.                                                                                                        | - Mejoramiento continuo e innovación en manejo integrado del cultivo.                                                                     |
| - Alto costo ambiental.                                                                                                                                                           | - Desarrollo de un plan de negocios que enlace todos los eslabones de la cadena algodón textil - confecciones.                            |
| - Escaso uso de productos orgánicos, ya que el productor aún desconoce su uso y beneficios.                                                                                       | - Control y seguimiento al manejo ambiental del cultivo por parte de los entes institucionales encargados.                                |
| - Falta de información para afrontar a futuro el cambio climático; las entidades no presentan alternativas para que el productor no se vea afectado.                              | - Estrategias de asociatividad para pequeños y medianos productores de algodón y empresarios del sector textil.                           |
| - La producción no cubre la demanda de fibra.                                                                                                                                     | - Generación de valor agregado.                                                                                                           |
| - Desconocimiento del tipo de suelos de los productores, quienes en ciertos casos, no ejecutan un programa de fertilización adecuado, porque no han realizado análisis de suelos. | - Cambios en los gustos del consumidor y el estilo de vida.                                                                               |
| - Carencia de departamento de I+D en las empresas dedicadas a la industrialización.                                                                                               | - Reconocimiento de la marca “Algodón Colombiano” y de las variedades de colores como una estrategia de posicionamiento a nivel nacional. |

Fuente: Elaboración propia



## CAPÍTULO

# 2

## ESTRUCTURA DE LA CADENA PRODUCTIVA DE ALGODÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA



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

La cadena productiva de algodón (Figura 4) se compone de los siguientes eslabones: proveeduría, producción, integración, comercialización de fibra, transformación (Industria textil - confecciones), comercialización de prendas y consumo final.

### 2.1. ESLABÓN DE PROVEEDURÍA

El eslabón de proveeduría lo conforman los encargados de proporcionar la materia prima utilizada en la implementación, sostenimiento y cosecha del cultivo de manera eficiente. Los diferentes segmentos que conforman este eslabón son:

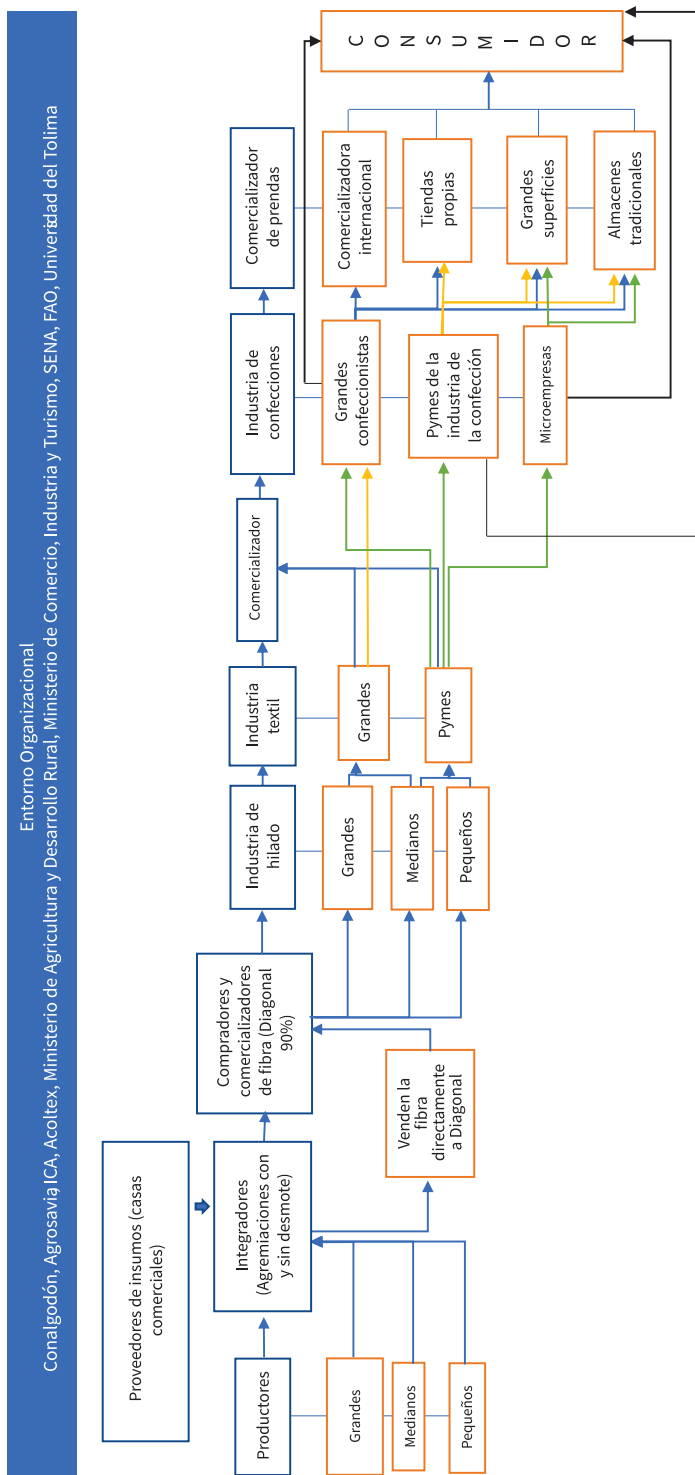
- *Proveedores de insumos*: Son las entidades encargadas de suministrar fertilizantes y plaguicidas, entre otros, ya sean químicos o biológicos.



Dentro de este segmento, Bayer siempre fue uno de los principales, sin embargo BASF concretó la adquisición de diversos negocios y activos de esta compañía en protección de cultivos, biotecnología y agricultura digital, y marca su ingreso en los mercados de semillas, herbicidas no-selectivos y nematicidas (BASF, 2018).

De acuerdo con Uldarico Pinto, coordinador de semillas de BASF para Colombia, el país fue un importante productor y exportador de algodón, pero en las últimas décadas, la cosecha ha tenido un fuerte descenso debido a factores como el clima, los precios y la brecha tecnológica para el control de plagas. Para que la industria algodonera recobre su competitividad, la clave está en la inversión en tecnología y semillas mejoradas, de alta calidad y adaptadas a condiciones locales. Es clave hacer manejo y control integral de malezas e insectos lepidópteros (Agronegocios, 2019b).

**Figura 4**  
Modelo de la Cadena Productiva de Algodón



Fuente: Elaboración propia

- *Proveedores de material vegetal:* Actualmente, Agrosavia tiene las siguientes variedades:
  - *Oasis 129 OMG:* Variedad de fibra larga con tolerancia al herbicida glifosato (gen cp4 epsps) y a algunas especies de insectos de la familia *Lepidopterae* (genes cry1Ac y cry2Ab), lo que permite obtener beneficios generales como reducción en el número de aplicaciones de insecticidas, mayor facilidad y flexibilidad para el control de malezas, eliminación de labores de control manual de malezas y beneficios ambientales, como disminución de la erosión del suelo y menores riesgos de contaminación ambiental por derivación de productos químicos (Agrosavia, 2018b).
  - *Nevada 123 OMG:* Es una variedad de fibra media con características de tolerancia al herbicida glifosato (gen cp4 epsps) y cerca de 70% de tolerancia a insectos de la familia *Lepidopterae* (genes cry1Ac y cry2Ab), lo que permite obtener beneficios generales como reducción en el uso de insecticidas, mayor facilidad y flexibilidad para el control de arvenses, eliminación de labores costosas de control manual de malezas, mayor compatibilidad con prácticas de manejo integrado de plagas y beneficios ambientales como disminución de la erosión del suelo y menores riesgos de contaminación ambiental, principalmente de insecticidas (Agrosavia, 2018a).
  - *Sanjuanera 151:* Es una variedad de fibra media con tolerancia al herbicida glifosato (gen cp4 epsps) y a algunas especies de insectos de importancia económica de la familia *Lepidopterae* (genes cry 1Ac y cry 2Ab), lo que permite obtener beneficios como reducción en el número de aplicaciones de insecticidas, mayor facilidad y flexibilidad para el control de arvenses, eliminación de labores de control manual de malezas y beneficios ambientales, como disminución de la erosión del suelo y menores riesgos de contaminación ambiental por derivación de productos químicos. La utilidad recibida por la producción de fibra de algodón con la variedad Sanjuanera 151 OMG puede ser cercana a los \$ 2.000.000 con índices de beneficio/costo hasta de 1,42. En promedio, la utilidad es de \$ 1.598.471 con un índice de beneficio/costo medio de 1,35, es decir que por cada millón de pesos invertido, se alcanza a recuperar la inversión y además se obtiene una utilidad promedio de \$ 350.000 (Agrosavia, 2018c).
  - *Proveedores de maquinaria y equipo:* Son las casas comerciales encargadas de suministrar las máquinas y dispositivos necesarios para realizar las actividades de cosecha y producción.

## 2.2. ESLABÓN DE PRODUCCIÓN

En el departamento del Tolima existen diferentes tipos de productores: pequeños (< 5 ha), medianos (< 40 ha) y grandes (> 40 ha). Para 2017, se reportó un total de 297 productores: 116 en la costa Atlántica (con un promedio de 34 ha) y 181 en la zona interior (con 27 ha en promedio).

### 2.2.1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES DEL ESLABÓN DE PRODUCCIÓN

A pesar de las muchas limitaciones de los productores de algodón, hay grandes oportunidades en la producción de algodón orgánico, que tiene una huella ambiental más baja que el genéticamente modificado (requiere un 71% menos de agua y tiene un consumo de energía menor en un 62%) (Portal Frutícola, 2018).

Así mismo, hay oportunidades para mejorar la participación en el mercado del algodón colombiano, posicionándolo por la excelente calidad de las propiedades de la fibra como largo, resistencia y madurez. En la Tabla 12 se presenta la consolidación de las limitaciones y oportunidades identificadas para este eslabón.

**Tabla 12**

*Limitaciones y oportunidades del eslabón de producción*

| Limitaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Oportunidades                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Altos costos de producción.</li><li>- Bajo grado de asociatividad entre los productores.</li><li>- Pocas agremiaciones.</li><li>- Bajo acceso a variedades y materiales mejorados.</li><li>- Baja implementación de Buenas Prácticas Agrícolas.</li><li>- Manejo inadecuado de plagas y enfermedades.</li><li>- Exceso en el uso de agroquímicos.</li><li>- Baja producción.</li><li>- Falta de mano de obra; los jóvenes están moviéndose del campo a la ciudad.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Niveles de mecanización y tecnificación del cultivo.</li><li>- Integración de la cadena.</li><li>- Variedades mejoradas de Agrosavia.</li><li>- La agricultura de precisión es indispensable para aumentar la competitividad.</li><li>- Certificación del producto, implementando BPA.</li><li>- Uso de pesticidas biológicos e implementación de cultivos más limpios.</li></ul> |

*Fuente:* Elaboración propia



## 2.3. ESLABÓN DE INTEGRACIÓN

Usualmente, la agremiación a la que se encuentra inscrito cada agricultor se encarga del proceso de desmote y de comercialización de la fibra, por lo cual cobra una comisión al productor, que varía dependiendo de los servicios prestados. Normalmente, estas agrupaciones poseen una desmotadora o alquilan una para su uso.

En la Tabla 13 se mencionan las principales agremiaciones del departamento del Tolima.

**Tabla 13**

*Listado de agremiaciones departamento del Tolima*

| Agremiación            | Domicilio |
|------------------------|-----------|
| AGRINSA S.A.           | Espinal   |
| COAGRONAT LTDA         | Natagaima |
| COOPRAL LTDA           | Espinal   |
| EMPRENORTE S.A.        | Ambalema  |
| FIBRAS DEL INTERIOR    | Guamo     |
| ORGANIZACION PAJONALES | Ibagué    |
| REMOLINO S.A.          | Espinal   |

*Fuente:* Elaboración propia

## 2.4. ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN DE FIBRA

Los comercializadores de fibra de algodón en el departamento del Tolima están en un escenario de oligopsonio, donde DIAGONAL que es una corporación de derecho privado, sin ánimo de lucro, constituida para facilitar el aprovisionamiento de materias primas a la industria textil colombiana, absorbe más del 90 % del volumen de fibra producida.

DIAGONAL mantiene el permiso de usuario aduanero permanente. En 2003, ICONTEC otorgó al Laboratorio de Fibras el Certificado de Gestión de la Calidad con respecto a la norma internacional ISO 9001:2000 para la prestación del servicio de análisis de la fibra de algodón, el cual ha sido renovado satisfactoriamente durante dos periodos. El Laboratorio de Fibras posee la certificación USDA HVI *Check Level Program*, del Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos de América y actualmente se encuentra en proceso de acreditación de la Superintendencia de Industria y Comercio respecto a la norma NTC-17025.

2.4.1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES DEL ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN DE FIBRA

En la Tabla 14 se presentan las principales limitaciones y oportunidades del eslabón de comercialización de fibra, con las características propias del mercado como una problemática transversal.

Tabla 14  
Limitaciones y oportunidades del eslabón de comercialización de fibra

| Limitaciones                                                                                                                                                                                                                   | Oportunidades                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Incremento de las importaciones.</li><li>- Mercado oligopsonio.</li><li>- La producción no alcanza a cubrir la demanda nacional.</li><li>- No hay capacitación en el sector.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Incentivos del Estado para reactivar la producción de algodón.</li><li>- Identificar compradores.</li><li>- Posicionar la marca de “Algodón Colombiano” desde la Institucionalidad para garantizar el consumo interno.</li><li>- Precio mínimo garantizado.</li></ul> |

Fuente: Elaboración propia

2.5. ESLABÓN DE TRANSFORMACIÓN (INDUSTRIA TEXTIL - CONFECCIONES)

Dentro del eslabón de la industria textil se encuentran los hilados (grandes, medianos y pequeños), los textiles (grandes y PYME) y los comercializadores. El segmento de las confecciones está dividido en grandes confeccionistas, PYME de la industria de la confección y microempresarios.

El renglón textil-confección representa el 27,6% del total de las empresas del sistema moda, con 860 compañías. Las actividades más importantes son la confección de prendas de vestir, excepto prendas de piel (89.9%) y la elaboración de artículos con materiales textiles, excepto ropa.

La Cámara de Comercio de Ibagué - CCI, junto con algunos empresarios del sector de las confecciones del departamento, creó en el año 2008 el “Clúster textil - confección del Tolima”. Actualmente, la CCI se encuentra a cargo del Clúster y se están revisando las líneas de acción derivadas de la Ruta Competitiva y los lineamientos que entregan entidades como el PTP, iNNpulsa y el sistema Clúster.

El departamento cuenta con la Corporación de Moda del Tolima - Cormoda, organización sin ánimo de lucro creada con el fin de integrar y representar a los actores del sector textil, confección, diseño, moda y afines. Los empresarios

afiliados tienen su propia representación jurídica. Su objetivo principal es el fortalecimiento y desarrollo competitivo del sistema moda del departamento, basado en la innovación, la investigación y el emprendimiento.

Cormoda desempeña tres funciones esenciales: ejecutar las iniciativas del Plan de acción del Clúster textil - confección del Tolima, promover la asociatividad entre los empresarios del sistema moda del departamento y gestionar recursos de cooperación para el desarrollo de las actividades del Clúster.

Cormoda, en articulación con el Clúster, busca mejorar la competitividad regional, la calidad de vida de la población vinculada al Sistema, la contribución a la generación de empleo, el crecimiento de la capacidad instalada, la contribución al PIB regional y el acceso a los mercados nacionales e internacionales.

### **2.5.1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES DEL ESLABÓN DE TRANSFORMACIÓN**

La informalidad continúa siendo el principal factor de preocupación por parte de las empresas, así como la poca disponibilidad de mano obra, principalmente de operarios, debido a que no consideran interesante el sector.

Por otro lado, el flagelo del contrabando, sumado al tema de aranceles, genera una invasión de prendas de origen Asia, que está generando un déficit mayor en las industrias. Los líderes gremiales del sector textil del Tolima ven un panorama poco claro debido a la falta de medidas de protección a la industria nacional por parte del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Sin embargo, el sector textil tolimente puede apostarle a buscar nuevos mercados en otros países. Para lograrlo, se debe mejorar en el campo de la asociatividad entre pequeños empresarios para alcanzar una mayor productividad, así como buscar apoyo a través de Procolombia y las cámaras de comercio. Por último, es fundamental la reactivación de la hilandería en el departamento, apoyada en acciones de Investigación y Desarrollo Tecnológico para soportar productos competitivos en el mercado nacional e internacional.

## **2.6. ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN DE PRENDAS**

Este eslabón está conformado por comercializadoras internacionales, tiendas propias y grandes superficies, y cuenta con el apoyo de Cormoda. “Ibagué, Negocios y Moda”, a cargo del Clúster textil – confecciones, es un evento donde importantes empresarios, diseñadores, estudiantes, periodistas

y expertos nacionales e internacionales, llegan a la ciudad para hacer parte de una novedosa dinámica comercial y social que gira en torno al sistema moda.

### 2.6.1. PRINCIPALES LIMITACIONES Y OPORTUNIDADES DEL ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN DE PRENDAS

En la Tabla 15, se presentan las limitaciones y oportunidades identificadas para el eslabón de comercialización de prendas en el Tolima.

**Tabla 15**

*Limitaciones y oportunidades del eslabón de comercialización de prendas*

| Limitaciones                                                                                                                                                                                                                                   | Oportunidades                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento de las importaciones.</li> <li>- Bajos niveles arancelarios.</li> <li>- Los empresarios no pueden competir con precios tan bajos.</li> <li>- Falta de integración de la cadena.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calidad de los productos.</li> <li>- Protección arancelaria.</li> <li>- Apoyo por parte del Gobierno departamental del Tolima, las alcaldías y las cámaras de comercio</li> </ul> |

*Fuente:* Elaboración propia

## 2.7. ENTORNO ORGANIZACIONAL

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

- **CONALGODON:** Es una confederación que tiene como misión representar, apoyar y defender los intereses colectivos de los agricultores y de las empresas que se dediquen al cultivo y desmote del algodón en Colombia, para lograr la sostenibilidad y la competitividad en la producción y comercialización del algodón y su semilla en el mercado nacional e internacional, buscando el desarrollo equilibrado entre las regiones y el fortalecimiento de sus afiliados.
- **Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR:** Es la institución de orden nacional encargada de formular las políticas para el desarrollo del sector agropecuario, pesquero y de desarrollo rural.
- **Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia:** Es una entidad pública descentralizada, de carácter científico y técnico, cuyo objeto es desarrollar y ejecutar actividades de investigación, tecnología y transferir procesos de innovación tecnológica al sector agropecuario.



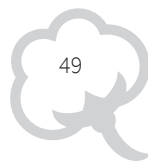
- *Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA*: Es un establecimiento público del orden nacional, que ofrece formación gratuita en programas técnicos, tecnológicos y complementarios que permite fortalecer las actividades productivas del sector algodonero y de su industria.
- *Instituto Colombiano Agropecuario - ICA*: Es el encargado de contribuir al desarrollo sostenido del sector agropecuario, pesquero y acuícola, mediante la prevención, vigilancia y control de los riesgos sanitarios, biológicos y químicos para las especies animales y vegetales, la investigación aplicada y la administración, con el fin de proteger la salud de las personas, los animales y las plantas y asegurar las condiciones del comercio.
- *Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - MCIT*: Tiene como función apoyar la actividad empresarial de bienes, servicios y tecnología, así como la gestión turística de las regiones, ser un eje fundamental del desarrollo económico y dentro del marco de su competencia, formular, adoptar, dirigir y coordinar las políticas en materia de desarrollo económico y social del país. En actualidad, el Ministerio se encuentra desarrollando el Programa de Transformación Productiva para varios sectores económicos, dentro de los que se encuentra el sector textil - confecciones.
- *Secretaría Departamental de Desarrollo Agropecuario y Producción Alimentaria*: Es la dependencia de la Gobernación del Tolima encargada de promover las fuerzas productivas del sector agropecuario, a través de la orientación, cofinanciación y coordinación para el desarrollo de proyectos.
- *Asociación Colombiana de Técnicos y Profesionales Textiles y de la Confección - ACOLTEX*: Fue creada con el propósito de unir a los profesionales del sector en torno a objetivos gremiales y académicos. En la actualidad, es una entidad de reconocimiento nacional cuyo objetivo principal es mantener el nivel académico de los profesionales de la cadena fibras-textil confección.
- *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO*: Es la agencia de las Naciones Unidas que lidera el esfuerzo internacional para poner fin al hambre. Genera y comparte información importante sobre la alimentación, la agricultura y los recursos naturales en forma de bienes públicos mundiales.
- *Universidad del Tolima*: Es una institución de educación superior de carácter público que fomenta el desarrollo de capacidades humanas para la búsqueda incesante del saber y la producción, apropiación y divulgación del conocimiento en los diversos campos de la ciencia.
- *Universidad de Ibagué*: Es una institución de educación superior que promueve la formación integral de líderes y empresarios con sólidas bases

científicas y profesionales, en áreas de Ingeniería y Ciencias económicas y administrativas, entre otras.

## 2.8. MARCO NORMATIVO

Corresponde a las políticas, normas, leyes y reglas que regulan e influyen en la cadena productiva.

- *Ley 219 DE 1995*: Por la cual se establece la cuota de fomento al algodón, se crea un Fondo de Fomento y se dan normas para su recaudo y administración.
- *Ley 811 de 2003*: Por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993, se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación - SAT, y se dictan otras disposiciones.
- *Ley 1716 del 6 de marzo de 2014*: La Ley de Transparencia tiene por objeto regular el derecho de acceso a la información pública, los procedimientos para el ejercicio y garantía del derecho y las excepciones a la publicidad de la información.
- *Resolución 186 de 2008*: Por la cual se reglamentan parcialmente la Ley 811 de 2003 y el Decreto 3800 de 2006 sobre la inscripción de las Organizaciones de Cadena en el Sector Agropecuario, Forestal, Acuícola y Pesquero ante el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- *Decreto 2478*: Atribuye al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural la función de determinar la política de precios de los productos agropecuarios y sus insumos, así como también otorga la facultad de proponer a los organismos competentes la adopción de medidas o acciones correctivas a las distorsiones que se presenten en condiciones de competencia interna de los mercados de dichos productos.
- *Decreto 430 16/02/2004*: Crea el Mecanismo Público de Administración de Contingentes Agropecuarios y modifica el Decreto 2685 de 1999. En el 2009, a través del Decreto 760 de 2009, se estableció un contingente anual y permanente de 2.000 toneladas de fibra de algodón, el cual se encuentra vigente actualmente.
- *Conpes 3401 de 2005*: Reglamenta un conjunto de medidas orientadas a mejorar la competitividad del sector algodón nacional.
- *Resolución 000682 del 24 de febrero del 2009*: Por la cual se implementa el Plan de manejo de bioseguridad de seguimiento para siembras comerciales



de algodones genéticamente modificados con resistencia a ciertos insectos lepidópteros y/o tolerancia a la aplicación de herbicidas.

- *Ley 101 de 1993*: Define las contribuciones parafiscales; su administración y recaudo; ingresos que las conforman; destinación de los recursos, y preparación, aprobación, ejecución, control, liquidación y actualización de presupuestos.
- *Ley 219 del 30 de noviembre de 1995, reglamentada por el Decreto 1526 de 1996*: Tiene como fin apoyar programas y proyectos de investigación y transferencia de tecnología para el desarrollo competitivo y sostenible de la producción algodонера nacional en sus fases de cultivo, recolección, desmote y producción de fibra y semilla.
- *Decreto 3800 de 2006*: Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 811 de 2003 modificatoria de la Ley 101 de 1993, sobre Organizaciones de Cadenas en el Sector Agropecuario, Pesquero, Forestal y Acuícola.
- *Resolución 000113 del 01 de marzo de 2018 MADR*: Por la cual se establece el apoyo a la comercialización de fibra de algodón a los productores de las Cosechas Algodoneras 2018.
- *Reglamento Técnico - Resolución 000113 de 2018 MADR*: Precio de Referencia para la cosecha del algodón 2018 y pago apoyo a la comercialización de la fibra 2018.
- *Resolución 20251 de 2018 ICA*: Por medio de la cual se fijan las fechas de registro de agricultores, venta de semilla, siembra, destrucción de socas, periodo de veda y se dictan otras disposiciones para la temporada algodонера 2018 en el departamento del Tolima.
- *Decreto 3303 de 2006 MCIT*: Por el cual se dictan disposiciones relacionadas con el Comité de Asuntos Aduaneros, Arancelarios y de Comercio Exterior.
- *Decreto 4927 de 2011 MCIT*: Por el cual se adopta el Arancel de Aduanas y otras disposiciones.
- *Decreto 1703 de 2012 MCIT*: Por el cual se modifica parcialmente el Arancel de Aduanas.



## CAPÍTULO

# 3

## VIGILANCIA TECNOLÓGICA



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

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

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



### 3.1. REVISIÓN ACADÉMICA

Diariamente se publican en el mundo artículos en revistas científicas que pueden ser consultadas en bases de datos, lo que obliga a hacer una revisión académica selectiva con la finalidad de detectar, obtener y consultar la bibliografía más importante y reciente, de acuerdo con los propósitos del estudio.

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

La ecuación de búsqueda utilizada es la siguiente:

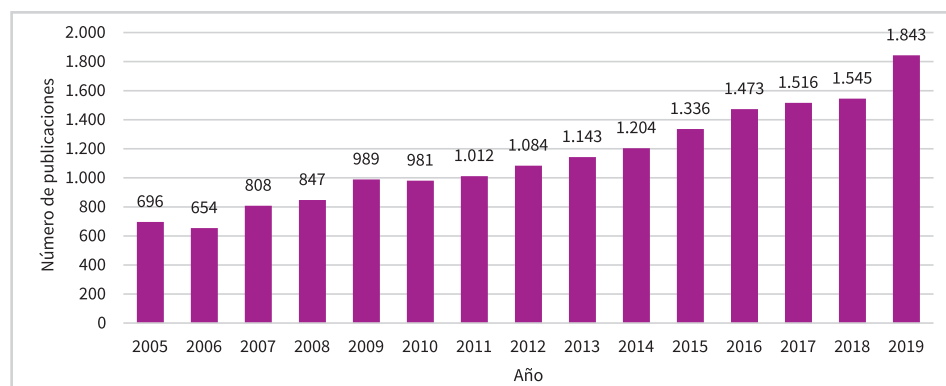
TI=(“Gossypium herbaceum” OR “Gossypium barbadense” OR “Gossypium hirsutum” OR cotton)

#### 3.1.1. DINÁMICA DE PUBLICACIÓN

Una vez realizada la búsqueda en la Colección Principal de *Web of Science*, se obtuvieron 17.131 publicaciones en el periodo de tiempo 2005 - 2019. Tal como se observa en la Figura 5, las publicaciones relacionadas con algodón presentan una tendencia creciente, lo que demuestra el interés a nivel mundial por estudiar el tema.

**Figura 5**

Número de publicaciones por año

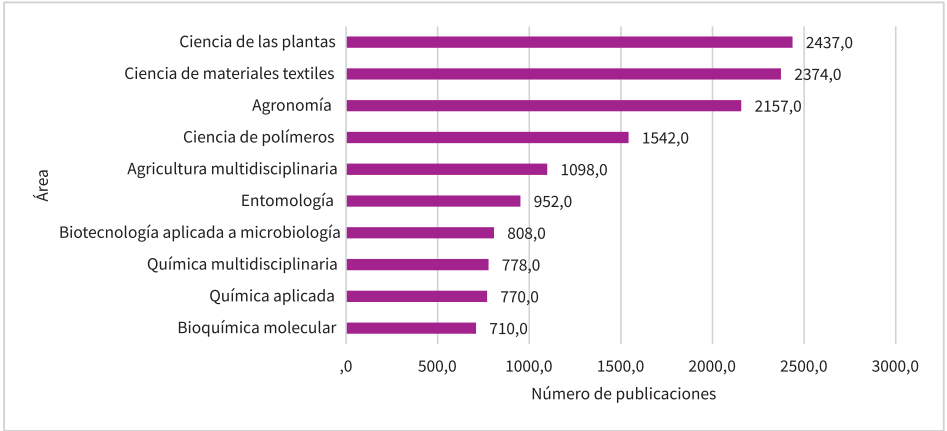


Fuente: Elaboración propia con base en información de Web Of Science (2019)

3.1.2. ÁREAS DE INVESTIGACIÓN

Tal como se observa en la Figura 6, las áreas en las que más se han desarrollado las investigaciones son Ciencia de las plantas y agronomía (relacionadas con genética, genómica, fisiología, rendimiento, manejo de enfermedades, control de plagas y fertilización); Ciencia de materiales textiles y Ciencia de los polímeros (enfocadas en tejido modal y textiles funcionales para el tratamiento de aguas residuales, antibacterianos, hidrófobos, antimicrobianos, retardantes de llama y para aplicaciones anti envejecimiento).

Figura 6  
Áreas de investigación



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

Las áreas de investigación que presentan tendencia creciente durante los últimos años son Química; Ciencia de materiales; Ciencia de las plantas; Energía y combustibles, Bioquímica y biología molecular (Tabla 16).

Tabla 16  
Dinámica de publicación en las áreas de investigación con tendencia creciente

| Área                            | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Química                         | 69   | 55   | 93   | 70   | 91   | 68   | 95   | 144  | 143  | 136  | 126  | 167  | 166  | 159  | 101  |
| Ciencia de materiales           | 88   | 68   | 115  | 109  | 137  | 163  | 169  | 175  | 220  | 232  | 227  | 250  | 270  | 304  | 189  |
| Ciencia de las plantas          | 115  | 94   | 145  | 150  | 158  | 144  | 140  | 166  | 133  | 172  | 165  | 169  | 213  | 221  | 108  |
| Energía y combustibles          | 6    | 4    | 11   | 10   | 18   | 14   | 5    | 15   | 17   | 17   | 23   | 33   | 24   | 25   | 15   |
| Bioquímica y biología molecular | 36   | 32   | 26   | 48   | 43   | 42   | 55   | 62   | 49   | 44   | 52   | 62   | 68   | 64   | 41   |

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

En la Tabla 17, se relacionan los temas específicos de estudio para cada una de las áreas que presenta tendencia creciente.

**Tabla 17**  
*Temas específicos de estudio por área*

| Área                           | Sub área                          | Temas específicos de estudio                                                                                                                                                          |
|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Química                        | Textiles hidrofóbicos             | Telas de algodón súper hidrofóbicas con partículas de aerogel SiO <sub>2</sub> y polidimetilsiloxano (PDMS)                                                                           |
|                                |                                   | Telas hidrófobas y fóbicas de aceite a partir de copolímeros fluorados                                                                                                                |
|                                |                                   | Tejido de algodón superhidrofóbico resistente al desgaste                                                                                                                             |
|                                | Textiles con aplicaciones médicas | Tejido de algodón modificado que mejora la eficiencia hemostática                                                                                                                     |
|                                |                                   | Tela de algodón cargada con extracto de propóleo de abeja como apósito para heridas                                                                                                   |
|                                |                                   | Telas con recubrimiento de nanopartículas de dióxido de titanio como protector UV                                                                                                     |
|                                | Textiles con nanotecnología       | Algodón autolimpiable a partir de tejido de algodón modificado para mejorar las actividades fotocatalíticas y antibacterianas                                                         |
|                                |                                   | Tela de algodón para aplicaciones de almacenamiento de energía, utilizando nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNT) y nanocompuesto de dióxido de manganeso (MnO <sub>2</sub> ) |
|                                |                                   | Tela de algodón con nanotubo dieléctrico MnO <sub>2</sub> para absorción de microondas                                                                                                |
|                                |                                   | Fibras de algodón recubiertas con óxido de grafeno recubierto para eliminación de ácido húmico de soluciones acuáticas                                                                |
|                                | Reciclaje                         | Proceso de hilado húmedo de fibra cerrada a fibra para reciclar algodón de mezcilla                                                                                                   |
|                                | Aromáticos                        | Tejidos de algodón con propiedades aromáticas                                                                                                                                         |
| Ciencia de materiales textiles | Materiales compuestos             | Compuestos híbridos de fibra de vidrio y algodón con resina epoxi                                                                                                                     |
|                                | Tejido modal                      | Tejidos mezclados de algodón y fibras regeneradas                                                                                                                                     |
|                                | Textiles funcionales              | Tejido de algodón para el tratamiento de aguas residuales de tinte                                                                                                                    |
|                                |                                   | Tejidos de algodón antibacterianos e hidrófobos                                                                                                                                       |
|                                |                                   | Textiles antimicrobianos                                                                                                                                                              |
|                                |                                   | Tejidos de algodón superhidrofóbico para separación de agua y aceite                                                                                                                  |
|                                |                                   | Retardantes de llama para tejidos de algodón                                                                                                                                          |
|                                |                                   | Tejido mixto de algodón resistente al encogimiento                                                                                                                                    |
|                                |                                   | Mascarillas textiles con extracto de algas rojas para aplicaciones antienvjecimiento                                                                                                  |

| Área                   | Sub área               | Temas específicos de estudio                                                                                                                                |
|------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ciencia de las plantas | Genética               | Variaciones genotípicas tolerantes a la salinidad                                                                                                           |
|                        |                        | Recombinación a escala fina para la mejora genética del algodón                                                                                             |
|                        |                        | Mapeo del genoma e identificación de marcadores moleculares para rendimiento, componente de rendimiento y rasgos de calidad de fibra en algodón tetraploide |
|                        | Genómica               | Asociación para mapear el contenido de aceite de semilla en algodón americano (upland) utilizando SSR y SNP de todo el genoma                               |
|                        | Fisiología             | Latencia de las semillas en algodón                                                                                                                         |
|                        | Fitotecnia             | Algodón mejorado para la tolerancia a la sequía y mejor rendimiento bajo estrés por sequía                                                                  |
|                        |                        | Efectos de la densidad de siembra en el rendimiento del algodón y sus componentes                                                                           |
|                        |                        | Efecto del gen de la proteína transportadora de sacarosa del maíz de la planta C-4 en el aumento del rendimiento de fibra y de semilla de algodón           |
|                        | Manejo de enfermedades | Resistencia al virus enano del enrollamiento del algodón (CLRDV) usando la proteína P0 del aislado atípico del virus enano del rollo de hojas de algodón    |
|                        | Control de plagas      | Infestación generalizada de gusano rosado de la cápsula                                                                                                     |
| Energía y combustibles | Fertilización          | Efecto de las interacciones P y Zn en algodón para la producción de biomasa y la eficiencia en el uso de nutrientes en la fotosíntesis                      |
|                        |                        | Efectos integrados del tratamiento de acolchado y la fertilización nitrogenada en el rendimiento del algodón en la agricultura de secano                    |
|                        |                        | Mitigación de la deficiencia y toxicidad del boro en algodón mediante la aplicación de silicio                                                              |
|                        | Biomasa                | Pirólisis solar del tallo de algodón en sal fundida para la producción de biocombustibles                                                                   |
|                        |                        | Producción de levoglucosano a través de la pirólisis rápida de la paja de algodón                                                                           |
|                        |                        | Caracterización y pelletización de hidrocarburos de tallo de algodón de HTC y cinética de combustión de pellets de hidrocarburos por TGA                    |
|                        | Electroquímica         | Propiedades físicas de las briquetas de carbón preparadas a partir de aserrín de madera y tallo de algodón                                                  |
|                        |                        | Síntesis y caracterización de carbono duro derivado de algodón recubierto con PVDF para el ánodo de baterías de iones de litio                              |
|                        |                        | Microfibra de carbono duro catalizada con ácido bórico derivada del algodón como un ánodo de alto rendimiento para baterías de iones de litio               |
|                        |                        | Supercondensadores cosibles con alta densidad de energía y capacidad de alta velocidad utilizando hilos de algodón ensamblados con nanopartículas metálicas |

| Área                            | Sub área             | Temas específicos de estudio                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Energía y combustibles          | Electroquímica       | Carbono duro altamente desordenado derivado del algodón desnatado como material anódico de alto rendimiento para baterías de iones de potasio                                                |
|                                 |                      | Efecto de la concentración de n-butanol en el fenómeno de combustión y emisión utilizando mezclas más altas de biodiesel de semilla de algodón en un motor de inyección directa CI           |
|                                 | Biodiesel            | Producción de biodiesel a partir del aceite de Madhuca utilizando un catalizador derivado del tallo de algodón.                                                                              |
|                                 |                      | Características de rendimiento y emisión de biodiesel de semilla de algodón y aceite de neem con aditivos CeO <sub>2</sub> en un motor diesel de un cilindro                                 |
|                                 |                      | Cuantificación y clasificación del contenido de biodiesel de algodón en mezclas de diesel, utilizando espectroscopía de infrarrojo medio y métodos quimiométricos                            |
|                                 | Bioetanol            | Producción de bioetanol mediante un innovador pretratamiento biológico de una mezcla novedosa de algodón para desechos quirúrgicos y cartón para desechos                                    |
| Bioquímica y Biología molecular | Biogás               | Solución de metanol que promueve la gasificación por bucle químico de fibra de algodón para gas de síntesis de alta relación H-2 / CO                                                        |
|                                 | Resistencia a plagas | Un enfoque combinacional de producción mejorada de metanol y genes de doble Bt para la resistencia a insectos de amplio espectro en algodón transgénico                                      |
|                                 |                      | Cribado de plaguicidas naturales de amplio espectro contra arginina quinasa diana conservada en plagas de algodón mediante modelado molecular                                                |
|                                 |                      | El papel del gen de la giberelina sintasa GhGA2ox1 en las respuestas del algodón americano ( <i>Gossypium hirsutum</i> L.) a la sequía y al estrés salino                                    |
|                                 |                      | Análisis de asociación de la tolerancia a la sal en algodón con marcadores SNP                                                                                                               |
|                                 | Ingeniería genética  | Análisis de la asociación de metabolitos y transcriptomas durante la embriogénesis somática en el algodón                                                                                    |
|                                 | Fisiología           | Análisis transcriptómico comparativo de procesos biológicos y vías clave en tres especies de algodón ( <i>Gossypium spp.</i> ) bajo estrés por sequía                                        |
|                                 | Reúso de residuos    | Obtención y caracterización de nanocelulosa a partir de un desecho de algodón textil industrial no tejido                                                                                    |
|                                 |                      | Desarrollo de piezas moldeadas por inyección sostenibles y rentables de tereftalato de polietileno parcialmente biológico a través de la valorización de los residuos de textiles de algodón |

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

En la Tabla 18, se observa que las temáticas que presentan tendencia creciente en el interés de las publicaciones a nivel mundial se relacionan, en cuanto al cultivo, con el estudio del hongo *Verticillium dahliae*, la tolerancia

a la sal, estrés por sequía, transgénicos, rendimiento, condición de campo y genotipos de algodón. En cuanto a los textiles, los estudios se enfocan en aplicaciones de nanotecnología para desarrollar telas funcionales con propiedades antibacteriales, antimicrobianas, superhidrofóbicas, retardantes de llama, protección UV y autolimpiantes.

**Tabla 18**

*Palabras clave por año*

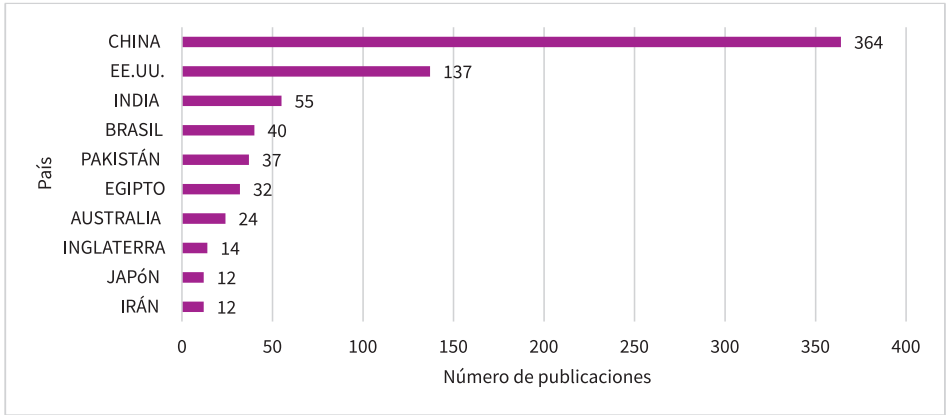
| Palabra clave               | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Verticillium dahliae</i> | 9    | 1    | 1    | 6    | 3    | 7    | 6    | 7    | 7    | 9    | 10   | 12   | 15   | 14   | 6    |
| Estrés por sequía           | 0    | 2    | 3    | 4    | 8    | 1    | 5    | 7    | 2    | 8    | 9    | 11   | 10   | 13   | 8    |
| Nanotecnología              | 0    | 0    | 0    | 1    | 3    | 4    | 4    | 6    | 11   | 7    | 6    | 7    | 16   | 10   | 4    |
| Propiedad antibacterial     | 2    | 0    | 1    | 6    | 4    | 3    | 5    | 4    | 9    | 3    | 4    | 7    | 10   | 7    | 7    |
| Algodón transgénico         | 5    | 3    | 5    | 3    | 1    | 2    | 4    | 1    | 4    | 4    | 6    | 6    | 11   | 7    | 3    |
| Tolerancia a la sal         | 0    | 2    | 1    | 2    | 4    | 3    | 3    | 3    | 4    | 1    | 4    | 6    | 3    | 13   | 9    |
| Propiedades mecánicas       | 2    | 4    | 0    | 4    | 3    | 4    | 2    | 1    | 1    | 5    | 4    | 5    | 7    | 9    | 4    |
| Actividad antimicrobial     | 2    | 0    | 3    | 3    | 5    | 3    | 4    | 4    | 2    | 3    | 4    | 1    | 3    | 7    | 6    |
| Rendimiento de algodón      | 0    | 0    | 2    | 1    | 0    | 2    | 1    | 6    | 3    | 3    | 2    | 3    | 7    | 4    | 6    |
| Genotipos de algodón        | 1    | 1    | 3    | 5    | 3    | 1    | 1    | 0    | 1    | 2    | 4    | 4    | 2    | 8    | 1    |
| Superhidrofóbico            | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 2    | 2    | 1    | 3    | 2    | 3    | 1    | 9    | 3    |
| Durable                     | 0    | 1    | 0    | 1    | 0    | 1    | 1    | 1    | 2    | 1    | 1    | 0    | 4    | 8    | 4    |
| Condición de campo          | 0    | 1    | 1    | 2    | 2    | 2    | 1    | 0    | 1    | 1    | 2    | 2    | 0    | 3    | 3    |
| Retardante de llama         | 1    | 0    | 2    | 2    | 0    | 0    | 1    | 0    | 1    | 1    | 1    | 3    | 2    | 2    | 4    |
| Protección UV               | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 2    | 0    | 0    | 4    | 4    | 5    | 3    |
| Autolimpiante               | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 0    | 0    | 0    | 2    | 1    | 1    | 2    | 0    | 3    | 4    |
| Flexibilidad                | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 2    | 1    | 1    | 7    |

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

### 3.1.3. ACTORES LÍDERES

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

**Figura 7**  
Países líderes en investigación



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

En la Tabla 19, se observa que China, Pakistán, Colombia, Arabia Saudita, Bangladesh, Kenia, Canadá, Tailandia y Senegal son los países que presentan un interés creciente en este tema durante los últimos años.

Teniendo en cuenta el número de publicaciones realizadas en este tema específico, y como se observa en la Figura 8, las principales instituciones identificadas son el departamento de Agricultura de los Estados Unidos - USDA, la Academia China de Ciencias Agrícolas y el Instituto de Investigación del Algodón de China.

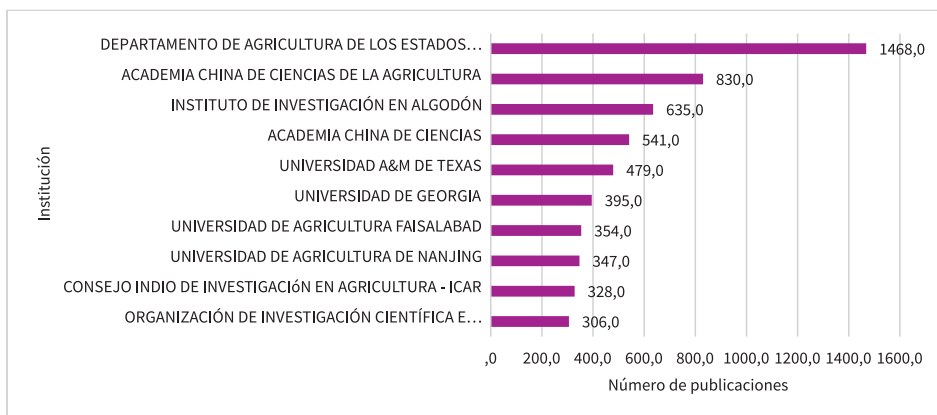
**Tabla 19**  
Países con dinámica de publicación creciente

| País           | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| China          | 54   | 65   | 77   | 99   | 118  | 115  | 142  | 176  | 208  | 254  | 264  | 329  | 347  | 405  | 261  |
| Pakistán       | 10   | 20   | 22   | 28   | 46   | 46   | 62   | 47   | 60   | 69   | 53   | 73   | 73   | 70   | 38   |
| Colombia       | 0    | 0    | 0    | 1    | 3    | 2    | 1    | 2    | 0    | 2    | 0    | 2    | 2    | 5    | 1    |
| Arabia Saudita | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 3    | 8    | 4    | 9    | 4    | 5    | 12   | 4    | 14   | 4    |
| Bangladesh     | 0    | 1    | 0    | 1    | 1    | 1    | 0    | 1    | 1    | 0    | 3    | 3    | 8    | 5    | 5    |
| Kenia          | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 1    | 1    | 2    | 2    | 2    | 1    | 3    | 2    | 5    | 2    |
| Canadá         | 3    | 2    | 1    | 6    | 2    | 7    | 3    | 3    | 5    | 5    | 3    | 6    | 7    | 12   | 2    |
| Tailandia      | 1    | 3    | 2    | 5    | 6    | 5    | 3    | 5    | 3    | 1    | 7    | 8    | 6    | 9    | 3    |
| Senegal        | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 1    | 0    | 4    | 3    | 0    |

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

**Figura 8**

*Instituciones líderes en investigación*

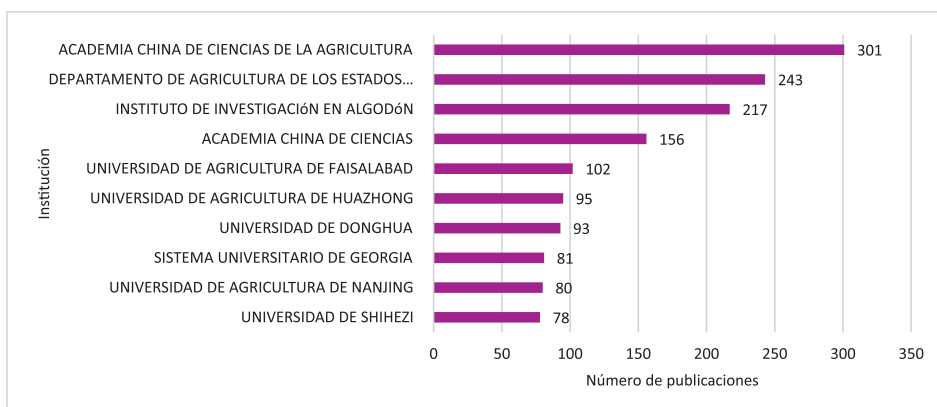


Fuente: Elaboración propia con base en información de Web Of Science (2019)

Tal como se observa en la Figura 9, durante los últimos tres años, la Academia China de Ciencias Agrícolas ha sido la institución que más publicaciones ha realizado, enfocando sus estudios en mecanismos moleculares en el desarrollo de tricomas, genética para el alargamiento de la fibra, mejora para la tolerancia a la sequía, semillas de algodón transgénico, manejo de plagas y resistencia al estrés salino. Por su parte, el USDA desarrolla estudios enfocados al cambio climático, requerimiento hídrico, nanotecnología, algodón transgénico resistente a plagas, tejidos antibacterianos, calidad de la fibra y variedades resistentes a nematodos.

**Figura 9**

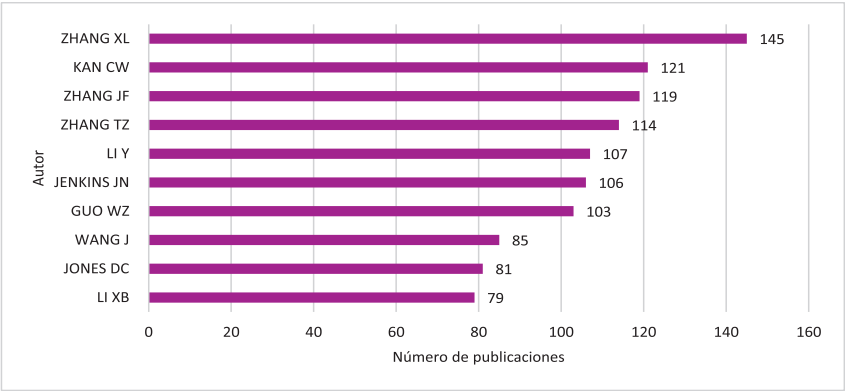
*Instituciones líderes en investigación durante los últimos tres años*



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

En cuanto a los investigadores a nivel mundial, de acuerdo con la Figura 10, los autores que mayor número de publicaciones registran son Xianlong Zhang de la Universidad de Agricultura de Huazhong; Chi Wai Kan de la Universidad Politécnica de Hong Kong, y Jinfa Zhang de la Universidad del Estado de Nuevo México. Finalmente, se debe destacar que durante los últimos tres años, estos mismos autores figuran dentro de los diez que más han publicado.

**Figura 10**  
*Autores líderes en investigación*

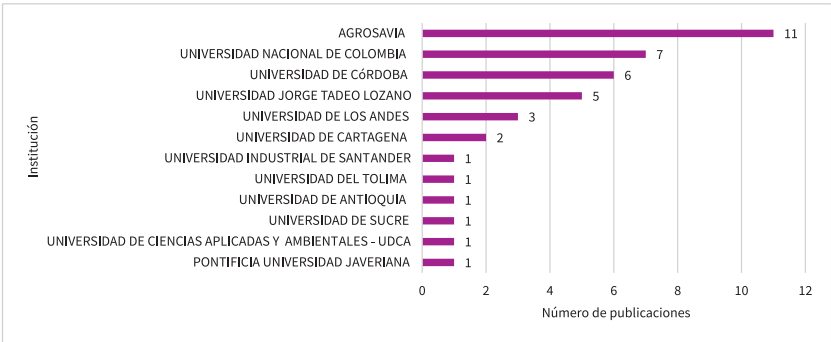


Fuente: Elaboración propia con base en información de Web Of Science (2019)

### 3.1.4. REVISIÓN ACADÉMICA PARA COLOMBIA

Para el caso específico de Colombia, las instituciones que mayor número de publicaciones han realizado en temas relacionados con el algodón, tal como se presenta en la Figura 11, son Agrosavia, la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Córdoba.

**Figura 11**  
*Instituciones líderes en investigación en Colombia*



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

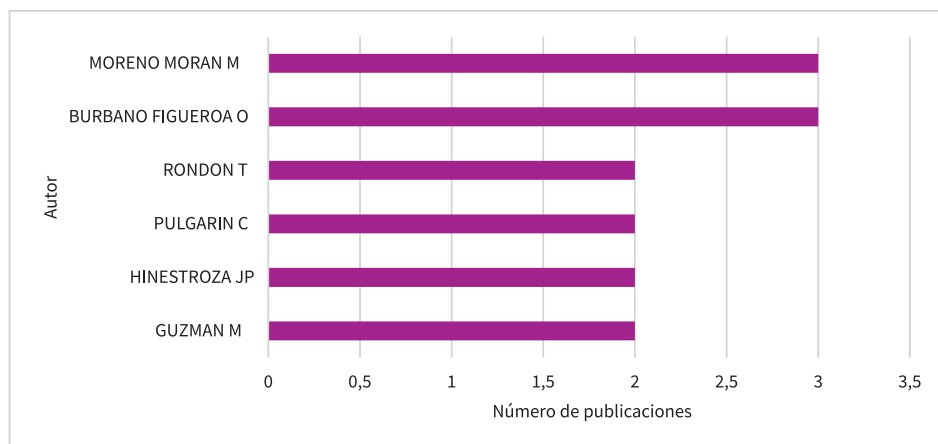
En Agrosavia, los estudios se han enfocado en la ramulosis causada por *Colletotrichum gossypii* var. *Cephalosporioides*, densidad de siembra, preferencias de TRIPS (*Thysanoptera*), evaluación de diferentes variedades y análisis en el uso de biofertilizantes.

Por su parte, la Universidad Nacional de Colombia ha enfocado sus investigaciones en analizar el uso de algodón tejido como material de refuerzo incrustado en resina epoxídica, mecanismos de defensa natural de las plantas contra los artrópodos herbívoros y la caracterización molecular y diferenciación genética de *Spodoptera frugiperda* (*Lepidoptera: Noctuidae*).

Finalmente, la Universidad de Córdoba ha enfocado sus estudios en el análisis de la suplementación con semillas de algodón en el consumo y el rendimiento productivo de las ovejas colombianas; estudios de la diversidad de entomofauna asociada a la vegetación circundante en cultivos de algodón; análisis de la correlación entre rendimiento, estabilidad fenotípica y selección simultánea en algodón; producción de biodiesel y los efectos del nematodo del nudo de la raíz *Meloidogyne* incógnita y el patógeno fúngico *Thielaviopsis basicola* sobre el crecimiento de las plántulas de algodón y la morfología de la raíz.

En Colombia, de acuerdo con la Figura 12, los investigadores que mayor número de publicaciones han realizado son Gloria Milena Moreno y Oscar Alberto Burbano de Agrosavia, quienes han enfocado sus investigaciones en el estudio de la ramulosis causada por *Colletotrichum gossypii* var. *Cephalosporioides*.

**Figura 12**  
*Autores líderes en investigación en Colombia*



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

## 3.2. REVISIÓN TECNOLÓGICA

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

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

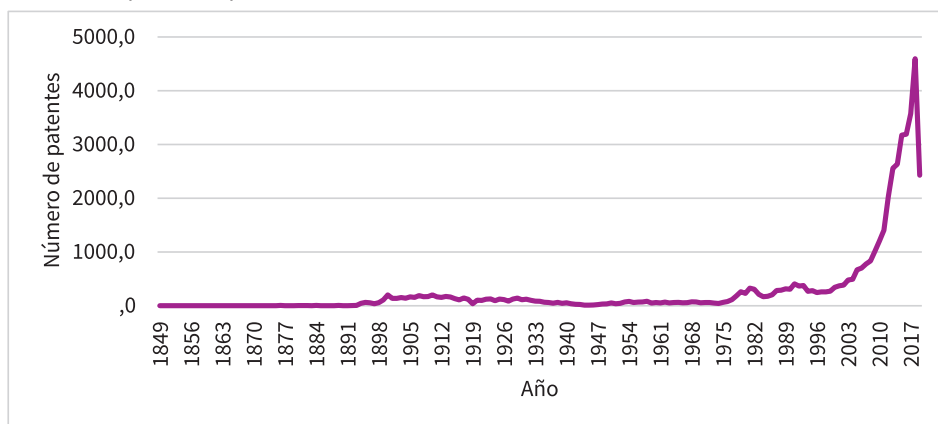
title:(("Gossypium herbaceum") OR ("Gossypium barbadense") OR  
("Gossypium hirsutum") OR cotton)

### 3.2.1. DINÁMICA DE PUBLICACIÓN

Una vez realizada la búsqueda en la base de datos de patentes *Lens*, se obtuvieron 45.586 patentes. Tal como se observa en la Figura 13, los desarrollos tecnológicos relacionados con el algodón se registran desde 1849, pero es sobre el año 1977 que la dinámica de patentamiento empezó a crecer hasta llegar a su punto máximo de 4.597 patentes en el año 2018, lo que demuestra el interés creciente a nivel mundial por desarrollar nuevos productos o procesos relacionados con el algodón.

**Figura 13**

Número de patentes por año



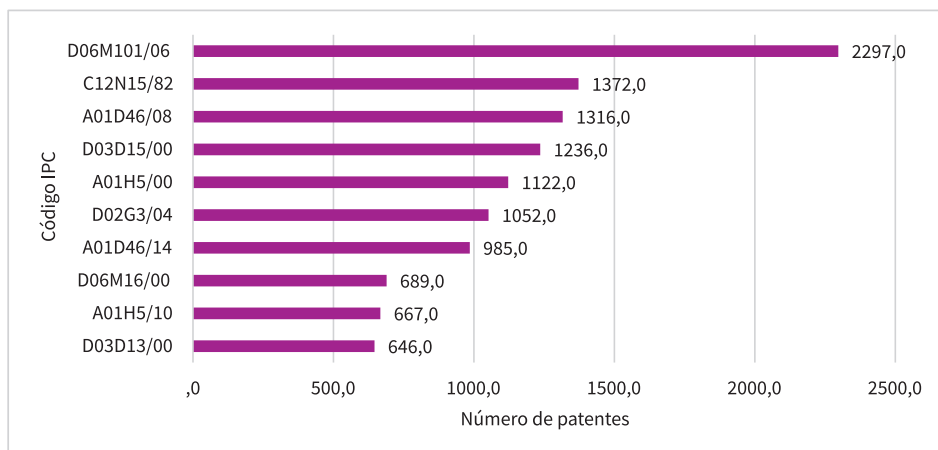
Fuente: Elaboración propia con datos de Lens (2019)

### 3.2.2. ÁREAS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

En la Figura 14, se observa que a nivel mundial, la mayor cantidad de patentes están relacionadas con la constitución química de las fibras naturales vegetales celulósicas (D06M101/06), la introducción de material genético extraño utilizando vectores para células vegetales (C12N15/82) y dispositivos para recolección de algodón (A01D46/08).

**Figura 14**

Códigos IPC más patentados



Fuente: Elaboración propia con datos de Lens (2019)

En la Tabla 20, se puede observar la descripción de cada uno de los códigos IPC relacionados en la Figura 14.

**Tabla 20**

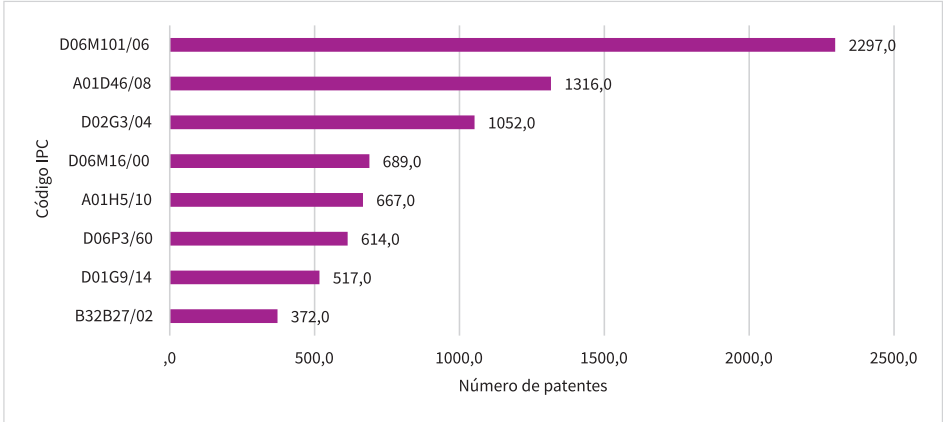
*Descripción de códigos IPC más patentados*

| Código IPC | Descripción                                                                                                        |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D06M101/06 | Constitución química de las fibras naturales vegetales celulósicas                                                 |
| C12N15/82  | Introducción de material genético extraño utilizando vectores para células vegetales                               |
| A01D46/08  | Dispositivos para recolección de algodón                                                                           |
| D03D15/00  | Tejidos caracterizados por el material o la construcción del hilo u otros elementos de urdimbre o trama utilizados |
| A01H5/00   | Angiospermas                                                                                                       |
| D02G3/04   | Hilos o hilos mezclados u otros que contengan componentes hechos de diferentes materiales                          |
| A01D46/14  | Dispositivos para recolección de algodón utilizando recolectores de pelusa de la planta                            |
| D06M16/00  | Tratamiento bioquímico de fibras, hilos, hilados, telas o productos fibrosos                                       |
| A01H5/10   | Semillas                                                                                                           |
| D03D13/00  | Tejidos caracterizados por la disposición especial de los hilos de urdimbre o de trama                             |

*Fuente:* Elaboración propia con datos de Lens (2019)

En la Figura 15, se observa que los temas de patentamiento que presentan tendencia creciente en el interés de desarrollo se encuentran relacionados a dispositivos para recolección de algodón (A01D46/08); semillas (A01H5/10); máquinas para abrir o limpiar fibras de algodón (D01G9/14); productos en capas que comprenden esencialmente resina sintética en forma de fibras o filamentos (B32B27/02); constitución química de las fibras naturales vegetales celulósicas (D06M101/06); tratamiento bioquímico de fibras, hilos, hilados, telas o productos fibrosos hechos de dichos materiales (D06M16/00) y procesos especiales de teñido o estampado de textiles de celulosa natural o regenerada (D06P3/60).

**Figura 15**  
*Códigos IPC con tendencia creciente en los últimos tres años*



Fuente: Elaboración propia con datos de Lens (2019)

En la Tabla 21, se puede observar la descripción de cada uno de los códigos IPC relacionados en la Figura 15.

**Tabla 21**  
*Descripción de códigos IPC con tendencia creciente*

| Código IPC | Descripción                                                                                              |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A01D46/08  | Dispositivos para recolección de algodón                                                                 |
| A01H5/10   | Semillas                                                                                                 |
| B32B27/02  | Productos en capas que comprenden esencialmente resina sintética en forma de fibras o filamentos         |
| D01G9/14   | Máquinas para abrir o limpiar fibras de algodón                                                          |
| D02G3/04   | Hilos o hilos mezclados u otros que contengan componentes hechos de diferentes materiales                |
| D06M101/06 | Constitución química de las fibras naturales vegetales celulósicas                                       |
| D06M16/00  | Tratamiento bioquímico de fibras, hilos, hilados, telas o productos fibrosos hechos de dichos materiales |
| D06P3/60   | Procesos especiales de teñido o estampado de textiles de celulosa natural o regenerada                   |

Fuente: Elaboración propia con datos de Lens (2019)

En la Tabla 22, se relacionan algunas de las patentes más citadas y nuevas para cada una de las tecnologías que presentan tendencia creciente.

**Tabla 22***Relación de patentes para las tecnologías con tendencia creciente*

| <b>Tecnología</b>                                                                                | <b>Número de patente</b> | <b>Nombre de la patente</b>                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dispositivos para recolección de algodón                                                         | US 2019/0150362 A1       | Sistema de montaje modular para una cosechadora de algodón                                                                                                 |
|                                                                                                  | CN 109435817 A           | Vehículo auxiliar de recolección de algodón                                                                                                                |
|                                                                                                  | CN 109392449 A           | Recolector de algodón                                                                                                                                      |
| Semillas                                                                                         | US 2019/0239464 A1       | Variedad de algodón 16r225nrb2xf                                                                                                                           |
|                                                                                                  | US 2019/0239468 A1       | Variedad de algodón 16r330b3xf                                                                                                                             |
|                                                                                                  | US 2019/0239465 A1       | Variedad de algodón 16r335b3xf                                                                                                                             |
| Productos en capas que comprenden esencialmente resina sintética en forma de fibras o filamentos | CN 208789173 U           | Resistencia a la deformación de poliéster - Tela de superficie de mezcla de algodón                                                                        |
|                                                                                                  | CN 109603303 A           | Material de filtro de algodón estático que contiene auxiliares de energización y método de preparación del mismo                                           |
|                                                                                                  | CN 208646197 U           | Tela de poliéster con decoración antibiótica - Mezcla de algodón                                                                                           |
| Máquinas para abrir o limpiar fibras de algodón                                                  | CN 109554780 A           | Abridor de algodón ecológico para textiles con una pluralidad de rodillos de apertura                                                                      |
|                                                                                                  | CN 208649519 U           | Máquina de manejo de materia prima de algodón purificado                                                                                                   |
|                                                                                                  | CN 109402799 A           | Dispositivo para limpiar algodón                                                                                                                           |
| Hilos o hilos mezclados u otros que contengan componentes hechos de diferentes materiales        | EP 3327186 B1            | Método y aparato de hilatura de rotor con entrada asincrónica de dos hilos de algodón y cardado de tres etapas                                             |
|                                                                                                  | CN 109652883 A           | Método de producción de hilo de blindaje electromagnético mezclado de algodón y acero inoxidable                                                           |
|                                                                                                  | CN 109610058 A           | Tecnología de producción de hilos de algodón mezclados antibacterianos                                                                                     |
| Constitución química de las fibras naturales vegetales celulósicas                               | WO 2019/055502 A3        | Mejora del equilibrio de las propiedades de prensado duradero de telas de algodón con tecnología no formaldehído                                           |
|                                                                                                  | CN 109680504 A           | Agente de acabado suave hidrofílico aplicado al material de tela de poliéster- algodón                                                                     |
|                                                                                                  | CN 109674803 A           | Agente antibacteriano, tela no tejida de algodón puro antibacteriano y método de preparación y aplicación de tela no tejida de algodón puro antibacteriano |

| Tecnología                                                                                               | Número de patente  | Nombre de la patente                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tratamiento bioquímico de fibras, hilos, hilados, telas o productos fibrosos hechos de dichos materiales | CN 109457467 A     | Agente de acabado de eliminación de suciedad suave y respetuoso con el medio ambiente para telas de algodón        |
|                                                                                                          | CN 109403030 A     | Tecnología textil de hilo de algodón puro anti-moho                                                                |
|                                                                                                          | WO 2019/011266 A1  | Anti-perforación de tela que contiene algodón y lana, y método de procesamiento para ello                          |
| Procesos especiales de teñido o estampado de textiles de celulosa natural o regenerada                   | US 2019/0233650 A1 | Tinte para teñir fibra de algodón en dióxido de carbono supercrítico, método de preparación y aplicación del mismo |
|                                                                                                          | CN 109593383 A     | Método de modificación del pigmento de cáscara de naranja y aplicación del mismo en teñido de algodón              |
|                                                                                                          | KR 20190021856 A   | Método ecológico de teñido y acabado de arrugas de textiles de algodón                                             |

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

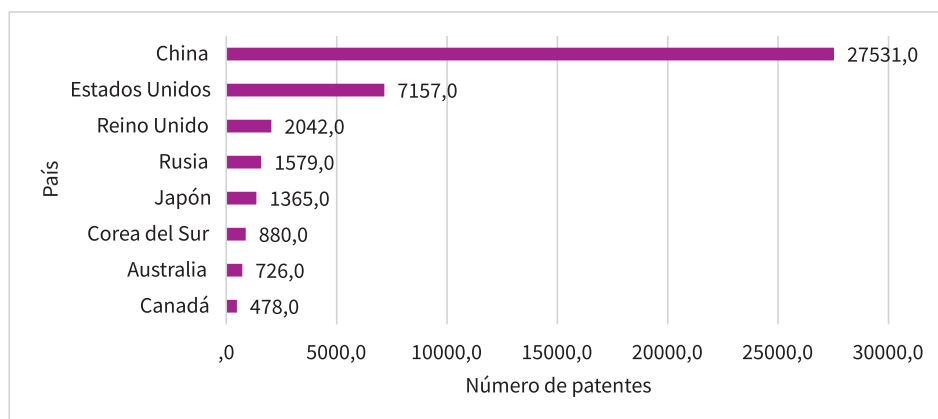
### 3.2.3. ACTORES LÍDERES

Tal como se observa en la Figura 16, China es el país en donde mayor número de patentes relacionadas con el algodón se protegen a nivel mundial, seguido por Estados Unidos y Reino Unido.

Durante los últimos tres años, como se observa en la Figura 17, China lidera el desarrollo de productos relacionados con el algodón, seguido de Estados Unidos y Corea del Sur. En el caso de China, las patentes se han concentrado en la constitución química de las fibras naturales vegetales celulósicas (D06M101/06), productos estratificados caracterizados por propiedades particulares o características de superficie particulares (B32B33/00) e hilos mezclados u otros que contengan componentes hechos de diferentes materiales (D02G3/04). En el caso de Estados Unidos, las patentes se han centrado en semillas de algodón (A01H5/10, A01H6/60), introducción de material genético extraño utilizando vectores para células vegetales (C12N15/82) y procedimientos de modificación de los genotipos (A01H 1/00). Finalmente, Corea del Sur ha orientado sus patentes en hilos o hilos mezclados u otros que contengan componentes hechos de diferentes materiales (D02G3/04); producción de fibras, filamentos, hilados o hilos por retorcido; fijación de la torsión y destorsión (D02G1/02), y artículos de maquillaje o de tocador (A45D44/00).

**Figura 16**

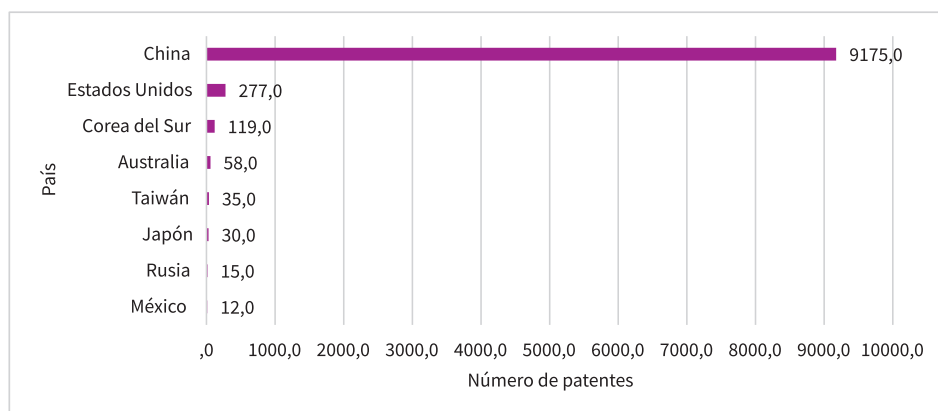
*Principales oficinas de propiedad industrial*



Fuente: Elaboración propia con datos de Lens (2019)

**Figura 17**

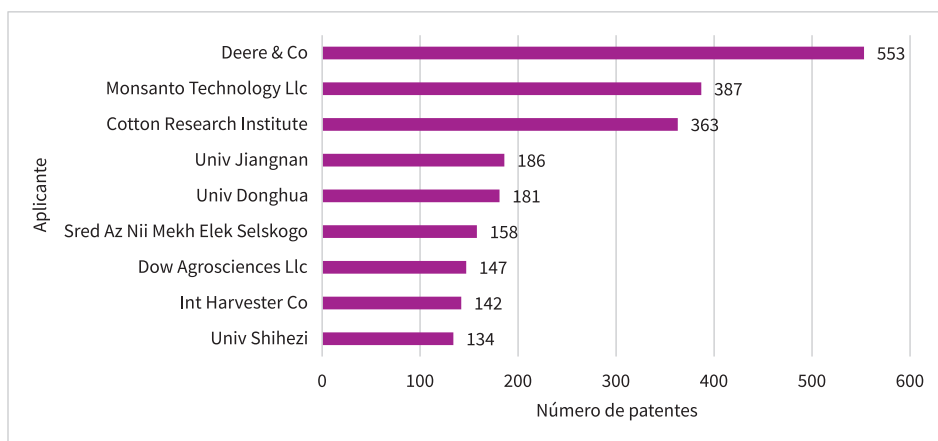
*Principales oficinas de propiedad industrial durante los últimos tres años*



Fuente: Elaboración propia con datos de Lens (2019)

Tal como se observa en la Figura 18, los resultados destacan el liderazgo de las multinacionales Deere & Co y Monsanto, seguidas por el Cotton Research Institute de China.

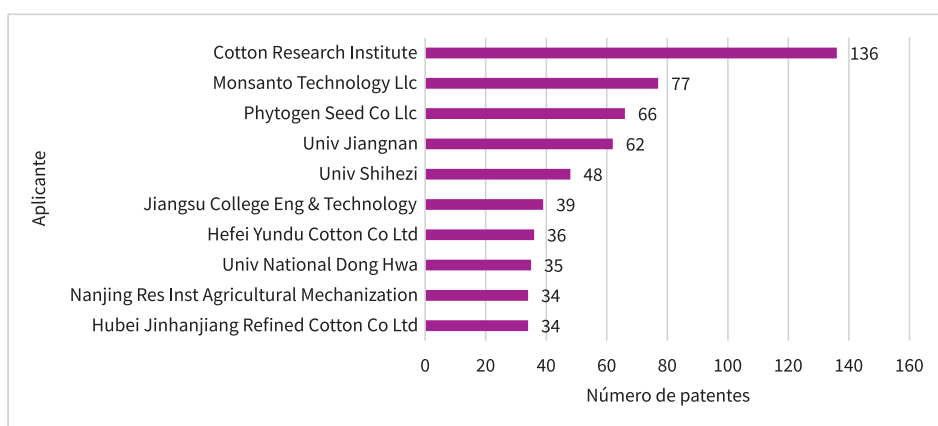
**Figura 18**  
*Principales aplicantes*



Fuente: Elaboración propia con datos de Lens (2019)

Durante los últimos tres años, los aplicantes que han liderado el desarrollo de patentes relacionadas al algodón, tal como se observa en la Figura 19, son el Cotton Research Institute de China, Monsanto y Phytogen Seed, los cuales concentran sus esfuerzos en el mejoramiento genético para aumentar rendimiento y resistencia a plagas y enfermedades.

**Figura 19**  
*Principales aplicantes durante los últimos tres años*

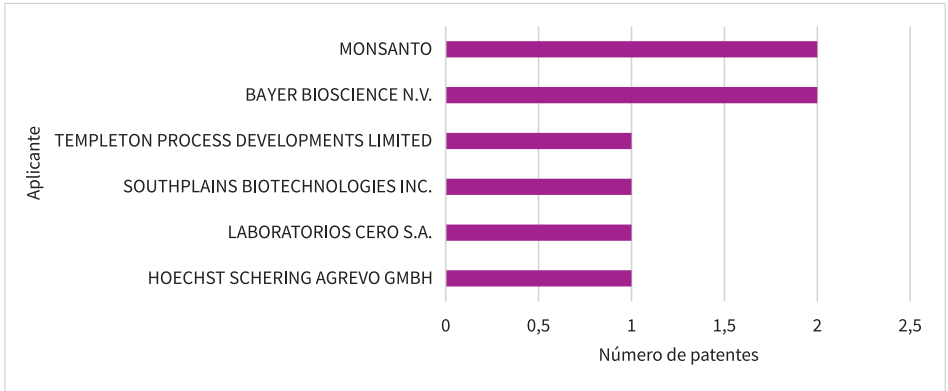


Fuente: Elaboración propia con datos de Lens (2019)

3.2.4. REVISIÓN TECNOLÓGICA PARA COLOMBIA

Para el caso específico de Colombia, de acuerdo con la Figura 20, Monsanto y Bayer lideran el desarrollo de patentes en algodón, con un total de dos cada una, relacionadas con plantas resistentes a insectos.

Figura 20  
Aplicantes en Colombia



Fuente: Elaboración propia con datos de WIPO

En la Tabla 23, se relacionan las patentes que se encuentran registradas en Colombia.

Tabla 23  
Relación de patentes registradas en Colombia

| Aplicante                              | No. Patente | Nombre                                                                                                          | Año  |
|----------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| BAYER BIOSCIENCE                       | CO6260154   | Plantas de algodón con tolerancia a insectos y métodos para identificarlas                                      | 2011 |
|                                        | CO6251334   | Plantas de algodón resistentes a insectos que comprenden el evento EE-GH6 y métodos para identificar las mismas | 2011 |
| MONSANTO                               | CO5601048   | Evento de algodón MON 88913 y composiciones y métodos para su detección                                         | 2006 |
|                                        | CO5370674   | Evento de algodón MON15985 y composiciones y métodos para detección del mismo                                   | 2004 |
| Templeton Process Developments Limited | CO4700557   | Aparato y método de despepitado de algodón                                                                      | 1998 |
| Southplains Biotechnologies Inc.       | CO4810305   | Transformación y regeneración de plantas fértiles de algodón                                                    | 1999 |

| Aplicante                           | No. Patente | Nombre                                                                 | Año  |
|-------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Laboratorios Cero S.A.</b>       | CO5810198   | Aplicador de copos húmedos de algodón                                  | 2007 |
| <b>Hoechst Schering Agrevo GmbH</b> | CO5221022   | Productos herbicidas para cultivos de algodón tolerantes o resistentes | 2002 |

Fuente: Elaboración propia con datos de WIPO (2019)

### 3.3. TECNOLOGÍAS DE RUPTURA

A través de la información recopilada, se observa que el interés de la comunidad académica por estudiar temas relacionados con el algodón presenta una tendencia creciente, enfocando sus esfuerzos en áreas como mejoramiento genético, fisiología, rendimiento de producción, manejo de enfermedades, control de plagas, fertilización, tolerancia a la sal, desarrollo de textiles hidrofóbicos, textiles para aplicaciones médicas, textiles con nanotecnología, reciclaje de textiles, tejido modal, textiles funcionales y producción de biomasa, biodiesel, bioetanol y biogás.

En cuanto al desarrollo tecnológico, la dinámica de patentamiento se incrementa a partir del año 1977 y presenta un crecimiento exponencial hasta el 2018, siendo el material vegetal mejorado genéticamente, dispositivos para recolección de algodón, máquinas para abrir o limpiar fibras de algodón y el desarrollo de textiles funcionales, las áreas de desarrollo que presentan una tendencia creciente a nivel mundial.

Con base en el análisis de la revisión científica y tecnológica, el Tolima debe enfocarse en el uso de tecnologías de agricultura de precisión para el apoyo en la toma de decisiones relacionadas con el manejo agronómico, con el fin de hacer un uso eficiente de los insumos y alcanzar mayores rendimientos. Las tecnologías de precisión recomendadas por su relación costo/beneficio son las siguientes: sensores de presión atmosférica, sensores de humedad de la hoja - LWS, sensores de humedad del ambiente, sensores de temperatura ambiental, sensores de luminosidad, sensores de humedad del suelo (marca de agua), sensores de temperatura del suelo, sensores de radiación solar, sensores de radiación ultravioleta, cámaras multispectrales, drones, antenas y estaciones meteorológicas, soportadas en equipos de cómputo, servidores y redes inalámbricas (Loaiza y Cardona, 2017).

Por otro lado, debido al interés mundial por el mejoramiento del sistema productivo y la generación de valor agregado a los textiles con fines medicinales, farmacéuticos, cosméticos, ambientales y de moda, el departamento debe concentrar sus esfuerzos en generar valor agregado a la fibra de algodón a

través del desarrollo de textiles funcionales con propiedades antibacteriales, antimicrobiales, superhidrofóbicas, autolimpiables, con almacenamiento de energía, para absorción de microondas, para eliminación de ácido húmico de soluciones acuáticas y textiles con aplicaciones antienviejecimiento.



## CAPÍTULO

# 4

## ANÁLISIS DE BRECHAS

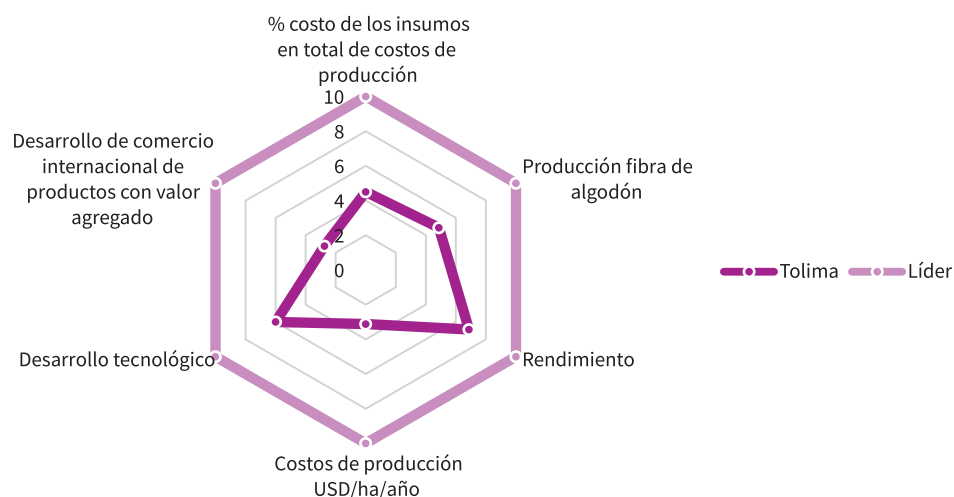


Con base en la información recopilada en la caracterización de la cadena productiva de algodón a nivel mundial y nacional, con el objetivo de identificar el foco estratégico del departamento, se valoró en una escala de 1 a 10, siendo 1 la peor condición y 10 la mejor, el estado de los siguientes indicadores en el Tolima con respecto al país líder, teniendo en cuenta el concepto de los expertos de diferentes eslabones de la cadena: porcentaje del costo de los insumos en el total de los costos de producción, producción de fibra de algodón, rendimiento, costos de producción, desarrollo tecnológico y desarrollo de comercio internacional de productos con valor agregado. La Figura 21 muestra las brechas identificadas.



**Figura 21**

*Brechas de la cadena productiva de algodón del Tolima con respecto al líder mundial*



Fuente: *Elaboración propia*

En Colombia, los agricultores deben afrontar además de arriendos y el costo del uso del agua, el elevado valor de los insumos, que llega al 40% del total de los costos de producción (fertilizantes y plaguicidas, químicos o biológicos). La ausencia de tecnologías de agricultura de precisión dificulta el uso eficiente de los productos. India, por su parte, es el país con los agroinsumos menos costosos para producir algodón. Se gastan solo alrededor de 200 USD/ha en insecticidas, deshierbe y fertilizantes (Agronet, 2019).

India se ha posicionado desde el año 2015 como el mayor productor de fibra de algodón a nivel mundial, alcanzando 6,35 millones de toneladas en el 2017. Colombia presenta una disminución significativa del área sembrada y de la productividad, llegando a 19.068 t en el mismo año (Choudhary, 2020).

El país que presenta mayor rendimiento de algodón con semilla es China con 5,28 t/ha. En segundo lugar se ubica Australia con 5,15 t/ha, mientras que en Colombia la cifra es de 3,91 t/ha (FAO, 2019). Estas diferencias se basan en la baja tecnificación del cultivo, así como en la maquinaria obsoleta con la que se trabaja actualmente (Agronet, 2019).

Los costos de producción por hectárea durante un año en Australia equivalen a USD 750 (Vicini, 2020), mientras que, en Colombia, el indicador aumenta a USD 1.627. En el departamento del Tolima, el costo es superior (USD 1.845), impulsado por el valor de los insumos y la mano de obra (Agronet, 2019).

China es el país que lidera el desarrollo tecnológico a nivel mundial, enfocándose en la producción de diferentes tipos de textiles con propiedades diferenciadas, mientras que Colombia se ha orientado al desarrollo de nuevas variedades resistentes a las plagas más comunes en las zonas productoras.

Es evidente la debilidad que presenta el país en agroindustria y transformación. Las exportaciones de productos con valor agregado a nivel nacional no superan las 70 t en total. El producto que más se exporta es “prendas y complementos de algodón para bebés”, con un total de 51 t, mientras que Tailandia exporta un total de 51 millones de t de esta categoría (Trade Map, 2019). En la Tabla 24 se muestra el consolidado de brechas para los diferentes indicadores de la cadena productiva de algodón.

**Tabla 24**  
*Consolidación de brechas de la cadena productiva de algodón*

| % costo de los insumos en total de costos de producción                                                          |                                                                                                                                                             |            |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|
| Condición local (Colombia)                                                                                       | Condición en país líder (India)                                                                                                                             | Valoración | Brecha |
| 40%                                                                                                              | 30%                                                                                                                                                         | 4,5        | 5,5    |
| Producción fibra de algodón (t)                                                                                  |                                                                                                                                                             |            |        |
| Condición local (Colombia)                                                                                       | Condición en país líder (India)                                                                                                                             | Valoración | Brecha |
| 19.968                                                                                                           | 6.350.000                                                                                                                                                   | 4,87       | 5,13   |
| Rendimiento de algodón con semilla                                                                               |                                                                                                                                                             |            |        |
| Condición local (Colombia)                                                                                       | Condición en país líder (China)                                                                                                                             | Valoración | Brecha |
| 3,91 t/ha                                                                                                        | 5,28 t/ha                                                                                                                                                   | 6,87       | 3,13   |
| Costos de producción USD/ha/año                                                                                  |                                                                                                                                                             |            |        |
| Condición local (Tolima)                                                                                         | Condición en país líder (Australia)                                                                                                                         | Valoración | Brecha |
| 1.845                                                                                                            | 750                                                                                                                                                         | 3,12       | 6,88   |
| Desarrollo tecnológico                                                                                           |                                                                                                                                                             |            |        |
| Condición local (Colombia)                                                                                       | Condición en país líder (China)                                                                                                                             | Valoración | Brecha |
| -Plantas de algodón con tolerancia a insectos y métodos para identificarlas                                      | -Método de producción de hilo de blindaje electromagnético mezclado de algodón y acero inoxidable                                                           |            |        |
| -Plantas de algodón resistentes a insectos que comprenden el evento EE-GH6 y métodos para identificar las mismas | -Tecnología de producción de hilos de algodón mezclados antibacterianos                                                                                     |            |        |
| -Evento de algodón MON 88913 y composiciones y métodos para su detección                                         | -Tecnología textil de hilo de algodón puro anti-moho                                                                                                        | 6          | 4      |
| -Evento de algodón MON15985 y composiciones y métodos para detección del mismo                                   | -Agente antibacteriano, tela no tejida de algodón puro antibacteriano y método de preparación y aplicación de tela no tejida de algodón puro antibacteriano |            |        |

| Desarrollo de comercio internacional de productos con valor agregado                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |            |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|
| Condición local (Colombia)                                                                                                                                                                                           | Condición en país líder (China, India, EE. UU., Tailandia, Malasia)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Valoración | Brecha |
| Hilo de coser de algodón: 10 t. Prendas y complementos “accesorios” de vestir, de punto, de algodón, para bebés: 51 t. Abrigos, chaquetones, capas, anoraks, cazadoras y artículos simil., de punto de algodón: 3 t. | Hilo de coser de algodón: 1.456 t (China)<br>Hilados de algodón distintos al hilo de coser: 1.220.425 t (India)<br>Pasta de linter de algodón: 78.615 t (Estados Unidos)<br>Prendas y complementos “accesorios” de vestir, de punto, de algodón, para bebés: 50.942.643 t (Tailandia)<br>Abrigos, chaquetones, capas, anoraks, cazadoras y artículos simil., de punto de algodón: 2.145.194 t (Malasia) | 2,75       | 7,25   |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las brechas identificadas anteriormente, se evidencia el liderazgo en costos de Australia. Esta posición se debe al uso de tecnología de precisión en las prácticas de cultivo y desmote, como cosechadoras con monitores de rendimiento, apalancado por las universidades y la empresa privada. Estados Unidos es otro de los países que sobresale en lo que respecta a monitores de rendimiento instantáneo, con productos como Zycom (de Bedford), MA y Micro Trak (de Eagle), adaptables a todas las marcas de cosechadoras y compatibles con conexión a distintos GPS, con unidades lectoras de tarjetas PCMCIA y software mapeador (Vicini, 2020).

Los monitores de rendimiento de algodón constan de varias partes y trabajan con tecnología IRSA, es decir, mediante el uso de un haz de luz infrarroja previamente calibrado para detectar el paso de algodón cosechado por las toberas o conductos, previo a la caída en la tolva de la máquina, determinando el mayor o menor rendimiento de un lote. Estos equipos tienen varios sensores (de velocidad, de levante de la plataforma, etc.) un módulo de proceso central, consolas para observar los valores recogidos y conexión a GPS.

El reconocimiento de la variabilidad espacial y temporal del clima, los suelos y los cultivos, haciendo uso de tecnología de precisión en el cultivo de algodón en Colombia, es aún incipiente. El sector algodonero en el Tolima, al igual que en el país, presenta un nivel de competitividad muy bajo. Una de las causas es el uso ineficiente de los insumos de producción, lo que conlleva

a un inferior nivel de productividad y rentabilidad del sector, al compararlo con sus competidores internacionales. La implementación de la agricultura de precisión contribuye a captar información importante y a evaluar las condiciones de los terrenos monitoreados, con el apoyo de drones y cámaras multispectrales con alta definición e información georreferenciada, con el fin de proporcionarle al cultivo los recursos necesarios con base en sus requerimientos específicos, para alcanzar el mayor rendimiento posible. En este sentido, el uso eficiente de insumos en las diferentes zonas de cultivo permitiría, como en los países líderes, reducir los costos en insumos. Es importante el uso de cultivares con adaptación específica y no general, para incrementar los rendimientos (Loaiza y Cardona, 2017).

En cuanto al factor rendimiento, se evidencia que India es uno de los mejores productores de algodón. En este país, el producto es conocido popularmente como “oro blanco”. La nación no solo es líder a nivel mundial en la producción de la materia prima, sino también en el sector textil - confecciones. Su posición se atribuye a una industria textil y de hilatura fuerte y articulada con el eslabón productivo, que no tiene problemas de escasez de algodón y al fuerte apoyo del Ministerio de Textiles (Choudhary, 2020).

El algodón es el principal cultivo comercial de la India. No solo es una fuente de sustento para millones de agricultores, sino que también es una importante fibra natural para la actividad textil, el empleo y la exportación. Anteriormente, las fábricas textiles dependían de la importación, pero gracias a la introducción de esquemas especiales como los programas de producción intensiva de los últimos años, el país se ha vuelto autosuficiente. Debido a la mejora significativa en la producción y el rendimiento del algodón que trajo la Misión Tecnológica iniciada en el año 2000, la cantidad excedente también comenzó a exportarse al mercado mundial. La disponibilidad adecuada de algodón en la India hace que el cultivo desempeñe un papel importante en la competitividad de la industria textil en el mercado internacional, pues proporciona seguridad de fibra a nivel doméstico a un precio reducido.

El gobierno indio lanzó la Misión de Tecnología del Algodón en febrero de 2000 para mejorar la productividad y la calidad del algodón en el país de acuerdo con los estándares internacionales. En virtud de esto, se realizaron investigaciones sobre el algodón, desarrollo tecnológico, mejora de la infraestructura de comercialización y modernización de las fábricas de desmotado y prensado. Desde entonces, ha habido un aumento significativo en el rendimiento y la producción debido al desarrollo de variedades de alto rendimiento, la transferencia adecuada de tecnología, mejores prácticas de gestión agrícola y aumento del área de cultivo híbrido de algodón (Vikaspedia,



2020). De acuerdo con lo anterior, el Gobierno colombiano debería darle un impulso más integral a la investigación en algodón e igualmente ejercer control aduanero para reducir el contrabando.

Más recientemente, se han agregado dispositivos para la recolección de basura, secado, humectación, fraccionamiento de eliminación de fibras, clasificación, limpieza y paquetes de nudos de 218 kg (480 lb) a las desmotadoras modernas de algodón. Mediante el uso de técnicas de succión eléctrica y de aire, las desmotadoras altamente automatizadas pueden producir 14 toneladas métricas de algodón limpio por hora (Greenlane, 2017).

Las brechas presentadas anteriormente evidencian que la maquinaria obsoleta y los insumos encarecen los costos de producción. Por tanto, es imprescindible fomentar la asociatividad e integración de la cadena con miras a acciones de Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías, productos y procesos, todo en pro de mejorar la productividad y la competitividad. Es necesario, reducir el costo de los insumos, especialmente de las semillas; garantizar el acceso a variedades y materiales mejorados, principalmente a los pequeños y medianos productores, facilitar la disponibilidad de capital de trabajo y contar con asistencia técnica especializada, así como estimular la modernización tecnológica de las desmotadoras y el uso de tecnologías de precisión, reducir el volumen de importaciones, y regular el mercado oligopsonio que existe actualmente.



## CAPÍTULO

# 5

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



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

### 5.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

A partir del análisis de estas limitantes y oportunidades de la cadena, y su impacto en los diferentes eslabones que la conforman, se logró establecer un total de 18 variables que inciden en su comportamiento en el mediano y largo plazo (Castellanos, Torres, y Domínguez, 2009; Orjuela-Garzon, Mendez-Arteaga, y Castro, 2017; Lima et al., 2001). Estas fueron agrupadas en dos categorías: tecnológicas<sup>1</sup> y no tecnológicas. La Tabla 25 muestra la consolidación de las limitantes y oportunidades para la definición de variables.

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

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

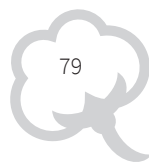




Tabla 25

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

| Eslabón que influye    | Oportunidades y limitaciones relacionadas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Nombre de la variable                                                                                                                                                    |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Variables tecnológicas |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                          |
| Producción             | <b>Limitaciones:</b> Escasa adopción de material mejorado. Mala calidad de las semillas importadas. <b>Oportunidades:</b> Semillas de algodón más resistentes a las condiciones ambientales de una región específica y tolerantes al estrés por sequía y la acidez. Desarrollo de algodón de colores. Uso de las nuevas variedades desarrolladas por Agrosavia. Utilización de transgénicos para el mejoramiento de la productividad, debidamente reglamentado y validado. | Investigación, Desarrollo e innovación en genotipos con fibra de alta calidad adaptados a las condiciones agroecológicas del Tolima                                      |
| Producción             | <b>Limitaciones:</b> Las densidades de siembra, así como las necesidades nutricionales, dependen de los nuevos materiales. <b>Oportunidades:</b> Mejora de los métodos de labranza y fertilización.                                                                                                                                                                                                                                                                        | Investigación, Desarrollo e innovación en manejo integrado de suelos y nutrición                                                                                         |
| Producción             | <b>Limitaciones:</b> No se conoce la demanda de agua y frecuencia adecuada de riego del cultivo. <b>Oportunidades:</b> Mecanismos para identificación de los requerimientos hídricos y el uso eficiente del agua en el cultivo.                                                                                                                                                                                                                                            | Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para el uso eficiente del agua                                                                                     |
| Producción             | <b>Limitaciones:</b> Escasa Investigación y Desarrollo en el manejo del picudo del algodón y la supermaleza <i>Parthenium hysterophorus</i> . <b>Oportunidades:</b> Semillas con avances en biotecnología para el manejo de plagas y arvenses. Control biológico. Tecnologías enfocadas a la protección del ataque de las plagas más nocivas.                                                                                                                              | Investigación y Desarrollo en tecnologías para el manejo integrado de arvenses, plagas y enfermedades                                                                    |
| Producción             | <b>Limitaciones:</b> Costo, transferencia, adopción y conectividad de tecnologías. <b>Oportunidades:</b> Estaciones meteorológicas conectadas a internet para el registro de variables climáticas y agricultura de precisión.                                                                                                                                                                                                                                              | Tecnologías de agricultura de precisión para optimizar la productividad y realizar seguimiento fisiológico, sanitario y edáfico y estimación de rendimientos del cultivo |

| Eslabón que influye | Oportunidades y limitaciones relacionadas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Nombre de la variable                                                                                                                                                                               |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Producción          | <p><b>Limitaciones:</b> Escaso uso de productos orgánicos. Excesivo uso de agroquímicos para fertilización y manejo de plagas y enfermedades. Contaminación del cultivo por el tabaquillo y otros residuos, producto del uso de productos inadecuados para la defoliación. Terrenos y fuentes de agua contaminados en el departamento, que requieren de largos periodos de descanso. <b>Oportunidades:</b> Disminución del uso de pesticidas, manejo mecanizado de arvenses y tratamiento de suelos más limpio.</p> | Tecnologías para la obtención de algodones más limpios                                                                                                                                              |
| Producción          | <p><b>Limitaciones:</b> Alto impacto ambiental del cultivo debido al excesivo consumo de agua y a la cantidad de agroquímicos usados en el proceso de producción. <b>Oportunidades:</b> Implementación de producción más limpia. Determinación de indicadores.</p>                                                                                                                                                                                                                                                  | Investigación y Desarrollo de tecnologías para la disminución del impacto ambiental                                                                                                                 |
| Transformación      | <p><b>Limitaciones:</b> Deficiencias en el sistema de determinación del porcentaje de desmote y la calidad de la fibra. Falta de regulación a la evaluación hecha por las desmotadoras a la fibra entregada. <b>Oportunidades:</b> Implementación de tecnologías de arbitraje para la evaluación de la fibra.</p>                                                                                                                                                                                                   | Tecnologías de arbitraje en porcentaje de desmote y calidad de la fibra                                                                                                                             |
| Transformación      | <p><b>Limitaciones:</b> Débil coordinación entre los eslabones de la cadena algodón - textil - confecciones en el departamento. Escasa innovación en tejidos. <b>Oportunidades:</b> Desarrollo de proyectos conjuntos para el posicionamiento de la cadena. Producción de telas hidrofóbicas, resistentes al encogimiento y a las arrugas, con propiedades aromáticas, antibacterianas, retardantes y anti rayos UV.</p>                                                                                            | Investigación, Desarrollo e innovación para la integración de la cadena algodón - textil - confecciones                                                                                             |
| Transformación      | <p><b>Limitaciones:</b> Desaprovechamiento del aceite de semilla y extracto de algodón. <b>Oportunidades:</b> Producción de biodiesel, compostajes, concentrados y cosméticos hidratantes y con efecto tensor.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Aprovechamiento de la semilla y demás subproductos del cultivo de algodón para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables |
| Transformación      | <p><b>Limitaciones:</b> Escasa transformación del algodón para la industria de aseo en el departamento. <b>Oportunidades:</b> Alta demanda de algodón para la elaboración de productos de aseo, gracias a su gran capacidad de absorción, secado rápido e impermeabilidad.</p>                                                                                                                                                                                                                                      | Aprovechamiento de la fibra de algodón para el desarrollo de productos de valor agregado para la industria de aseo                                                                                  |



| Eslabón que influye       | Oportunidades y limitaciones relacionadas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Nombre de la variable                                                                                                                          |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Variables no tecnológicas |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                |
| Producción                | <b>Limitaciones:</b> Falta de vinculación entre universidades y centros de investigación para el desarrollo tecnológico de la cadena productiva. <b>Oportunidades:</b> Vinculación de actores para el desarrollo conjunto de Investigación y Desarrollo tecnológico en algodón.                                                                                                                                                         | Articulación de actores del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de procesos de transferencia de tecnología |
| Producción                | <b>Limitaciones:</b> Costo de las certificaciones y desconocimiento de estas. <b>Oportunidades:</b> Reconocimiento de la marca “Algodón Colombiano” como una estrategia de posicionamiento a nivel nacional e internacional. Demanda insatisfecha de algodón certificado.                                                                                                                                                               | Adopción de certificaciones de calidad y origen                                                                                                |
| Producción                | <b>Limitaciones:</b> Alta cantidad de insumos agrícolas requeridos para la producción de algodón. Los insumos representan el 40% de los costos de producción. <b>Oportunidades:</b> Incentivos tributarios para los productores de insumos. Investigación y Desarrollo en insumos orgánicos producidos en finca.                                                                                                                        | Optimización de costos de producción                                                                                                           |
| Producción                | <b>Limitaciones:</b> Informalidad de los talleres de confección. <b>Oportunidades:</b> Formalización de la mano de obra en todos los eslabones de la cadena.                                                                                                                                                                                                                                                                            | Disponibilidad de mano de obra calificada                                                                                                      |
| Producción                | <b>Limitaciones:</b> Baja disponibilidad de asistentes técnicos con conocimientos especializados en la cadena, la cual no está siendo incluida dentro de las regulaciones. Condiciones laborales de los asistentes técnicos. <b>Oportunidades:</b> Asesoría a nivel productivo y comercial para incrementar la productividad y las ventas a nivel nacional e internacional. Formalización de los extensionistas y mejores prestaciones. | Cobertura y calidad de la asistencia técnica y extensión agropecuaria especializada en el manejo del cultivo de algodón                        |
| Producción                | <b>Limitaciones:</b> Falta de integración entre los eslabones de la cadena. Pocas agremiaciones. Informalidad. <b>Oportunidades:</b> Enlace de los eslabones. Mejora de las condiciones de negociación. Adquisición de tecnología.                                                                                                                                                                                                      | Mecanismos de asociatividad para pequeños productores                                                                                          |
| Comercialización          | <b>Limitaciones:</b> Disminución de las exportaciones de fibra de algodón. Políticas arancelarias. Dependencia de la importación. <b>Oportunidades:</b> Aumento de la exportación de algodón diferenciado por calidad.                                                                                                                                                                                                                  | Capacidad exportadora                                                                                                                          |

Fuente: Elaboración propia

## 5.2. DEFINICIÓN Y ESTADO ACTUAL DE LAS VARIABLES IDENTIFICADAS

A partir de la validación por parte de los expertos, se procedió a establecer una definición y estado actual de cada una de las variables (Tabla 26), con el fin de facilitar la argumentación por parte de los expertos en las etapas de consulta. Cada una de estas variables identificadas tiene la capacidad de influir en el desempeño de la cadena.

**Tabla 26**

*Definición y estado actual de las variables identificadas*

| Nombre de la variable                                                                                                               | Definición de la variable                                                                                                                                           | Estado actual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Investigación, Desarrollo e innovación en genotipos con fibra de alta calidad adaptados a las condiciones agroecológicas del Tolima | Desarrollo de variedades de alta calidad, tolerantes a condiciones de sequía y acidez y resistentes a las plagas y enfermedades que atacan el cultivo en el Tolima. | Colombia tiene uno de los mejores algodones del mundo. Sin embargo, el cultivo alcanzó las mínimas áreas sembradas en los últimos años. En el Tolima, el MADR, Agrosavia, FENALCE, Conalgodón y el ICA, articuladamente con EMBRAPA (Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria), trabajan en una estrategia conjunta para ampliar la oferta de semillas convencionales y genéticamente modificadas. La investigación está determinada por la demanda de la industria, que requiere calidades de algodón diferenciadas, para las cuales cambian algunos parámetros como longitud, principalmente. Ante esto, se debe trabajar en la generación de variedades con calidades de fibra adaptadas a las industrias nacional e internacional. |
| Investigación, Desarrollo e innovación en manejo integrado de suelos y nutrición                                                    | Tecnologías para satisfacer los requerimientos nutricionales del cultivo con base en sus necesidades y densidades de siembra.                                       | La mayoría de los agricultores en el Tolima fertiliza sin hacer un análisis de suelos previo. Aspectos como fisiología asociada a manejo de suelos, aguas (riego y drenaje) y nutrición deben ser un elemento para tener en cuenta en investigación para mejorar las condiciones del sistema productivo actual.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para el uso eficiente del agua                                                | Tecnología para satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo de forma eficiente.                                                                              | En el Tolima, es necesario capacitar a los productores en manejo racional del recurso hídrico y tecnologías de riego. El agua es el elemento más importante actualmente bajo escenarios de variabilidad climática. Por ende, la investigación en desarrollo de tecnología y/o estrategias de manejo de recurso hídrico debe ser primordial.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

| Nombre de la variable                                                                                                                                                    | Definición de la variable                                                                                                                                                                                                                             | Estado actual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Investigación y Desarrollo en tecnologías para el manejo integrado de arvenses, plagas y enfermedades                                                                    | Tecnologías para el manejo integrado de arvenses, plagas y enfermedades que atacan el cultivo de algodón, profundizando en géneros y especies particulares como son el picudo del algodonnero y el <i>Parthenium hysterophorus</i> (mariguano macho). | Actualmente, las plagas que más atacan el cultivo de algodón en el Toluca son el picudo del algodonnero y los lepidópteros. Los programas de mejoramiento de variedades de algodón deben tener como finalidad no solo el perfeccionamiento de la fibra, sino también la mejora de tolerancias o resistencias a enfermedades, plagas y arvenses.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Tecnologías de agricultura de precisión para optimizar la productividad y realizar seguimiento fisiológico, sanitario y edáfico y estimación de rendimientos del cultivo | Manejo agronómico a través de drones y tecnología satelital para la determinación del punto óptimo de cosecha, la detección de poblaciones de insectos y la estimación localizada de rendimientos.                                                    | Actualmente en el Toluca, la investigación se orienta a estaciones meteorológicas conectadas a internet para el registro de variables climatológicas e implementación de satélites y drones para el manejo agronómico del cultivo: seguimiento fisiológico (punto óptimo de cosecha de la fibra), estimación de rendimientos y detección de poblaciones de insectos. En la actualidad, es poco lo que se ha involucrado las tecnologías de agricultura de precisión al cultivo del algodón, sin embargo, como ha sucedido en países como Estados Unidos, se debe seguir trabajando por alcanzar los avances tecnológicos actuales aplicados para mejorar la eficiencia de las actividades asociadas al manejo agronómico del cultivo. |
| Tecnologías para la obtención de algodones más limpios                                                                                                                   | Métodos de fertilización y control de plagas, enfermedades y arvenses que permitan reducir el uso de agroquímicos.                                                                                                                                    | En el marco del proyecto Más Algodón, de la FAO, se han realizado pruebas con biofertilizantes, biofungicidas, bioinsecticidas y barreras vivas con resultados sobresalientes. La producción limpia de algodón es una apuesta que debe hacer el sector productivo, ya que esto permitiría abrir nuevos mercados para la fibra nacional.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Investigación y Desarrollo de tecnologías para la disminución del impacto ambiental                                                                                      | Tecnologías para la disminución de las huellas verde, gris y azul del cultivo de algodón, a partir de la determinación de los indicadores.                                                                                                            | Actualmente, en el Toluca no se conocen las huellas verde, azul y gris del cultivo, por lo que es necesaria la determinación de estos indicadores y el posterior desarrollo de tecnologías para reducirlos. La investigación debe propender por ayudar a disminuir la huella de Carbono asociada al manejo del cultivo de algodón, enfocándose en la producción limpia del mismo con bajo consumo de agua.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

| Nombre de la variable                                                                                                                                                                                | Definición de la variable                                                                                                                                                                                                                                              | Estado actual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tecnologías de arbitraje en porcentaje de desmote y calidad de la fibra                                                                                                                              | Implementación de tecnologías de arbitraje para la evaluación de la fibra para aumentar la transparencia en el proceso de comercialización.                                                                                                                            | Las propiedades de la fibra son longitud, resistencia, relación de uniformidad y finura, además de azúcar e impurezas. Las desmotadoras cada vez fijan indicadores más exigentes y el productor es cada vez más castigado. Actualmente, la tecnología de arbitraje en desmote y calidad poco ha cambiado, por lo que se espera que a futuro cercano se pueda generar estrategias de mejoras en este sentido.                                                                                                                                                                                                          |
| Investigación, Desarrollo e innovación para la integración de la cadena algodón - textil - confecciones                                                                                              | Articulación de los eslabones para el desarrollo de diferentes proyectos de integración para la producción de telas innovadoras (hidrofóbicas, resistentes al encogimiento y a las arrugas, con propiedades aromáticas, antibacterianas, retardantes y anti rayos UV). | Actualmente, no hay hilandería y tejeduría en el Tolima. En el departamento, el algodón se perfila para ser nuevamente un sector de gran importancia para el desarrollo rural y la consolidación de la cadena de valor algodón - textil - confecciones. La implementación de acciones conjuntas con las entidades y actores de los diferentes eslabones para el encadenamiento productivo contribuirá a generar un importante crecimiento en las áreas sembradas, en la oferta de fibra y en la implementación de una estrategia para el fortalecimiento y consolidación del sector a nivel nacional e internacional. |
| Aprovechamiento de la semilla y demás sub-productos del cultivo de algodón para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables | Aprovechamiento de la semilla, el tallo, la pelusa y demás sub-productos para la producción de biodiesel, compostajes, concentrados y cosméticos hidratantes y con efecto tensor.                                                                                      | Los compuestos provenientes de la semilla de algodón han adquirido gran importancia como combustibles alternativos y como suplementos alimenticios para el ganado. En el departamento, aún no se ha potencializado esta oportunidad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Aprovechamiento de la fibra de algodón para el desarrollo de productos de valor agregado para la industria de aseo                                                                                   | Elaboración de productos de aseo de algodón, gracias a su gran capacidad de absorción, secado rápido e impermeabilidad.                                                                                                                                                | Actualmente, en el Tolima no hay transformación en textiles de aseo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |



| Nombre de la variable                                                                                                                          | Definición de la variable                                                                                                                                | Estado actual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Articulación de actores del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de procesos de transferencia de tecnología | Vinculación de universidades y centros de investigación para la transferencia de tecnología en la cadena productiva del algodón.                         | En el marco del programa Más Algodón, gobiernos locales, agricultores, investigadores, técnicos extensionistas, asociaciones, cooperativas, universidades y centros de investigación, están unidos para el desarrollo del sector algodonero en el Tolima. Sin embargo, es necesario darle un enfoque más tecnológico al cultivo. |
| Adopción de certificaciones de calidad y origen                                                                                                | Certificaciones de calidad y sostenibilidad del algodón y denominación de origen para aumentar el posicionamiento en los mercados nacional y extranjero. | Actualmente, se está fortaleciendo el proceso de certificación <i>Better Cotton Initiative</i> , con vinculación de ABRAPA y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Aunado a ello, con el apoyo de PROCOLOMBIA, se buscará el posicionamiento de la marca país “Algodón de Colombia...te toca la fibra”.                |
| Optimización de costos de producción                                                                                                           | Mejoramiento de los costos de producción por hectárea.                                                                                                   | Los costos de producción por ha en el Tolima ascienden a 5.463.859. El Abonamiento es el rubro con mayor peso, con 1.119.976, seguido de desmote, con 945.500, y siembra, con 813.080 (Conalgodon, 2019).                                                                                                                        |
| Disponibilidad de mano de obra calificada                                                                                                      | Talento humano calificado disponible para el manejo del cultivo de algodón.                                                                              | En el Tolima, actualmente hay solo 4.000 ha sembradas de algodón; la crisis del sector ha provocado la migración de la mano de obra a otros cultivos.                                                                                                                                                                            |
| Cobertura y calidad de la asistencia técnica y extensión agropecuaria especializada en el manejo del cultivo de algodón                        | Mejoramiento de las condiciones laborales de los extensionistas y aumento del número de asistentes técnicos expertos en el cultivo del algodón.          | En el Tolima, se ha evidenciado la importancia de fortalecer la capacitación en aspectos relacionados con el manejo de riego y drenaje. Sin embargo, se manifiesta por parte de los productores, la necesidad de traer expertos técnicos de otras regiones para acompañarlos en la toma de decisiones de cultivo.                |
| Mecanismos de asociatividad para pequeños productores                                                                                          | Sistemas de asociación                                                                                                                                   | El pequeño productor no tiene capacidad de negociación. Diagonal tiene el monopolio de la compra (a este le venden todas las asociaciones), por lo que es el elemento integrador. El costo del desmote no está regulado.                                                                                                         |
| Capacidad exportadora                                                                                                                          | Competencia para optimizar la oferta exportable de algodón.                                                                                              | Las certificaciones son el factor decisivo en el impulso de las exportaciones ya que Colombia cuenta con un buen producto, pero que no está certificado.                                                                                                                                                                         |

Fuente: Elaboración propia

### 5.3. PRIORIZACIÓN DE VARIABLES A FACTORES CRÍTICOS

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

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

Escalas para establecer la previsibilidad y el impacto:

| <b>Grado de Previsibilidad</b> | <b>Grado de Impacto</b> |
|--------------------------------|-------------------------|
| 1= Previsibilidad casi nula    | 0= No tiene impacto     |
| 2= Previsibilidad muy baja     | 1= Impacto casi nulo    |
| 3= Previsibilidad elevada      | 2= Impacto muy bajo     |
| 4= Previsibilidad muy elevada  | 3= Impacto elevado      |
|                                | 4= Impacto muy elevado  |

A partir de estos criterios y escalas de calificación, los factores críticos para el desarrollo de la cadena serán aquellos con mayor nivel de impacto en el desempeño y menor previsibilidad<sup>2</sup> sobre el comportamiento futuro de la misma. En la Tabla 27, se presentan los resultados obtenidos en el instrumento de priorización de factores críticos según impacto vs previsibilidad aplicado a los expertos:

---

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





**Tabla 27**

*Calificación de factores críticos según impacto en función de la previsibilidad por parte de los expertos*

| Nombre de la variable                                                                                                                                                               | Impacto sobre la competitividad (liderazgo en el mercado) | Impacto sobre la eficiencia (productividad) | Impacto sobre la calidad (productos intermedios y final) | Total impactos | Grado de previsibilidad |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|
|                                                                                                                                                                                     | Grado de impacto                                          | Grado de impacto                            | Grado de impacto                                         |                |                         |
| Investigación, Desarrollo e innovación en genotipos con fibra de alta calidad adaptados a las condiciones agroecológicas del Tolima (INVEGEN)                                       | 3,2                                                       | 3,0                                         | 3,1                                                      | 9,3            | 2,4                     |
| Investigación, Desarrollo e innovación en manejo integrado de suelos y nutrición (INVESUEL)                                                                                         | 3,3                                                       | 3,4                                         | 3,3                                                      | 10,0           | 0,7                     |
| Investigación, Desarrollo e Innovación en tecnologías para el uso eficiente del agua (INVEAGUA)                                                                                     | 3,4                                                       | 3,4                                         | 3,3                                                      | 10,2           | 1,1                     |
| Investigación y Desarrollo en tecnologías para el manejo integrado de arvenses, plagas y enfermedades (PLAENFER)                                                                    | 3,1                                                       | 3,2                                         | 3,2                                                      | 9,5            | 0,9                     |
| Tecnologías de agricultura de precisión para optimizar la productividad y realizar seguimiento fisiológico, sanitario y edáfico y estimación de rendimientos del cultivo (AGRIPREC) | 3,4                                                       | 3,4                                         | 3,3                                                      | 10,1           | 0,6                     |
| Tecnologías para la obtención de algodones más limpios (TECLIMPI)                                                                                                                   | 3,1                                                       | 2,8                                         | 3,0                                                      | 8,9            | 1,1                     |
| Investigación y Desarrollo de tecnologías para la disminución del impacto ambiental (AMBIENT)                                                                                       | 3,0                                                       | 2,8                                         | 3,1                                                      | 8,8            | 1,3                     |
| Tecnologías de arbitraje en porcentaje de desmote y calidad de la fibra (FIBRACAL)                                                                                                  | 3,0                                                       | 3,0                                         | 3,0                                                      | 9,0            | 1,7                     |
| Investigación, Desarrollo e innovación para la integración de la cadena algodón - textil - confecciones (INTEATC)                                                                   | 3,4                                                       | 3,3                                         | 3,5                                                      | 10,2           | 0,4                     |

| Nombre de la variable                                                                                                                                                                                          | Impacto sobre la competitividad (liderazgo en el mercado) | Impacto sobre la eficiencia (productividad) | Impacto sobre la calidad (productos intermedios y final) | Total impactos | Grado de previsibilidad |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                | Grado de impacto                                          | Grado de impacto                            | Grado de impacto                                         |                |                         |
| Aprovechamiento de la semilla y demás subproductos del cultivo de algodón para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables (APROSEMI) | 3,3                                                       | 3,2                                         | 3,1                                                      | 9,6            | 1,0                     |
| Aprovechamiento de la fibra de algodón para el desarrollo de productos de valor agregado para la industria de aseo (APROFIBR)                                                                                  | 2,7                                                       | 2,8                                         | 2,7                                                      | 8,3            | 1,7                     |
| Articulación de actores del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de procesos de transferencia de tecnología (ARTIC-TEI)                                                     | 3,4                                                       | 3,3                                         | 3,2                                                      | 10,0           | 1,0                     |
| Adopción de certificaciones de calidad y origen (ADOPVOLU)                                                                                                                                                     | 3,1                                                       | 3,0                                         | 3,0                                                      | 9,1            | 1,3                     |
| Optimización de costos de producción (OPTICOS)                                                                                                                                                                 | 3,1                                                       | 3,1                                         | 2,9                                                      | 9,1            | 1,5                     |
| Disponibilidad de mano de obra calificada (MANO-BRA)                                                                                                                                                           | 3,0                                                       | 3,1                                         | 3,0                                                      | 9,1            | 1,9                     |
| Cobertura y calidad de la asistencia técnica y extensión agropecuaria especializada en el manejo del cultivo de algodón (ASISTEC)                                                                              | 3,3                                                       | 3,1                                         | 3,3                                                      | 9,8            | 0,9                     |
| Mecanismos de asociatividad para pequeños productores (ASOCIAT)                                                                                                                                                | 2,9                                                       | 2,8                                         | 2,8                                                      | 8,5            | 1,8                     |
| Capacidad exportadora (CAEXPOR)                                                                                                                                                                                | 3,0                                                       | 3,0                                         | 2,9                                                      | 8,8            | 1,6                     |

Fuente: Elaboración propia



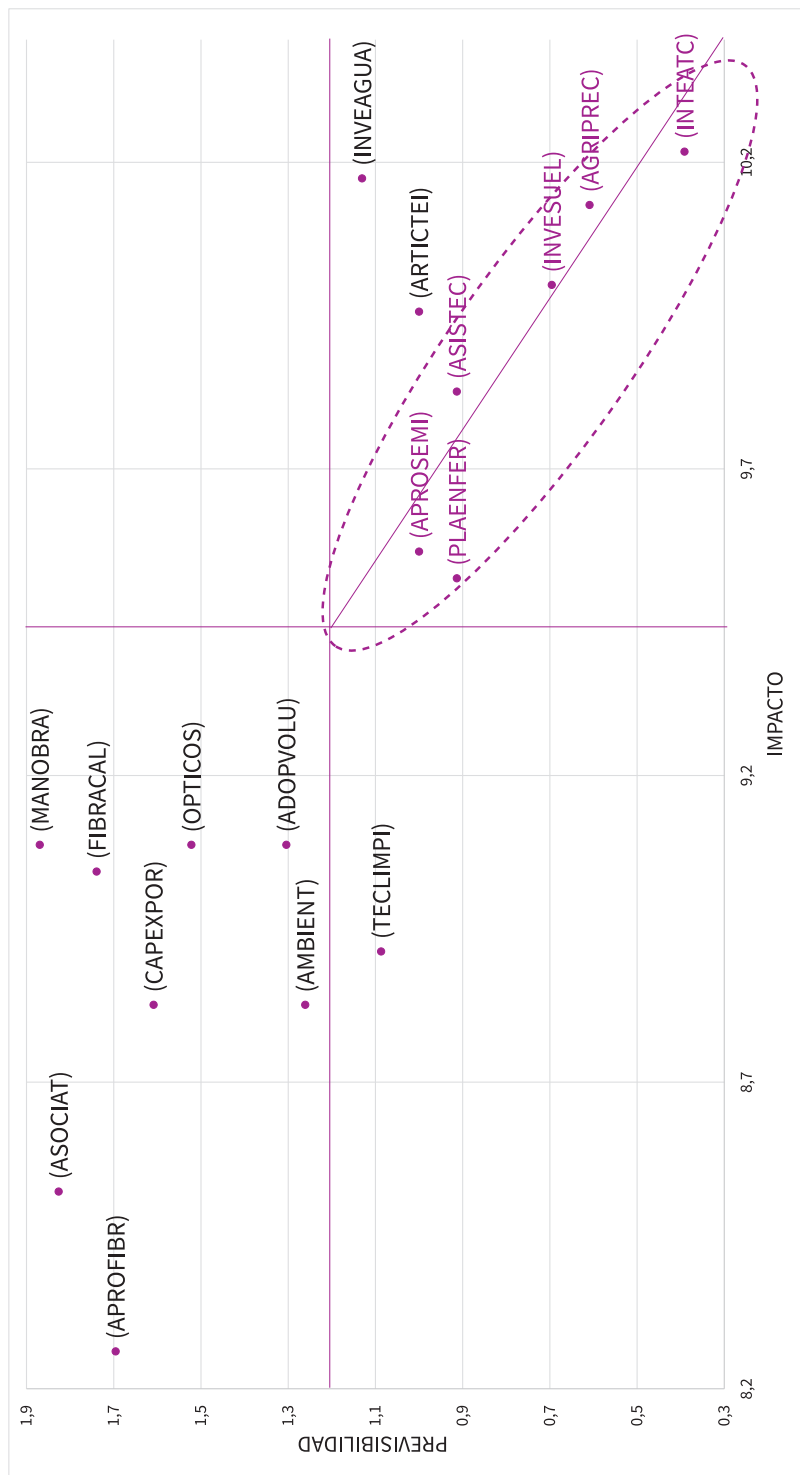
## 5.4. PLANO DE PRIORIZACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS SEGÚN IMPACTO EN FUNCIÓN DE LA PREVISIBILIDAD

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

Como se observa en la Figura 22, las variables del cuadrante inferior derecho presentan el más alto grado de impacto sobre el desempeño de la cadena y el menor nivel de previsibilidad futura.

**Figura 22**

Priorización de factores críticos según impacto en función de la previsibilidad



Fuente: Elaboración propia

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

- Tecnologías de agricultura de precisión para optimizar la productividad y realizar seguimiento fisiológico, sanitario, edáfico y estimación de rendimientos del cultivo (AGRIPREC)
- Investigación, Desarrollo e innovación en manejo integrado de suelos y nutrición (INVESUEL)
- Investigación y Desarrollo en tecnologías para el manejo integrado de arvenses, plagas y enfermedades (PLAENFER)
- Aprovechamiento de la semilla y demás subproductos del cultivo de algodón para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables (APROSEMI)
- Investigación, Desarrollo e innovación para la integración de la cadena algodón - textil - confecciones (INTEATC)
- Cobertura y calidad de la asistencia técnica y extensión agropecuaria especializada en el manejo del cultivo de algodón (ASISTEC)

## 5.5. SINTAXIS LÓGICA DE LOS FACTORES CRÍTICOS

Teniendo claro el carácter sistémico de los factores críticos, es decir, su influencia y dependencia sobre las variables no priorizadas y su efecto en el desempeño de la cadena productiva, se hace necesario establecer una comprensión del sistema estudiado mediante una sintaxis lógica que refleje las relaciones de causalidad entre las mismas en torno a los escenarios de futuros posibles para la cadena (Orjuela-Garzon et al., 2017) (Figura 23). La lectura es la siguiente:

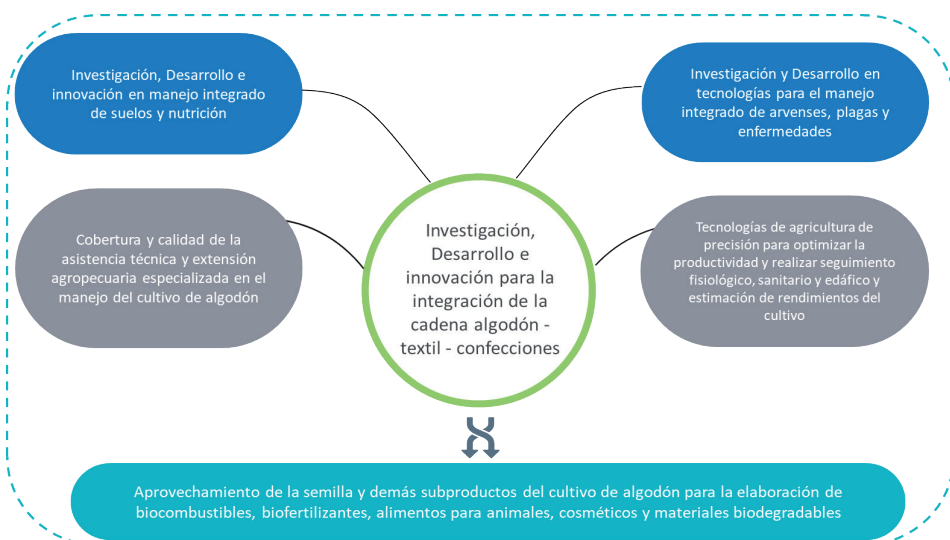
El manejo integrado de suelos, arvenses, plagas y enfermedades en el cultivo de algodón, mediante investigación, desarrollo tecnológico e innovación en alternativas amigables con el medio ambiente y técnicamente eficientes, soportado en tecnologías de agricultura de precisión para el monitoreo fisiológico, sanitario, edáfico y de rendimiento de cultivos, bajo el acompañamiento de asistencia técnica y extensión agropecuaria especializada y de calidad, permite a los productores del departamento obtener fibras de alta calidad, que mediante ejercicios de articulación entre los eslabones algodón, textil y confecciones para el desarrollo de proyectos de innovación y transferencia de tecnología, hace posible generar tejidos inteligentes y

aplicaciones en prendas con potencial de mercado en nichos especializados de diferentes tipos de industrias, posicionando a la cadena a nivel nacional e internacional por su calidad y desarrollo.

Todo lo anterior se acompaña del desarrollo de estrategias para el aprovechamiento de los subproductos, tanto de la eslabón productivo (orientado a la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales y producción de cosméticos), como del sector textil - confecciones (mediante modelos de negocio circulares que permitan la recuperación de fibras a partir de prendas descartadas).

**Figura 23**

*Sintaxis lógica de las variables estratégicas priorizadas para la cadena de algodón*



Fuente: Elaboración propia

## 5.6. ESCENARIOS AL AÑO 2030 PARA LA CADENA DE ALGODÓN

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

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

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

#### **5.6.1. ANÁLISIS MORFOLÓGICO – ESCENARIOS POSIBLES**

Para cada factor crítico, se construyeron tres tipos de hipótesis (tendencial, transformacional y de ruptura), presentadas en la Tabla 28, permitiendo explorar de manera sistemática las diferentes combinaciones de escenarios de carácter tecnológico para la cadena (Godet y Durance, 2007; Mojica, 2005).

**Tabla 28**

*Hipótesis de futuro para cada factor crítico*

| Factor crítico                                                                                                                                                                      | Hipótesis tendencial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Hipótesis transformacional                                                                                                                                                                                                                                                                   | Hipótesis de ruptura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tecnologías de agricultura de precisión para optimizar la productividad y realizar seguimiento fisiológico, sanitario y edáfico y estimación de rendimientos del cultivo (AGRIPREC) | La aplicación de las tecnologías de agricultura de precisión en el cultivo algodónero sigue siendo mínima, por lo que se mantiene la brecha con países productores líderes y la oportunidad de mejorar la eficiencia de las actividades asociadas al manejo agronómico del cultivo a través de estos sistemas sigue estando desaprovechada. | Las universidades trabajan en conjunto con los eslabones primarios de la cadena en el desarrollo de tecnologías de precisión aplicadas al cultivo de algodón para mejorar la eficiencia de las actividades agronómicas.                                                                      | Los productores del departamento implementan tecnologías de precisión como estaciones meteorológicas conectadas a internet para el registro de variables climatológicas, y satélites, drones y sembradoras para el manejo agronómico del cultivo, el seguimiento fisiológico, la estimación de rendimientos y la detección de poblaciones de insectos. Estas tecnologías generan conocimiento y facilitan los procesos de toma de decisión por parte del productor, mejorando la productividad y rentabilidad del cultivo. |
| Investigación, Desarrollo e Innovación en manejo integrado de suelos y nutrición (INVESUEL)                                                                                         | La mayoría de los agricultores en el Tolima sigue fertilizando sin hacer un análisis de suelos previo, que le permita conocer los requerimientos nutricionales de las variedades cultivadas, limitando la productividad del cultivo.                                                                                                        | La academia desarrolla, en articulación con los productores, labores de investigación en fisiología del cultivo asociada a manejo de suelos, aguas (riego y drenaje) y nutrición, para mejorar las condiciones del sistema productivo actual.                                                | Gracias a las labores de I+D+i de los centros de investigación, en articulación con los productores, se desarrollan planes de labores mecanizadas y planes de nutrición, adaptados a las propiedades de cada tipo de suelo y a las nuevas variedades, mejorando la productividad del cultivo.                                                                                                                                                                                                                              |
| Investigación y Desarrollo en tecnologías para el manejo integrado de arvenses, plagas y enfermedades (PLAENFER)                                                                    | El picudo del algodónero, los lepidópteros y la supermaleza <i>Parthenium hysterophorus</i> continúan demandando la aplicación de grandes cantidades de agroquímicos, lo que aumenta los costos de producción y genera numerosas pérdidas para los agricultores por las afectaciones del cultivo.                                           | Los grupos de investigación trabajan en productos más limpios para hacer frente a las plagas y enfermedades que atacan el cultivo de algodón en el departamento. Así mismo, se desarrollan programas de mejoramiento genético orientados a la resistencia a plagas, enfermedades y arvenses. | Gracias a los avances de los grupos de investigación en el desarrollo de productos naturales para el manejo y control de plagas y enfermedades (TRIPS, mosca blanca, lepidópteros y picudo del algodónero), se ha logrado optimizar la detección temprana, reducir el número de aplicaciones y disminuir los costos de producción del cultivo.                                                                                                                                                                             |

| Factor crítico                                                                                                                                                                                                 | Hipótesis tendencial                                                                                                                                                                                                                                                                        | Hipótesis transformacional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Hipótesis de ruptura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aprovechamiento de la semilla y demás subproductos del cultivo de algodón para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables (APROSEMI) | La semilla y demás subproductos del cultivo de algodón siguen siendo desaprovechados por los productores del departamento, lo que reduce su rentabilidad.                                                                                                                                   | Los grupos de investigación se articulan con los productores para el desarrollo de proyectos de I+D+i para potenciar la industria de la bioenergía, a partir de la semilla y la paja de algodón.                                                                                                                                                                                                        | Como resultado de los procesos de I+D+i de los grupos de investigación, se aprovecha integralmente el cultivo de algodón al vincular a la cadena el eslabón de transformación de subproductos, para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables, aumentando los ingresos de los productores, la rentabilidad y la sostenibilidad del cultivo.                                                                                                                                                   |
| Investigación, Desarrollo e Innovación para la integración de la cadena algodón - textil - confecciones (INTEATC)                                                                                              | No se cuenta con procesos de hilandería y tejeduría en el departamento, debido a la desarticulación de los eslabones de la cadena, por lo que los procesos de desarrollo de tejidos con características especiales y prendas inteligentes aún son incipientes.                              | Se inician procesos asociativos para el desarrollo de estudios que permitan el montaje de una hilandería versátil de tecnología avanzada, sin embargo, se sigue presentando desarticulación entre los eslabones de la cadena algodón - textil - confecciones.                                                                                                                                           | Como resultado de las acciones de asociatividad y de desarrollo, empresarial promovidas por las entidades públicas y privadas del entorno organizacional de la cadena, se logra la integración de los eslabones de producción, hilandería y textil - confección, implementando tecnologías de hilandería versátil, innovando en el desarrollo de textiles inteligentes y antibacterianos con nanopartículas, entre otros, y aprovechando los residuos del eslabón de confección, lo que permite posicionar a la cadena como una de las más importantes a nivel nacional. |
| Cobertura y calidad de la asistencia técnica y extensión agropecuaria especializada en el manejo del cultivo de algodón (ASIS-TEC)                                                                             | La cobertura y calidad de la asistencia técnica sigue presentando problemas, debido a la especialidad que se requiere por parte de los profesionales para el manejo del cultivo, por lo que se sigue contando con la extensión agropecuaria proveniente de otros departamentos productores. | Se inicia la implementación de soluciones tecnológicas que facilitan los procesos de asistencia técnica y extensión agropecuaria para los productores del departamento, sin embargo, las capacidades locales no se encuentran fortalecidas, por lo que se inician acciones junto con la academia y los centros de investigación para la transferencia de conocimiento a los profesionales de la cadena. | El Tolima cuenta con una base de capital humano formado gracias a su oferta posgradual especializada en algodón. Además, las alianzas interinstitucionales de I+D+i han permitido el desarrollo de soluciones tecnológicas que soportan el intercambio de conocimientos entre asistente técnico y productor, y que facilitan la toma de decisiones sobre la gestión eficiente del cultivo.                                                                                                                                                                               |

Fuente: Elaboración propia

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

- *Escenario 1:* “Fibra de algodón de alta calidad para la confección de productos innovadores y circulares bajo estructuras de I+D+i”
- *Escenario 2:* “La fibra continúa enredada, desarticulada y con baja transferencia de tecnología”
- *Escenario 3:* “Fibra insostenible para el mercado nacional”
- *Escenario 4:* “Fibra de algodón de calidad, pero baja transferencia de conocimiento y tecnología en la cadena”

La Tabla 29 muestra las combinaciones de hipótesis para cada factor crítico en cada uno de los diferentes escenarios.

**Tabla 29**

*Hipótesis elegidas por los expertos para constituir los cuatro escenarios*

| Escenarios posibles                                                                                                                                                                       |                                                                                                                       |                                                                                    |                                               |                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                           | Escenario 1                                                                                                           | Escenario 2                                                                        | Escenario 3                                   | Escenario 4                                                                                      |
| H                                                                                                                                                                                         | “Fibra de algodón de alta calidad para la confección de productos innovadores y circulares bajo estructuras de I+D+i” | “La fibra continúa enredada, desarticulada y con baja transferencia de tecnología” | “Fibra insostenible para el mercado nacional” | “Fibra de algodón de calidad, pero baja transferencia de conocimiento y tecnología en la cadena” |
| FC 1: Tecnologías de agricultura de precisión para optimizar la productividad y realizar seguimiento fisiológico, sanitario y edáfico y estimación de rendimientos del cultivo (AGRIPREC) |                                                                                                                       |                                                                                    |                                               |                                                                                                  |
| H1                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                       |                                                                                    |                                               | X                                                                                                |
| H2                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                       |                                                                                    | X                                             |                                                                                                  |
| H3                                                                                                                                                                                        | X                                                                                                                     | X                                                                                  |                                               |                                                                                                  |
| FC 2: Investigación, Desarrollo e innovación en manejo integrado de suelos y nutrición (INVE-SUEL)                                                                                        |                                                                                                                       |                                                                                    |                                               |                                                                                                  |
| H1                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                       | X                                                                                  |                                               |                                                                                                  |
| H2                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                       |                                                                                    | X                                             |                                                                                                  |
| H3                                                                                                                                                                                        | X                                                                                                                     |                                                                                    |                                               | X                                                                                                |
| FC 3: - Investigación y Desarrollo en tecnologías para el manejo integrado de arvenses, plagas y enfermedades (PLAENFER)                                                                  |                                                                                                                       |                                                                                    |                                               |                                                                                                  |
| H1                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                       | X                                                                                  |                                               |                                                                                                  |
| H2                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                       |                                                                                    | X                                             |                                                                                                  |
| H3                                                                                                                                                                                        | X                                                                                                                     |                                                                                    |                                               | X                                                                                                |

| FC 4: Aprovechamiento de la semilla y demás subproductos del cultivo de algodón para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables (APROSEMI) |   |   |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| H1                                                                                                                                                                                                                   | X | X | X |
| H2                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |
| H3                                                                                                                                                                                                                   | X |   |   |
| FC 5: Investigación, Desarrollo e innovación para la integración de la cadena algodón - textil- confecciones (INTEATC)                                                                                               |   |   |   |
| H1                                                                                                                                                                                                                   | X |   | X |
| H2                                                                                                                                                                                                                   |   | X |   |
| H3                                                                                                                                                                                                                   | X |   |   |
| FC 6: Cobertura y calidad de la asistencia técnica y extensión agropecuaria especializada en el manejo del cultivo de algodón (ASISTEC)                                                                              |   |   |   |
| H1                                                                                                                                                                                                                   | X |   | X |
| H2                                                                                                                                                                                                                   |   | X |   |
| H3                                                                                                                                                                                                                   | X |   |   |

Fuente: Elaboración propia

## 5.7. NARRACIÓN DE LOS ESCENARIOS

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

### 5.7.1. ESCENARIO 1: FIBRA DE ALGODÓN DE ALTA CALIDAD PARA LA CONFECCIÓN DE PRODUCTOS INNOVADORES Y CIRCULARES BAJO ESTRUCTURAS DE I+D+i

Corre el año 2030 y la cadena de algodón ha conseguido desarrollar productos naturales para el manejo y control de plagas y enfermedades (TRIPS, mosca blanca, lepidópteros y picudo del algodonoero), logrando optimizar la detección temprana, reducir el número de aplicaciones y disminuir los costos de producción. Además, se desarrollan planes de labores mecanizadas y planes de nutrición, adaptados a las propiedades de cada tipo de suelo y a las nuevas variedades, mejorando la productividad del cultivo, todo esto gracias a las labores de I+D+i de los centros de investigación, en articulación con los productores.

Al mismo tiempo, los productores del departamento implementan tecnologías de precisión como estaciones meteorológicas conectadas a internet para el registro de variables climatológicas, satélites, drones y sembradoras para el manejo agronómico del cultivo, el seguimiento fisiológico (punto óptimo de cosecha de la fibra), la estimación de rendimientos y la detección de poblaciones de insectos. Estas tecnologías generan conocimiento

y facilitan los procesos de toma de decisión por parte del productor, mejorando la productividad y rentabilidad del cultivo. Esta transformación ha sido alcanzada debido a que el departamento cuenta con una base de capital humano formado gracias a su oferta posgradual especializada en algodón. Además, las alianzas interinstitucionales de I+D+i han permitido el desarrollo de soluciones tecnológicas que soportan el intercambio de conocimientos entre asistente técnico y productor, y que facilitan la gestión eficiente del cultivo.

Como resultado de las acciones de asociatividad y de desarrollo empresarial promovidas por las entidades públicas y privadas del entorno organizacional de la cadena, se logra la integración de los eslabones de producción, hilandería y textil - confección, implementando tecnologías de hilandería versátil, innovando en el desarrollo de textiles inteligentes y antibacterianos con nanopartículas, entre otros, y aprovechando los residuos del eslabón de confección, lo que permite posicionar a la cadena como una de las más importantes a nivel nacional.

Finalmente, como resultado de los procesos de I+D+i de los grupos de investigación y la vinculación a la cadena del eslabón de transformación de subproductos, se ha iniciado la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables, aumentando los ingresos de los productores, la rentabilidad y la sostenibilidad del cultivo.

### **5.7.2. ESCENARIO 2: LA FIBRA CONTINÚA ENREDADA, DESARTICULADA Y CON BAJA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

Corre el año 2030 y la mayoría de los productores de algodón en el Tolima sigue fertilizando sin hacer un análisis de suelos previo, que permita conocer los requerimientos nutricionales de las variedades cultivadas, limitando la productividad del cultivo. Así mismo, el picudo del algodónero y la supermaleza *Parthenium hysterophorus* (marihuano macho) continúan demandando la aplicación de grandes cantidades de agroquímicos, lo que aumenta los costos de producción y genera numerosas pérdidas para los agricultores.

Aunque los productores del departamento implementan tecnologías de precisión como estaciones meteorológicas conectadas a internet para el registro de variables climatológicas y satélites, drones y sembradoras para el manejo agronómico del cultivo, el seguimiento fisiológico (punto óptimo de cosecha de la fibra), la estimación de rendimientos y la detección de poblaciones de insectos, no se generan modelos para explotar estos datos

en forma de conocimiento y mejorar la toma de decisiones por parte de los productores.

Sumado a esta situación, la cobertura y calidad de la asistencia técnica sigue presentando problemas, debido a la especialidad que se requiere por parte de los profesionales para el manejo del cultivo, por lo que se sigue contando con la extensión agropecuaria proveniente de otros departamentos productores. Pese a los esfuerzos, aún no se cuenta con procesos de hilandería y tejeduría en el Tolima, debido a la desarticulación de los eslabones de la cadena, por lo que los procesos de desarrollo de tejidos con características especiales y prendas inteligentes aún son incipientes. De igual forma, la semilla y demás subproductos del cultivo de algodón siguen siendo desaprovechados por los productores del departamento, lo que reduce la rentabilidad del cultivo.

### **5.7.3. ESCENARIO 3: FIBRA INSOSTENIBLE PARA EL MERCADO NACIONAL**

Corre el año 2030 y la cadena de algodón, en alianza con grupos de investigación, trabaja en el desarrollo de productos más limpios para hacer frente a las plagas y enfermedades que atacan el cultivo en el departamento. Así mismo, se desarrollan programas de mejoramiento genético orientados a la resistencia a plagas, enfermedades y arvenses, además de labores de investigación en fisiología del cultivo asociada a manejo de suelos, aguas (riego y drenaje) y nutrición, para mejorar las condiciones del sistema productivo actual. Estos esfuerzos han permitido obtener fibras de mayor calidad, apreciadas en el mercado nacional.

Las universidades trabajan en conjunto con los eslabones primarios de la cadena en el desarrollo de tecnologías de precisión aplicadas al cultivo de algodón para mejorar la eficiencia de las actividades agronómicas. Al mismo tiempo, se inicia la implementación de soluciones tecnológicas que facilitan los procesos de asistencia técnica y extensión agropecuaria para los productores del departamento, sin embargo, las capacidades locales no se encuentran fortalecidas, por lo que se inician acciones junto con la academia y los centros de investigación para la transferencia de conocimiento a los profesionales de la cadena.

Se sigue presentando desarticulación entre los eslabones de la cadena algodón - textil - confecciones, por lo que, a través de múltiples esfuerzos, se inician procesos asociativos para el desarrollo de estudios que permitan el montaje de una hilandería versátil de tecnología avanzada. Sin embargo, la rentabilidad sigue siendo reducida debido a que la fibra producida en la región se orienta al mercado nacional sin ninguna agregación de valor. Por

otro lado, no se ha integrado el eslabón de aprovechamiento de subproductos, por lo que la semilla y demás residuos del cultivo de algodón siguen siendo desaprovechados por los productores del departamento, lo que reduce la rentabilidad del cultivo.

#### **5.7.4. ESCENARIO 4: FIBRA DE ALGODÓN DE CALIDAD, PERO BAJA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA EN LA CADENA**

Corre el año 2030 y la cadena de algodón ha conseguido desarrollar productos naturales para el manejo y control de plagas y enfermedades (TRIPS, mosca blanca, lepidópteros y picudo del algodnero), logrando optimizar la detección temprana, reducir el número de aplicaciones y disminuir los costos de producción. Además, se desarrollan planes de labores mecanizadas y planes de nutrición, adaptados a las propiedades de cada tipo de suelo y a las nuevas variedades, mejorando la productividad del cultivo, todo esto gracias a las labores de I+D+i de los centros de investigación, en articulación con los productores.

No obstante, la implementación de las tecnologías de agricultura de precisión en el cultivo algodnero sigue siendo mínima, por lo que se mantiene la brecha con países productores líderes, y la oportunidad de mejorar la eficiencia de las actividades asociadas al manejo agronómico del cultivo a través de estos sistemas sigue estando desaprovechada. De igual manera, la cobertura y calidad de la asistencia técnica sigue presentando problemas, debido a la especialidad que se requiere por parte de los profesionales para el manejo del cultivo, por lo que se sigue contando con la extensión agropecuaria proveniente de otros departamentos productores.

Además, no se cuenta con procesos de hilandería y tejeduría en el Tolima, debido a la desarticulación de los eslabones de la cadena, por lo que los procesos de desarrollo de tejidos con características especiales y prendas inteligentes aún son incipientes. De igual forma, la semilla y demás subproductos del cultivo de algodón siguen siendo desaprovechados por los productores del departamento, lo que reduce la rentabilidad del cultivo.

### **5.8. SISTEMA DE MATRICES DE IMPACTO CRUZADO SMIC**

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

probables, tendenciales o referenciales. Para el procesamiento de los datos, se empleó el software SMIC - Prob Expert de escritorio. La Tabla 30 muestra las etiquetas implementadas para nombrar cada una de las hipótesis en el programa.

**Tabla 30**

*Lista de hipótesis y etiquetas*

| Hipótesis | Título largo                                                                                                                                                                                        | Título corto |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| H1        | Tecnologías de agricultura de precisión para optimizar la productividad y realizar seguimiento fisiológico, sanitario y edáfico y estimación de rendimientos del cultivo                            | AGRIPREC     |
| H2        | Investigación, Desarrollo e innovación en manejo integrado de suelos y nutrición                                                                                                                    | INVESUEL     |
| H3        | Investigación y Desarrollo en tecnologías para el manejo integrado de arvenses, plagas y enfermedades                                                                                               | PLAENFER     |
| H4        | Aprovechamiento de la semilla y demás subproductos del cultivo de algodón para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables | APROSEMI     |
| H5        | Investigación, Desarrollo e innovación para la integración de la cadena algodón - textil - confecciones                                                                                             | INTEATC      |
| H6        | Cobertura y calidad de la asistencia técnica y extensión agropecuaria especializada en el manejo del cultivo de algodón                                                                             | ASISTEC      |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 31 muestra las probabilidades simples ajustadas para cada hipótesis de futuro. La probabilidad de ocurrencia es calificada por los expertos consultados en una escala de 0 a 1, donde 0 es un evento improbable y 1 es un evento altamente probable.

**Tabla 31**

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

| Hipótesis    | Probabilidades |
|--------------|----------------|
| 1 - AGRIPREC | 0,711          |
| 2 - INVESUEL | 0,777          |
| 3 - PLAENFER | 0,763          |
| 4 - APROSEMI | 0,694          |
| 5 - INTEATC  | 0,594          |
| 6 - ASISTEC  | 0,625          |

Fuente: Elaboración propia

Según las calificaciones obtenidas en el trabajo participativo y bajo el consenso de los grupos de trabajo, se logró identificar tres hipótesis con probabilidad alta, es decir mayor a 70% (AGRIPREC, INVESUEL y PLAENFER);

dos hipótesis con probabilidad moderada, es decir, entre 60-70% (APROSEMI y ASISTEC) y una hipótesis con probabilidad de ocurrencia dudosa (INTEATC).

En un segundo momento, se consultó a los expertos acerca de la probabilidad condicionada de cada una de las hipótesis, según la condición de “sí realización”. La Tabla 32 muestra los resultados obtenidos:

**Tabla 32**

*Probabilidades condicionadas netas positivas para el grupo de expertos consultados*

| Hipótesis    | AGRIPREC | INVESUEL | PLAENFER | APROSEMI | INTEATC | ASISTEC |
|--------------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|
| 1 - AGRIPREC | 0,711    | 0,802    | 0,788    | 0,798    | 1       | 0,94    |
| 2 - INVESUEL | 0,877    | 0,777    | 0,908    | 0,897    | 1       | 1       |
| 3 - PLAENFER | 0,846    | 0,891    | 0,763    | 0,889    | 0,993   | 1       |
| 4 - APROSEMI | 0,779    | 0,801    | 0,808    | 0,694    | 0,912   | 0,913   |
| 5 - INTEATC  | 0,836    | 0,764    | 0,774    | 0,781    | 0,594   | 0,934   |
| 6 - ASISTEC  | 0,826    | 0,804    | 0,819    | 0,822    | 0,983   | 0,625   |

Fuente: Elaboración propia

En un tercer momento, se consultó a los expertos acerca de la probabilidad condicionada de cada una de las hipótesis, según la condición de “no realización”. La Tabla 33 muestra los resultados obtenidos:

**Tabla 33**

*Probabilidades condicionadas netas negativas para el grupo de expertos consultados*

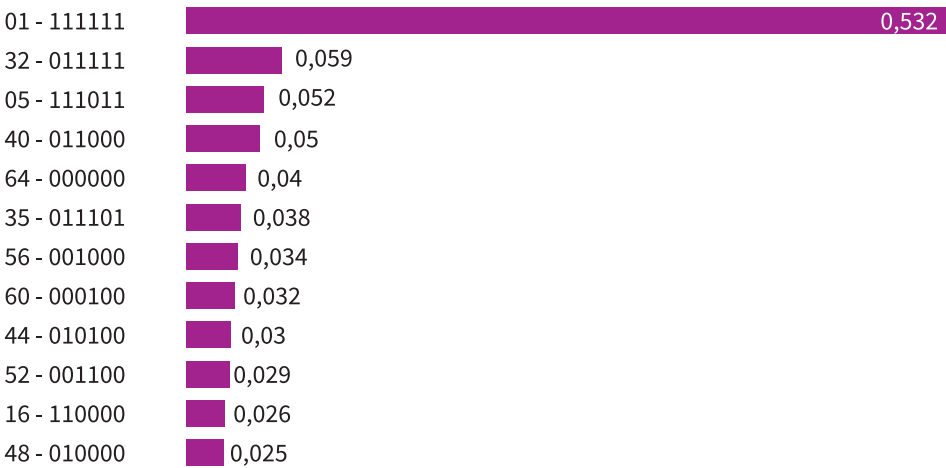
| Hipótesis    | AGRIPREC | INVESUEL | PLAENFER | APROSEMI | INTEATC | ASISTEC |
|--------------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|
| 1 - AGRIPREC | 0        | 0,393    | 0,463    | 0,513    | 0,288   | 0,33    |
| 2 - INVESUEL | 0,533    | 0        | 0,358    | 0,507    | 0,451   | 0,406   |
| 3 - PLAENFER | 0,56     | 0,317    | 0        | 0,478    | 0,426   | 0,368   |
| 4 - APROSEMI | 0,485    | 0,323    | 0,326    | 0        | 0,375   | 0,329   |
| 5 - INTEATC  | 0        | 0        | 0,017    | 0,171    | 0       | 0,027   |
| 6 - ASISTEC  | 0,131    | 0        | 0        | 0,178    | 0,101   | 0       |

Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos reportados por los expertos para las probabilidades simples y condicionadas (negativas y positivas), se obtiene mediante el software SMIC - Prob Expert, el histograma de probabilidad de escenarios con un total de 64 combinaciones, según el espacio morfológico  $2^6$  (Figura 24). La ocurrencia o no de los eventos se expresa con variables binarias 1 y 0.

**Figura 24**

*Histograma de probabilidad de Escenarios*



Fuente: Tomado del Software SMIC - Prob Expert

A partir de la Figura 24, en la Tabla 34 se presentan los cuatro escenarios más probables al año 2030 para la cadena de algodón.

**Tabla 34**

*Escenarios más probables al año 2030 para la cadena de algodón*

| Código | Escenario | Probabilidad | Descripción                                                                                                         |
|--------|-----------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01     | 111111    | 0,532        | Fibra de algodón de alta calidad para la confección de productos innovadores y circulares bajo estructuras de I+D+i |
| 32     | 100000    | 0,069        | La fibra continúa enredada, desarticulada y con baja transferencia de tecnología                                    |
| 05     | 111011    | 0,052        | Fibra insostenible para el mercado nacional                                                                         |
| 40     | 011000    | 0,05         | Fibra de algodón de calidad, pero baja transferencia de conocimiento y tecnología en la cadena                      |

Fuente: Elaboración propia

### 5.9. ESTRATEGIAS PARA ALCANZAR EL ESCENARIO APUESTA

El escenario apuesta “Fibra de algodón de alta calidad para la confección de productos innovadores y circulares bajo estructuras de I+D+i”, presenta una apuesta retadora para la cadena productiva en el departamento, por lo que es necesario construir una hoja de ruta con las acciones estratégicas a corto, mediano y largo plazo que facilite la integración y el apoyo de los actores

locales, regionales y nacionales sobre la base del consenso y la participación colectiva para alcanzar la visión compartida de futuro para la cadena de algodón. Cada uno de los factores críticos ha sido planteado a manera de reto, tal como se muestra en la Tabla 35.

**Tabla 35**

*Reto de futuro para cada factor crítico*

| Factor crítico                                                                                                                                                                                                 | Reto de futuro que genera el factor crítico                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tecnologías de agricultura de precisión para optimizar la productividad y realizar seguimiento fisiológico, sanitario y edáfico y estimación de rendimientos del cultivo (AGRIPREC)                            | Implementar tecnologías de agricultura de precisión que faciliten la generación de conocimiento para los procesos de toma de decisión por parte del productor, mejorando la productividad y la rentabilidad del cultivo.                                                                                                          |
| Investigación, Desarrollo e innovación en manejo integrado de suelos y nutrición (INVESUEL)                                                                                                                    | Desarrollar planes de labores mecanizadas y planes de nutrición, adaptados a las propiedades de cada tipo de suelo, los requerimientos hídricos y las nuevas variedades, mejorando la productividad del cultivo.                                                                                                                  |
| Investigación y Desarrollo en tecnologías para el manejo integrado de arvenses, plagas y enfermedades (PLAENFER)                                                                                               | Desarrollar productos más limpios para el manejo y control de plagas, enfermedades y arvenses para reducir el número de aplicaciones y los costos de producción del cultivo.                                                                                                                                                      |
| Aprovechamiento de la semilla y demás subproductos del cultivo de algodón para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables (APROSEMI) | Aprovechar integralmente el cultivo de algodón al vincular a la cadena el eslabón de transformación de subproductos para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables, aumentando los ingresos de los productores, la competitividad y la sostenibilidad. |
| Investigación, Desarrollo e innovación para la integración de la cadena algodón - textil - confecciones (INTEATC)                                                                                              | Integrar los eslabones de producción, hilandería y textil - confección, a través de la implementación de tecnologías de hilandería versátil e innovando en el desarrollo de textiles inteligentes y el aprovechamiento de residuos del eslabón de confección.                                                                     |
| Cobertura y calidad de la asistencia técnica y extensión agropecuaria especializada en el manejo del cultivo de algodón (ASISTEC)                                                                              | Desarrollar soluciones tecnológicas que faciliten la toma de decisiones sobre la gestión eficiente del cultivo del algodón, a partir del intercambio y gestión de conocimientos entre asistente técnico y productor, soportado en procesos de formación posgradual especializados para la cadena.                                 |

*Fuente:* Elaboración propia

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

1. Tecnologías de agricultura de precisión para optimizar la productividad y realizar seguimiento fisiológico, sanitario y edáfico y estimación de rendimientos del cultivo (AGRIPREC): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan al mapeo de las tecnologías disponibles y la creación de las condiciones habilitantes para el desarrollo, validación, transferencia e implementación de técnicas de agricultura de precisión aplicadas al seguimiento fisiológico, sanitario, edáfico y productivo en el cultivo de algodón.
2. Investigación, Desarrollo e innovación en manejo integrado de suelos y nutrición (INVESUEL): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan a caracterizar las necesidades hídricas y nutricionales de las variedades implementadas en el departamento según las propiedades de cada tipo de suelo, y a definir los elementos clave para la elaboración de los planes de mecanización, nutrición y riego con base en el análisis de los requerimientos edafoclimáticos para maximizar la productividad del cultivo de algodón.
3. Investigación y Desarrollo en tecnologías para el manejo integrado de arvenses, plagas y enfermedades (PLAENFER): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan al desarrollo de tecnologías de bajo costo y productos limpios para la detección y control temprano de plagas, enfermedades y arvenses en el cultivo de algodón, y a la evaluación del impacto del cambio climático sobre su prevalencia y aparición.
4. Aprovechamiento de la semilla y demás subproductos del cultivo de algodón para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables (APROSEMI): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan a la identificación del potencial de uso de los subproductos de la cadena productiva de algodón (semilla, motosa, fibrilla, impurezas mayores, pelusa o linteres, tortas, pellets y expellers); el desarrollo de procesos de Investigación y Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento de los subproductos del cultivo de algodón con potencial aplicación en las industrias de biocombustibles, biocompostajes, alimentación animal, cosmética, entre otras y el desarrollo de productos a partir de las propiedades identificadas en los subproductos del cultivo y el desmote del algodón.
5. Investigación, Desarrollo e Innovación para la integración de la cadena algodón - textil - confecciones (INTEATC): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan a la integración de la cadena algodón - textil - confecciones, mediante procesos de desarrollo de la cadena de suministro desde el eslabón de producción de algodón hacia la

- industria textil - confección del departamento del Tolima, y a la mejora de la competitividad y la sostenibilidad de la cadena, mediante el fortalecimiento tecnológico del eslabón textil (hilandería y tejeduría) - confecciones y el desarrollo de procesos circulares (bio-reciclaje de fibras, prendas y otros materiales de interés).
6. Cobertura y calidad de la asistencia técnica y extensión agropecuaria especializada en el manejo del cultivo de algodón (ASISTEC): Las acciones definidas para este factor crítico se orientan a la generación de capacidades técnicas y tecnológicas que faciliten los procesos de asistencia técnica especializada por parte de los extensionistas agropecuarios, y al desarrollo de soluciones tecnológicas accesibles para la gestión del conocimiento y asistencia técnica remota aplicando sistemas expertos para la toma de decisiones y administración eficiente del cultivo por parte de los productores de algodón.

En las tablas 36 a la 41, se presentan las acciones específicas establecidas en el corto, mediano y largo plazo, aplicando árboles de pertinencia, para cumplir los objetivos planteados para cada uno de los factores críticos definidos (Mojica, 2012; Mojica, 2005; Orjuela-Garzon et al., 2017).



Tabla 36

Árbol de pertinencia para el factor crítico “Tecnologías de agricultura de precisión para optimizar la productividad y realizar seguimiento fisiológico, sanitario y edáfico y estimación de rendimientos del cultivo”

| Objetivo/Reto                                                                                                                                                                                                            | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                                                                                                     | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                              | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Implementar tecnologías de agricultura de precisión que faciliten la generación de conocimiento para los procesos de toma de decisión por parte del productor, mejorando la productividad y la rentabilidad del cultivo. | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Mapear las tecnologías disponibles y las condiciones habilitantes para la implementación de técnicas de agricultura de precisión en la cadena de algodón.</li></ol> | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Identificación de las tendencias científicas y tecnológicas para el desarrollo de equipos y métodos de agricultura de precisión en la cadena de algodón, que permitan realizar seguimiento fisiológico, sanitario, edáfico y productivo</li></ol>                               | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Priorización de las tecnologías o técnicas de agricultura de precisión de bajo costo, adaptables a las condiciones de cultivo en el departamento</li></ol>                                                                                                                        | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Identificación y difusión, de manera constante, de tecnologías o desarrollos (nacionales e internacionales) en el área de agricultura de precisión para el control de rendimientos</li></ol>                                             |
|                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                              | <ol style="list-style-type: none"><li>2. Diagnóstico de las condiciones de infraestructura tecnológica y conectividad de las zonas productoras del departamento, y su potencial para la aplicación de tecnologías de agricultura de precisión para el seguimiento fisiológico, sanitario, edáfico y productivo</li></ol> | <ol style="list-style-type: none"><li>2. Fortalecimiento de la infraestructura de conectividad en las fincas productoras mediante el desarrollo y validación de modelos de enrutamiento que faciliten y mejoren el intercambio de información en zonas no interconectadas rurales (Zigbee, Bluetooth, UWB, Wifi)</li></ol> | <ol style="list-style-type: none"><li>2. Establecimiento de alianzas con entidades internacionales para el desarrollo de pruebas piloto o validación de tecnologías de agricultura de precisión para la cadena de algodón</li></ol>                                               |
|                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                              | <ol style="list-style-type: none"><li>3. Generación de capacidades (formación) en los productores de la cadena, para el montaje, puesta en funcionamiento y operación de tecnologías de agricultura de precisión para el seguimiento fisiológico, sanitario, edáfico y productivo</li></ol>                              | <ol style="list-style-type: none"><li>3. Oferta de cursos de extensión accesibles al eslabón productivo para el manejo de tecnologías de agricultura de precisión para mejorar la productividad del cultivo de algodón</li></ol>                                                                                           | <ol style="list-style-type: none"><li>3. Desarrollo e implementación de soluciones <i>offline</i> que permitan la recolección de información sensorial en campo para su posterior procesamiento, como vehículos aéreos no tripulados equipados con sensores <i>RFID</i></li></ol> |

| Objetivo/Reto                                                                                                                                                                                                            | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                                                                  | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                           | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Implementar tecnologías de agricultura de precisión que faciliten la generación de conocimiento para los procesos de toma de decisión por parte del productor, mejorando la productividad y la rentabilidad del cultivo. | <p>2. Desarrollar y validar tecnologías de agricultura de precisión aplicadas a el seguimiento fisiológico, sanitario, edáfico y productivo en el cultivo de algodón.</p> | <p>1. Validación en las zonas de producción de los resultados de investigaciones sobre agricultura de precisión a nivel nacional e internacional (Brasil, Estados Unidos, entre otros)</p>                                                                                                                            | <p>1. Desarrollo de sistemas de sensores interconectados IoT (Internet de las Cosas, por sus siglas en inglés), que faciliten el monitoreo de variables agroclimáticas y de suelo, mediante aplicaciones móviles, contribuyendo a la toma de decisiones en torno al manejo edáfico y productivo del cultivo de algodón</p> | <p>1. Desarrollo de prototipos para la medición in situ de la calidad de la fibra de algodón, específicamente microaire, aplicando tecnologías de infrarrojo cercano - NIR y algoritmos de procesamiento de imágenes que faciliten la creación de mapas de calidad de fibra para mejorar el manejo del cultivo y, en última instancia, la rentabilidad</p> |
|                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                           | <p>2. Establecimiento de alianzas entre clúster TIC del Tolima, tecnoparque, grupos de investigación, empresas privadas y agremiaciones de la cadena para el desarrollo de tecnologías de agricultura de precisión en áreas de seguimiento fisiológico, sanitario, edáfico y productivo para la cadena de algodón</p> | <p>2. Desarrollo de tecnologías de procesamiento de imágenes para la evaluación del estrés nutricional e hídrico en el cultivo de algodón y su impacto en el rendimiento</p>                                                                                                                                               | <p>2. Transferencia y validación en campo de cosechadoras de algodón equipadas con sensores de rendimiento de flujo ultrasónico y GPS para el monitoreo de la productividad según las condiciones del suelo</p>                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                           | <p>3. Apoyo a <i>Spin-offs</i>, <i>start-ups</i> y emprendimientos regionales en el área de agricultura de precisión, que se encuentren en etapas de incubación y aceleración, facilitando la validación de sus tecnologías y prototipos para incursionar en el mercado regional y nacional</p>                       | <p>3. Desarrollo de tecnologías de estimación del rendimiento del algodón utilizando imágenes digitales de alta resolución adquiridas con vehículos aéreos no tripulados de bajo costo</p>                                                                                                                                 | <p>3. Selección de genotipos de alto rendimiento empleando imágenes de sistemas aéreos no tripulados para la captura de características fenotípicas relacionadas con cápsulas abiertas, incluyendo el número de estas, su área y diámetro promedio, su perímetro y la relación perímetro/área</p>                                                          |



| Objetivo/Reto                                                                                                                                                                                                            | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                         | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                                                                                                                               | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                                                                     |
| Implementar tecnologías de agricultura de precisión que faciliten la generación de conocimiento para los procesos de toma de decisión por parte del productor, mejorando la productividad y la rentabilidad del cultivo. | 3. Transferir e implementar tecnologías de agricultura de precisión aplicables a la producción del cultivo del algodón. | 1. Análisis colectivo de las barreras e impulsores de la transferencia de tecnología de agricultura de precisión en los productores, pequeños, medianos y grandes, para el desarrollo de estrategias de adopción mediante acciones de asociatividad que involucren a los diferentes actores de la cadena | 1. Desarrollo de mecanismos triangulares de cooperación para la adopción de tecnologías de agricultura de precisión en la cadena productiva de algodón, donde los estabos de desmote e hilatura respalden el acceso a créditos por parte de los productores, a través, de figuras de compra directa de materias primas           | 1. Desarrollo de modelos de negocio que faciliten el acceso a tecnologías de agricultura de precisión ( <i>Technologies as a Service, Equipment as a Service, Pay per use, suscripción</i> )                                   |
|                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                         | 2. Implementación de zonas de demostración para tecnologías de agricultura de precisión en la cadena de algodón, que faciliten la interacción de los productores, validación de experiencias y adopción                                                                                                  | 2. Desarrollo de acuerdos con entidades de investigación a nivel internacional, como la Asociación Brasileña de Productores de Algodón - Abrapa y el Instituto Brasileño del Algodón - IBA, con el fin de desarrollar procesos de investigación e innovación conjunta para fortalecer la adopción de la agricultura de precisión | 2. Desarrollo de modelos asociados para viabilizar la implementación de tecnologías de agricultura de precisión, facilitando el acceso comparado y la reducción de costos                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                         | 3. Transferencia de conocimientos y casos exitosos de implementación de técnicas de agricultura de precisión en la cadena de algodón                                                                                                                                                                     | 3. Desarrollo de giras nacionales e internacionales para la identificación de prácticas e intercambio de experiencias relacionadas con la incorporación de tecnologías de agricultura de precisión en el cultivo de algodón, y su impacto sobre la rentabilidad                                                                  | 3. Desarrollo de estrategias de gestión de conocimiento para la documentación de experiencias locales sobre la implementación de diferentes tipos de tecnologías IoT, Big Data y robots no tripulados en el cultivo de algodón |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 37**

**Árbol de pertinencia para el factor crítico “Investigación, Desarrollo e Innovación en manejo integrado de suelos y nutrición”**

| Objetivo/Reto                                                                                                                                                                                                    | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                                                    | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                             | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                                                                    | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                                                                                |
| Desarrollar planes de labores mecanizadas y planes de nutrición, adaptados a las propiedades de cada tipo de suelo, los requerimientos hídricos y las nuevas variedades, mejorando la productividad del cultivo. | 1. Caracterizar los requerimientos hídricos y nutricionales de las variedades implementadas en el departamento según las propiedades de cada tipo de suelo. | 1. Establecimiento de los requerimientos nutricionales, hídricos y de suelo de todas las variedades comerciales sembradas y zonificación de las áreas con potencial de producción de algodón, de acuerdo con los efectos del cambio climático | 1. Evaluación e implementación de técnicas de procesamiento de imágenes obtenidas por sensores remotos para la estimación de propiedades de suelo, como la espectroscopía VNIR, que permitan a los productores del departamento realizar estimaciones precisas y asequibles |
|                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                             | 2. Identificación y caracterización de los rasgos morfológicos de las variedades comerciales de las zonas de cultivo del departamento, los tipos de suelos y los niveles de fertilizante y su efecto en el rendimiento                        | 2. Desarrollo de variedades de algodón con características útiles para su inmersión en las nuevas tecnologías de hilandería en el país (implementación de variedades de algodón de fibra de color en los eslabones)                                                         |
|                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                             | 3. Caracterización de los requerimientos hídricos y nutricionales de las nuevas variedades desarrolladas por Agrosavia, para la definición de planes de manejo y recomendaciones por zona productora en el departamento                       | 3. Evaluación de la variabilidad espacial y temporal del potencial hídrico de las hojas mediante imágenes satelitales y datos meteorológicos                                                                                                                                |





| Objetivo/Reto                                                                                                                                                                                                    | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                                                                                                               | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                        | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                                 | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                              | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                                           |
| Desarrollar planes de labores mecanizadas y planes de nutrición, adaptados a las propiedades de cada tipo de suelo, los requerimientos hídricos y las nuevas variedades, mejorando la productividad del cultivo. | 2. Definir los elementos clave para la elaboración de los planes de labores de nutrición y riego con base en el análisis de los requerimientos edafoclimáticos para maximizar la productividad del cultivo de algodón. | 1. Evaluación de los efectos del estrés hídrico y el riego en la fotosíntesis, la actividad de las raíces y el rendimiento de algodón con riego por goteo bajo mantillo                                    | 1. Evaluación de la implementación de fuentes alternativas de riego como aguas subterráneas y aguas servidas tratadas para la nutrición de suelos en el cultivo de algodón                                | 1. Evaluación de los efectos del riego previo a la siembra más la fertilización de la superficie para mejorar los rasgos morfo-fisiológicos y mantener la productividad de agua-nitrógeno en algodón |
|                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                        | 2. Evaluación de los efectos de la reducción de fertilizantes químicos y la aplicación de fertilizantes orgánicos, la biomasa, la actividad bacteriana y el rendimiento de los diferentes tipos de algodón | 2. Evaluación del efecto de los regímenes de humedad y los niveles de zinc y hierro sobre el rendimiento, la eficiencia del uso del agua y la absorción de nutrientes en el sistema de cultivo de algodón | 2. Análisis de las características fotosintéticas de las hojas y producción de biomasa bajo diferentes regímenes de riego y fertilización con fósforo                                                |
|                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                        | 3. Implementación de un programa de formación para generar capacidades de elaboración de los planes de labores de nutrición y riego con base en el análisis de suelos                                      | 3. Evaluación de los efectos alelopáticos de diferentes compuestos naturales sobre la germinación de semillas, brote, crecimiento y actividad de la raíz en suelos con déficit de nutrientes              | 3. Desarrollo de modelos de simulación de la longitud y resistencia de fibras de algodón, según genotipo, tipo de irrigación, bioestimulantes, nutrientes del suelo y variables edafoclimáticas      |

| Objetivo/Refo                                                                                                                                                                                                    | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones          | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                   | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                          | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                   | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                            |
| Desarrollar planes de labores mecanizadas y planes de nutrición, adaptados a las propiedades de cada tipo de suelo, los requerimientos hídricos y las nuevas variedades, mejorando la productividad del cultivo. | 3. Definir los elementos clave para la elaboración de los planes de mecanización. | 1. Desarrollo de modelos asociados para viabilizar la implementación de tecnologías de mecanización, facilitando el acceso compartido y la reducción de costos                                      | 1. Desarrollo de modelos de negocio que faciliten el acceso a tecnologías de mecanización ( <i>Technology as a Service</i> , <i>Equipment as a Service</i> , <i>Pay per use</i> , suscripción)                 | 1. Actualización y modernización de los bancos de maquinaria disponible en agro-miaciones, bajo criterios de tecnologías basadas en energías alternativas y de bajo impacto ambiental |
|                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                   | 2. Identificación de la maquinaria disponible usada en labores de otros cultivos en regiones productoras de Colombia y el mundo, que puedan adaptarse a algunas labores de la producción de algodón | 2. Desarrollo de equipos y/o maquinaria agrícola, de mediana escala y bajos costos de operación (energías renovables) y mantenimiento, útiles para la mecanización de labores agrícolas del cultivo de algodón | 2. Evaluación del impacto del tráfico de maquinaria pesada sobre la compactación del suelo y el posterior rendimiento del cultivo                                                     |

Fuente: Elaboración propia





Tabla 38

Árbol de pertinencia para el factor crítico “Investigación y Desarrollo en tecnologías para el manejo integrado de arvenses, plagas y enfermedades”

| Objetivo/Reto                                                                                                                                                                | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                                                        | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                 | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                        | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                                 | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                      |
| Desarrollar productos más limpios para el manejo y control de plagas, enfermedades y arvenses para reducir el número de aplicaciones y los costos de producción del cultivo. | 1. Desarrollar tecnologías de bajo costo para la detección y control temprano de plagas, enfermedades y arvenses en el cultivo de algodón.                      | 1. Desarrollo de un diagnóstico fitosanitario de las zonas productoras del departamento (principales plagas y susceptibilidad por tipo de variedad)                                               | 1. Desarrollo de modelos matemáticos utilizando herramientas de <i>machine learning</i> para optimizar las aplicaciones de control de plagas y enfermedades                                                                  | 1. Desarrollo de modelos asociados para la adquisición de insumos para el cultivo, facilitando el acceso comparado y la reducción de costos                                     |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                 | 2. Identificación de tecnologías disponibles comercialmente para el monitoreo y detección remoto de plagas y enfermedades en el cultivo de algodón, aplicando vigilancia científica y tecnológica | 2. Desarrollo de modelos matemáticos utilizando herramientas de <i>machine learning</i> basados en información remota obtenida del cultivo que permitan diagnosticar de forma temprana la presencia de plagas y enfermedades | 2. Desarrollo de robots autónomos móviles para monitoreo (identificación de plagas a través de análisis de imágenes) y control (aspersión de pesticidas) de cultivos de algodón |
|                                                                                                                                                                              | 3. Investigación y Desarrollo de tecnologías remotas de recolección de información para diagnóstico, monitoreo y control de plagas y enfermedades en el cultivo |                                                                                                                                                                                                   | 3. Uso de vehículos aéreos no tripulados equipados con sensores de luz de alta resolución, combinados con tecnología de visión por computadora, para la detección de enfermedades en el cultivo de algodón                   |                                                                                                                                                                                 |

| Objetivo/Reto                                                                                                                                                                | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                           | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                    | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                  | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                                                                                              | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Desarrollar productos más limpios para el manejo y control de plagas, enfermedades y arvenses para reducir el número de aplicaciones y los costos de producción del cultivo. | 2. Desarrollar productos limpios para el manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de algodón. | 1. Identificación, evaluación y selección de cepas de microorganismos útiles para el desarrollo de bioproductos para el manejo y control de plagas, enfermedades y arvenses | 1. Investigación y Desarrollo en bioproductos para uso en el cultivo de algodón, basados en nanoformulaciones (nanocápsulas, nanoemulsiones, nanopolvos) para semilla y suelo con base en subproductos del sector agroindustrial como salvado de arroz, hongos y otros agentes biológicos | 1. Evaluación de eficiencia del uso potencial de bacterias endofíticas ( <i>Enterobacter genus</i> , <i>Azotobacter spp</i> , <i>Enterobacter asburiae</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> ) en el control biológico de plagas en el cultivo de algodón |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                    | 2. Identificación, evaluación y selección de predadores naturales (insectos - quirópteros) útiles para el control biológico de plagas en el cultivo de algodón              | 2. Creación de una red de monitoreo con el uso de control etológico (feromonas, atrayentes en trampas y cebos, repelentes, inhibidores de alimentación) para lepidópteros y picudo del algodonero                                                                                         | 2. Evaluación de eficiencia del uso potencial de hongos entomopatógenos ( <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Lecanicillium lecanii</i> , <i>Isaria fumosorosea</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i> ) en el control biológico de insectos en el cultivo de algodón                                  |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                    | 3. Desarrollo de pruebas de eficacia de bioproductos basados en biosíntesis de metabolitos para uso en el cultivo de algodón                                                | 3. Implementación de comunidades de práctica (productores y asistentes técnicos) para la gestión del conocimiento alrededor de productos biotecnológicos (producción, manejo, aplicación)                                                                                                 | 3. Diseño de una aplicación móvil para la gestión de conocimiento sobre técnicas, métodos y bioproductos para el control biológico de plagas, enfermedades y arvenses en el cultivo de algodón                                                                                                 |





| Objetivo/Reto                                                                                                                                                                | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                              | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                       | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                                                                                         | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                                                                 |
| Desarrollar productos más limpios para el manejo y control de plagas, enfermedades y arvenses para reducir el número de aplicaciones y los costos de producción del cultivo. | 3. Evaluar el impacto del cambio climático en la prevalencia y aparición de plagas, enfermedades y arvenses en el cultivo de algodón. | 1. Evaluación del efecto del CO <sub>2</sub> atmosférico en la presencia de plagas y sus enemigos naturales en el cultivo de algodón                                                                                                                                                                                 | 1. Evaluación del efecto del cambio climático y la estructura de siembra de cultivos en las dinámicas de población de las plagas más importantes para el cultivo de algodón en las zonas productoras                                                                                 | 1. Desarrollo de un sistema de monitoreo de variables agroambientales y participación de expertos agrometeorólogos, para la toma de decisión y evaluación del efecto del clima sobre el rendimiento del cultivo de algodón |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                       | 2. Evaluación del impacto del cambio climático sobre la abundancia regional y estacional de lepidópteros y picudo del algodón, utilizando modelos fenológicos basados en temperatura y SIG, teniendo en cuenta el efecto del cambio climático en fecundación al igual que en el crecimiento y desarrollo de la fibra | 2. Evaluación de la respuesta de las plantas a las aplicaciones para controlar plagas y enfermedades con el fin de establecer su comportamiento y las dosis óptimas en función de las condiciones del cultivo (índice de infestación, nivel de daño económico, humedad, temperatura) | 2. Predicción de la aparición de plagas y enfermedades en el cultivo de algodón a partir de factores ambientales, mediante aplicaciones de herramientas computacionales                                                    |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                            |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39**

**Árbol de pertinencia para el factor crítico “Aprovechamiento de la semilla y demás subproductos del cultivo de algodón para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables”**

| Objetivo/Reto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                                                                                                                                                                                                          |  | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                                                                                                                          |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
| Aprovechar integralmente el cultivo de algodón al vincular a la cadena el eslabón de transformación de subproductos para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables, aumentando los ingresos de los productores, la competitividad y la sostenibilidad. | 1. Identificar el potencial de uso de los subproductos de la cadena productiva de algodón (semilla, motosa, fibrilla, impurezas mayores, pelusa o linteres, tortas, pellets y expellers).                                                                                                                         |  | 1. Identificación y caracterización fisicoquímica de los subproductos del cultivo de algodón y sus potenciales industrias                                                                                                                                                                                |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2. Identificación de las tendencias de Investigación y Desarrollo tecnológico, relacionadas con la agregación de valor a los subproductos de la cadena de algodón (semilla, motosa, fibrilla, impurezas mayores, pelusa o linteres, tortas, pellets y expellers) a partir de ejercicios de vigilancia tecnológica |  | 2. Desarrollo de alianzas estratégicas con entidades líderes a nivel internacional en transformación de subproductos (Japón, este y sudeste de África) para el desarrollo de emprendimientos de base tecnológica y transferencia de conocimientos y tecnología                                           |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3. Identificación de nichos de mercados nacionales e internacionales para la comercialización de subproductos no procesados de la cadena de algodón                                                                                                                                                               |  | 3. Identificación de los requerimientos no arancelarios, según la normatividad internacional, para el acceso a mercados internacionales de productos innovadores a partir de los subproductos de la cadena de algodón (biocombustibles, biocompuestos, alimentos para animales, cosméticos, entre otros) |  |



| Objetivo/Reto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                                                                                                                                                         | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                  | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                                       | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                                                                                                          | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Aprovechar integralmente el cultivo de algodón al vincular a la cadena el eslabón de transformación de subproductos para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables, aumentando los ingresos de los productores, la competitividad y la sostenibilidad. | 1. Desarrollar procesos de Investigación y Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento de los subproductos del cultivo de algodón con potencial aplicación en las industrias de biocombustibles, biocompostajes, alimentación animal, cosmética, entre otras. | 1. Investigación y Desarrollo en las propiedades de los subproductos de las variedades de algodón cultivadas en el Tolima (celulosa, semilla, pellets) para la elaboración de productos para diversas industrias | 1. Evaluación del aprovechamiento de celulosa de algodón para la fabricación de dispositivos electrónicos como baterías Ion-Litio a través de procesos sustentables                                                                                                                                   | 1. Extracción de nanofibrillas de celulosa a partir de la corteza del tallo de la planta de algodón a través de métodos de oxidación (TEMPO) y desintegración mecánica                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2. Evaluación de las condiciones de extracción de aceite de semilla de algodón y sus características bromatológicas para uso en fines alimentarios                                                               | 2. Evaluación del uso de subproductos de la planta (torta o harina de semillas de algodón y cáscara de semilla) como fuente de fibra en dietas de engorde a corral de alta concentración energética para el reemplazo de forraje voluminoso de mayor costo (heno de alfalfa o ensilajes de gramíneas) | 2. Evaluación de la acción anti-diabética y antioxidante de las moléculas bioactivas del tallo de algodón (Apigenina, Quercetina, Catequina y ácido protocatechuico) como subproducto poscosecha del cultivo, para su aplicación en las industrias farmacéutica y alimentaria |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3. Desarrollo e implementación de métodos y tecnologías para la extracción de aceite de semilla de algodón comestible (extracción por solventes químicos, expulsión y presión)                                   | 3. Investigación y Desarrollo en métodos, procesos y tecnologías para el aprovechamiento de subproductos de la cadena de algodón para la producción de fuentes de energía alternativas como biocombustibles (bioetanol, biodiesel, pellets, briquettes)                                               | 3. Evaluación del potencial de aplicación de tecnologías <i>Waste to Energy</i> (pirólisis, gasificación y fermentación) para la producción de energía a partir de la biomasa residual de la cadena productiva de algodón                                                     |

| Objetivo/Retos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                  | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Aprovechar integralmente el cultivo de algodón al vincular a la cadena el eslabón de transformación de subproductos para la elaboración de biocombustibles, bioferilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables, aumentando los ingresos de los productores, la competitividad y la sostenibilidad. | <p>1. Elaboración de productos como jabones, champús, cremas y lociones para hidratar y rejuvenecer la piel, entre otros compuestos para la industria cosmética, a partir de celulosa de algodón</p> <p>2. Investigación y Desarrollo en el uso del tallo de algodón como materia prima alternativa para la fabricación de varios productos de valor agregado, como tableros de partículas, pulpa y papel, tableros duros, cajas corrugadas, celulosa microcristalina, derivados de celulosa y diversos sustratos para la producción de hongos comestibles</p> <p>3. Desarrollar productos a partir de las propiedades de los subproductos del cultivo y el desmote del algodón.</p> |  | <p>1. Elaboración de productos para la limpieza de residuos líquidos industriales y de construcción, a partir de la transformación de subproductos de la cadena de algodón</p>                                | <p>1. Desarrollo e implementación de tecnologías para la producción de algodón absorbente (toallas sanitarias, pañales para bebés, seda dental, filtros de cigarrillos, gasas, motas y almohadillas faciales) a partir de los residuos producidos en el proceso de desmote (pelusa de algodón)</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  | <p>2. Evaluación del uso de micelio de hongos y mezclas de subproductos del beneficio de algodón para la elaboración de empaques biodegradables</p>                                                           | <p>2. Desarrollo de paneles de absorción acústicos a partir de partículas comprimidas de subproductos de algodón (tallo) y otras cadenas productivas</p>                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  | <p>3. Desarrollo de productos para la remoción de contaminantes orgánicos solubles y metales pesados en fuentes de agua usando carbón activado o biochar derivado de subproductos de la cadena de algodón</p> | <p>3. Evaluación del uso de harina de semilla de algodón y aceite de semilla de algodón como relleno de refuerzo para el ácido poliláctico moldeado por inyección</p>                                                                                                                              |

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 40**

**Árbol de pertinencia para el factor crítico “Investigación, Desarrollo e innovación para la integración de la cadena algodón - textil - confecciones”**

| Objetivo/Reto                                                                                                                                                                                                                                                 | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                                                                                                                       | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                                                                                                | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                                                          | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                                                                                    |
| Integrar los eslabones de producción, hilandería y textil - confección, a través de la implementación de tecnologías de hilandería versátil e innovando en el desarrollo de textiles inteligentes y el aprovechamiento de residuos del eslabón de confección. | 1. Integrar la cadena algodón - textil -confecciones, mediante procesos de desarrollo de la cadena de suministro desde el eslabón de producción de algodón hacia la industria textil y confección del departamento del Tolima. | 1. Promoción de la asociatividad de los pequeños productores para alcanzar el posicionamiento del algodón como el cultivo de ciclo corto más representativo en el Tolima, con una meta de 50.000 ha sembradas                                                             | 1. Identificación y evaluación de tendencias en maquinaria y equipo para los procesos de desmote, producción de fibra, tejido y confección, implementando vigilancia tecnológica                                                                      | 1. Puesta en funcionamiento de un laboratorio regional de calidad de fibra y desarrollo de tejidos, para la articulación de los eslabones desde la calidad y los requerimientos del mercado                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                | 2. Creación de canales de comunicación directa entre el eslabón de producción y el eslabón textil - confección, para concertar intereses comunes (planeación de producción, calidad y tipo de fibra), que faciliten el buen desarrollo del mercado de la fibra de algodón | 2. Reorganización de la cadena algodón - textil - confecciones a través de un modelo que integre los eslabones productivos de la misma, desde la siembra de la semilla hasta la confección de prendas terminadas                                      | 2. Desarrollo de un sistema inteligente para la proyección de la cadena algodón - textil - confecciones, a través de tendencias de mercados, tendencias de moda y consumo, innovación en tejidos y materiales, textiles y calidad de la fibra |
|                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                | 3. Desarrollo de un análisis del estado actual de la tecnología (maquinaria y equipo) de los diferentes eslabones de la Cadena para establecer los requerimientos de modernización                                                                                        | 3. Implementación de las medidas de comité de la cadena algodón - textil - confecciones en el departamento del Tolima para el montaje de un centro integral de productividad tecnológica para el sistema de moda (prendas y complementos) y servicios | 3. Integración de la cadena productiva a través del montaje de un centro integral de productividad tecnológica y servicios especializados para el sistema de moda (prendas y complementos)                                                    |

| Objetivo/Retos                                                                                                                                                                                                                                                | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                                       | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                                                                                                                  | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Integrar los eslabones de producción, hilandería y textil - confección, a través de la implementación de tecnologías de hilandería versátil e innovando en el desarrollo de textiles inteligentes y el aprovechamiento de residuos del eslabón de confección. | 2. Mejorar la competitividad de la cadena, mediante el fortalecimiento tecnológico del eslabón textil (hilandería y tejeduría) - confecciones. | 1. Desarrollo de un estudio de factibilidad técnica, comercial, operativa y financiera para el montaje y puesta en marcha de una hilandería versátil de tecnología avanzada (algodón, mezclas, hilos recuperados y fibras verdes) bajo un modelo cooperativo y en alianza público - privada | 1. Montaje de hilandería versátil de tecnología avanzada (algodón, mezclas, hilos recuperados y fibras verdes)                                                                                                                                                                                                | 1. Puesta en marcha de un centro de innovación en diseño para la industria de la moda, que permita integrar los nuevos talentos, y los servicios requeridos para el desarrollo de colecciones, integrando los diferentes eslabones de la industria y promoviendo las marcas propias e independientes en la región |
|                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                | 2. Identificación de tecnologías disponibles comercialmente para el proceso de desarrollo de textiles inteligentes y aprovechamiento de residuos de algodón, aplicando vigilancia científica y tecnológica                                                                                  | 2. Desarrollo de ejercicios de vigilancia tecnológica para la identificación de técnicas para agregación de valor en fibras como telas con protección UV, sin hilado a partir de biopolímeros, autolimpiables con nanocompuestos de óxido de titanio y plata, ultrarresistentes con nanopartículas de grafeno | 2. Investigación y Desarrollo en agregación de valor en fibra a través de procesos como el uso de nanopartículas biodegradables que liberen de forma prolongada compuestos de interés como fragancias o antibacteriales                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                | 3. Desarrollo de procesos de modernización tecnológica sostenible (menor consumo energético, eficiencia, fuentes renovables) para la producción responsable en la industria textil - confecciones                                                                                           | 3. Desarrollo de sistemas de información basados en modelos analíticos y Blockchain para la gestión del proceso de agregación de valor en la cadena                                                                                                                                                           | 3. Integración de tecnologías 4.0 y robotización (Recolección de datos asistida por sensores RFID; impresión 3D; máquinas con interfaces; apps para recopilar, analizar y controlar datos) a los eslabones textil - confecciones                                                                                  |





| Objetivo/Reto                                                                                                                                                                                                                                                 | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                  | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                           | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                                                                                      | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                                                | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Integrar los eslabones de producción, hilandería y textil - confección, a través de la implementación de tecnologías de hilandería versátil e innovando en el desarrollo de textiles inteligentes y el aprovechamiento de residuos del eslabón de confección. | 3. Asegurar la sostenibilidad de la cadena algodón - textil - confecciones mediante el desarrollo de procesos circulares. | 1. Investigación y Desarrollo en producción de telas a partir de fibra de poliéster obtenida del reciclaje de botellas PET                                                                                                                                      | 1. Identificación y evaluación de las tecnologías requeridas para el montaje de una planta de recuperación de fibras y subproductos (prendas y desechos) a través de vigilancia tecnológica                                                 | 1. Montaje de una planta de recuperación de fibras y subproductos (prendas y desechos) que mejore la competitividad y la sostenibilidad de la cadena a partir del desarrollo de modelos circulares y la obtención de certificaciones y sellos de calidad que respondan a las demandas ambientales y sociales de los clientes |
|                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                           | 2. Investigación y Desarrollo en bio-reciclaje de fibras y prendas, para la elaboración de textiles sustentables y productos de interés para otras industrias (jarabe de glucosa - pulpa de celulosa)                                                           | 2. Desarrollo de un estudio de factibilidad para el montaje de una planta de recuperación de fibras y subproductos (prendas y desechos), que integre los eslabones algodón - textil - confecciones                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                           | 3. Desarrollo de un modelo logístico (volumenes, tipos de desechos, rutas) basado en colaboración y corresponsabilidad entre los diferentes eslabones de la cadena algodón - textil - confecciones, para la recolección de subproductos de interés en la cadena | 3. Promoción de la obtención de certificaciones de sostenibilidad (OEKO-TEX) y/o sello GOTS en los eslabones textil - confecciones, garantizando la reducción de químicos y sustancias nocivas en todo el proceso de fabricación de prendas | 3. Desarrollo de aplicaciones y telas reforzadas con residuos de fibra de poliéster para mejorar sus propiedades mecánicas                                                                                                                                                                                                   |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 41**

**Árbol de pertinencia para el factor crítico “Cobertura y calidad de la asistencia técnica y extensión agropecuaria especializada en el manejo del cultivo de algodón”**

| Objetivo/Reto                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                                                     | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                              | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                                                        | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                                                                                      |
| Desarrollar soluciones tecnológicas que faciliten la toma de decisiones sobre la gestión eficiente del cultivo del algodón, a partir del intercambio y gestión de conocimientos entre asistente técnico y productor, soportado en procesos de formación posgradual especializados para la cadena. | 1. Generar capacidades técnicas y tecnológicas que faciliten los procesos de asistencia técnica especializada por parte de los extensionistas agropecuarios. | 1. Diagnóstico de las capacidades de apropiación, adopción y transferencia de conocimientos y tecnologías para el eslabón de producción de algodón en el departamento del Tolima (identificación de barreras y potencializadores) | 1. Inclusión en los planes de estudio de los programas de formación profesional del campo de las Ciencias Agrarias, de asignaturas y líneas de investigación especializadas en el cultivo de algodón, y creación de programas de educación continuada para el desarrollo de soluciones tecnológicas para el manejo del cultivo de algodón | 1. Desarrollo e implementación de un programa de extensión agropecuaria en el uso de tecnología de precisión en las prácticas de cultivo y desmote, apalancado por la universidad y la empresa privada                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                              | 2. Implementación de capacitaciones dirigidas al productor a través de herramientas digitales como webinar, de las temáticas críticas en manejo del cultivo y desmote, con base en las tendencias del mercado                     | 2. Capacitación al productor y al asistente técnico en las diferentes calidades de fibra que deben producir, con base en la demanda                                                                                                                                                                                                       | 2. Articulación de la cadena de algodón - textil - confecciones con la academia e institutos de investigación a nivel nacional e internacional para generar acciones de intercambio de conocimientos y formación a extensionistas y productores |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                              | 3. Generación de alianzas con las empresas prestadoras del servicio de internet para identificar cobertura y necesidades de conectividad en las zonas productoras de algodón del departamento                                     | 3. Desarrollo y validación de modelos de enrutamiento que faciliten y mejoren el intercambio de información y conocimientos respecto a métodos de manejo y gestión de cultivo, en zonas rurales no interconectadas (Zigbee, Bluetooth, UWB, Wifi)                                                                                         | 3. Implementación de comunidades virtuales de práctica (productores y asistentes técnicos) que faciliten el acceso a la asistencia técnica especializada prestada por los extensionistas                                                        |





| Objetivo/Reto                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Para alcanzar este objetivo se requiere realizar las siguientes acciones                                                                                                                                                                                                                                                       | Cada una de las acciones requiere el cumplimiento de las siguientes actividades                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Actividades de corto plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Actividades de mediano plazo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Actividades de largo plazo                                                                                                                                                                                                                         |
| Desarrollar soluciones tecnológicas que faciliten la toma de decisiones sobre la gestión eficiente del cultivo del algodón, a partir del intercambio y gestión de conocimientos entre asistente técnico y productor, soportado en procesos de formación posgradual especializados para la cadena. | 1. Fomento de alianzas entre grupos de investigación en las áreas de Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Agronómica e Ingeniería Electrónica, para el desarrollo de aplicaciones que faciliten la incorporación de conocimientos de extensionistas agropecuarios a las prácticas regulares en la gestión del cultivo de algodón | 1.Desarrollo de aplicaciones web y móviles que permitan realizar las actividades de asistencia remota, realizando las consultas a través de chats, video llamadas y mensajes escritos con imágenes de soporte para la cadena de algodón                                                                                                  | 1. Desarrollo de modelos de negocio que fomenten el acceso a servicios de extensión agropecuaria como: por unidad de producto vendido, por porcentaje de incremento en los rendimientos y por servicio individual                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2. Desarrollo de sistemas de gestión de información a través de aplicaciones web o móviles que permitan el registro y control de las actividades en campo programadas, visitas y recomendaciones realizadas por los extensionistas agropecuarios                                                                               | 2. Desarrollo e implementación de un sistema de gestión del conocimiento que permita recopilar información técnica y financiera relacionada con siembra, recolección, uso del recurso hídrico, insumos, tecnologías, producción y rendimientos                                                                                           | 2. Desarrollo de una alianza estratégica con la División de Transferencia de Tecnología y el Centro de Entrenamiento del Instituto Central de Investigación en Tecnología del Algodón, para la formación virtual de extensionistas y productores a través de exhibiciones, <i>workshops</i> y conferencias                                    |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3. Transferir tecnologías a los productores y extensionistas agropecuarios para el desarrollo eficiente de los procesos de asistencia técnica presencial y/o remota en el cultivo del algodón.                                                                                                                                 | 1. Formulación del Plan de asistencia técnica y extensión rural, de manera participativa, en los territorios algodoneiros, integrando el uso de las aplicaciones de gestión del conocimiento y toma de decisiones web o móviles desarrolladas, según la disponibilidad tecnológica de los productores y los extensionistas agropecuarios | 1. Desarrollo de pruebas piloto para la implementación de tecnologías de gestión de conocimiento y toma de decisiones a partir de la asistencia técnica remota o presencial, según las tecnologías disponibles ( <i>smartphones</i> , tabletas) y acorde a los planes de asistencia técnica y extensión rural en los territorios algodoneiros | 1. Generación de redes de Investigación, Desarrollo e innovación que permitan generar conocimiento de forma participativa para mejorar los procesos de extensionismo a partir de la autogestión, la confianza y la interacción productor-productor |

Fuente: Elaboración propia

## 5.10. DEFINICIÓN DE LA AGENDA DE INVESTIGACIÓN

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

Teniendo en cuenta que de las 18 variables estratégicas identificadas, solamente 6 fueron priorizadas como factores críticos por su alto impacto y baja previsibilidad, se hace necesario plantear los proyectos que se deben implementar a corto, mediano y largo plazo respecto a las variables no priorizadas para direccionar el escenario apuesta de la cadena de algodón, hacia el desempeño tecnológico esperado y que permita fortalecer los niveles de competitividad de los diferentes eslabones asociados.

De igual manera, la evolución de la cadena de algodón hacia el escenario apuesta, estará determinada por el avance conjunto de las variables no tecnológicas, que, dada su influencia, deberán ser consideradas para el despliegue de estrategias que las impulsen y promuevan. En adelante, estas variables tecnológicas y no tecnológicas serán denominadas demandas. Según Lima et al. (2001), las demandas de las cadenas productivas se pueden clasificar en tres tipos: Demandas Tipo I, que se caracterizan por responder a problemas cuya solución es tecnológica y ya está disponible; Demandas Tipo II, que se caracterizan por responder a problemas cuya solución es tecnológica pero aún no está disponible y se requiere de actividades de I+D+i, y Demandas tipo III, que se caracterizan por responder a problemas que no requieren directamente de soluciones tecnológicas, sino que, por el contrario, están ligadas a aspectos complementarios como políticas e infraestructura y tienen un impacto directo en las dos primeras. Las demandas tipo I y II, serán denominadas demandas tecnológicas<sup>3</sup>, y las tipo III, demandas no tecnológicas (Tabla 42).

---

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

**Tabla 42***Demandas tecnológicas y no tecnológicas*

| Demandas tecnológicas |                                                                                                                                               | Demandas no tecnológicas |                                                                                                                                                           |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                     | Investigación, Desarrollo e innovación en genotipos con fibra de alta calidad adaptados a las condiciones agroecológicas del Tolima (INVEGEN) | 1                        | Articulación de actores del sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de procesos de transferencia de tecnología (ARTICTEI) |
| 2                     | Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para el uso eficiente del agua (INVEAGUA)                                               | 2                        | Adopción de certificaciones de calidad y origen (ADOPVOLU)                                                                                                |
| 3                     | Tecnologías para la obtención de algodones más limpios (TECLIMPI)                                                                             | 3                        | Optimización de costos de producción (OPTICOS)                                                                                                            |
| 4                     | Investigación y Desarrollo de tecnologías para la disminución del impacto ambiental (AMBIENT)                                                 | 4                        | Disponibilidad de mano de obra calificada (MANOBRA)                                                                                                       |
| 5                     | Tecnologías de arbitraje en porcentaje de desmote y calidad de la fibra (FIBRACAL)                                                            | 5                        | Mecanismos de asociatividad para pequeños productores (ASOCIAT)                                                                                           |
| 6                     | Aprovechamiento de la fibra de algodón para el desarrollo de productos de valor agregado para la industria de aseo (APRO-FIBR)                | 6                        | Capacidad exportadora (CAEXPOR)                                                                                                                           |

*Fuente: Elaboración propia*

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

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

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

5.10.1. DEMANDAS TECNOLÓGICAS

De la tabla 43 hasta la 48, se presentan las propuestas de los expertos para las demandas tecnológicas de la cadena de algodón.

**Tabla 43**  
*Investigación, Desarrollo e innovación en genotipos con fibra de alta calidad adaptados a las condiciones agroecológicas del Tolima (INVEGEN)*

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                               |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Definición de la demanda</b>                   | Desarrollo de variedades de alta calidad, tolerantes a condiciones de sequía y acidez y resistentes a las plagas y enfermedades que atacan el cultivo en el Tolima.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                               |
| <b>Eslabón de impacto</b>                         | Producción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                               |
| <b>Tipo de estrategia de I+D</b>                  | Investigación básica ____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Investigación aplicada _X_    |
|                                                   | Desarrollo experimental ____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Transferencia tecnológica _X_ |
| <b>Tipo de alianza</b>                            | Monoinstitucional ____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Multiinstitucional _X_        |
| <b>Estado del arte de la demanda</b>              | Se han desarrollado avances en identificación de componentes de ADN con características de interés sobre variedades resistentes a condiciones adversas (plagas, enfermedades, arvenses y estrés). De igual manera, los esfuerzos de investigación se han centrado en el análisis de la diversidad genética para la comprensión de su distribución geográfica, difusión, relación genética y estructura de la población, así como la evolución molecular y análisis filogenético de genes relacionados con el desarrollo de fibras y obtención de algodones transgénicos. |                               |
| <b>Proyectos para alcanzar el estado deseable</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Liberación, siembra y evaluación de los materiales de algodón desarrollados por Agrosavia en las diferentes zonas productoras del departamento (corto plazo)</li><li>- Identificación de cultivares con adaptación muy específica para incrementar el rendimiento (corto plazo)</li><li>- Desarrollo de procesos de mejoramiento biotecnológico a partir de la identificación de fenotipos mediante el mapeo de marcadores moleculares a partir de locus de rasgo cuantitativo (mediano plazo)</li></ul>                         |                               |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 44**

*Proyectos definidos para la demanda Investigación, Desarrollo e innovación en tecnologías para el uso eficiente del agua (INVEAGUA)*

|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                               |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Definición de la demanda                   | Tecnología para satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo de forma eficiente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                               |
| Eslabón de impacto                         | Producción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                               |
| Tipo de estrategia de I+D                  | Investigación básica ____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Investigación aplicada _X_    |
|                                            | Desarrollo experimental ____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Transferencia tecnológica _X_ |
| Tipo de alianza                            | Monoinstitucional ____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Multiinstitucional _X_        |
| Estado del arte de la demanda              | Los países líderes en la investigación de esta demanda son China y Estados Unidos. Investigadores de estos países han evaluado los tiempos óptimos de irrigación y el riego de sitio específico para optimizar el uso de agua en el cultivo manteniendo los rendimientos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                               |
| Proyectos para alcanzar el estado deseable | <ul style="list-style-type: none"><li>– Diseño e implementación de una red de sensores inalámbricos para el monitoreo de humedad de los suelos algodoneros y variables agroclimáticas que facilite la toma de decisión y reduzca el consumo de agua en cultivo (corto plazo)</li><li>– Proyectos de investigación e innovación en manejo eficiente del riego en el cultivo de algodón (Corto plazo)</li><li>– Zonificación y/o distribución de las áreas del cultivo teniendo en cuenta la disponibilidad hídrica y la genética de los cultivares (corto plazo)</li></ul> |                               |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 45**

*Proyectos definidos para la demanda Tecnologías para la obtención de algodones más limpios (TECLIMPI)*

|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                               |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Definición de la demanda                   | Métodos de fertilización y control de plagas, enfermedades y arvenses que permitan reducir el uso de agroquímicos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                               |
| Eslabón de impacto                         | Producción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                               |
| Tipo de estrategia de I+D                  | Investigación básica ____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Investigación aplicada _X_    |
|                                            | Desarrollo experimental _X_                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Transferencia tecnológica _X_ |
| Tipo de alianza                            | Monoinstitucional ____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Multiinstitucional _X_        |
| Estado del arte de la demanda              | Estados unidos e India lideran la investigación alrededor de producción limpia de algodón, realizando estudios comparativos del rendimiento promedio, el impacto en los suelos y las tecnologías de manejo de plagas y arvenses de la producción orgánica y tradicional.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                               |
| Proyectos para alcanzar el estado deseable | <ul style="list-style-type: none"><li>- Diseño de aplicativos web y móviles de reconocimiento y recomendaciones de manejo de plagas, enfermedades y arvenses, a partir de prácticas eco amigables que permitan optimizar los manejos integrados de cada una de estas variables (mediano plazo)</li><li>- Establecimiento de alianzas con la FAO, además de otras instituciones nacionales e internacionales, para identificar y multiplicar las áreas aptas para el establecimiento de cultivos sostenibles u orgánicos (mediano plazo)</li><li>- Introducción de prácticas de manejo BPA para el cultivo de algodón, que se puedan asociar al desarrollo sostenible, buscando que la producción sea amigable con el medio ambiente (corto plazo)</li></ul> |                               |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 46**

*Proyectos definidos para la demanda Investigación y Desarrollo de tecnologías para la disminución del impacto ambiental (AMBIENT)*

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                               |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Definición de la demanda</b>                   | Tecnologías para la disminución de las huellas verde, gris y azul del cultivo de algodón, a partir de la determinación de los indicadores.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                               |
| <b>Eslabón de impacto</b>                         | Producción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                               |
| <b>Tipo de estrategia de I+D</b>                  | Investigación básica ____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Investigación aplicada _X_    |
|                                                   | Desarrollo experimental _X_                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Transferencia tecnológica _X_ |
| <b>Tipo de alianza</b>                            | Monoinstitucional ____ Multiinstitucional _X_                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                               |
| <b>Estado del arte de la demanda</b>              | Los países líderes en la investigación de esta demanda son China e India. Estos países evalúan estrategias para la reducción de la huella de agua y de carbono a través del reciclaje de desechos de la industria textil, y el cultivo en asocio.                                                                                                                                                                                                                                                            |                               |
| <b>Proyectos para alcanzar el estado deseable</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Desarrollo de métodos de monitoreo continuo para realizar un manejo integrado y alterno del cultivo utilizando productos de bajo impacto ambiental como son los biocontroladores o agentes biológicos (corto plazo)</li> <li>– Evaluación de la huella hídrica total (verde, azul y gris) del cultivo en las diferentes zonas productoras del departamento, para identificar la presión sobre el recurso y plantear alternativas de manejo (corto plazo)</li> </ul> |                               |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 47**

*Proyectos definidos para la demanda Tecnologías de arbitraje en porcentaje de desmote y calidad de la fibra (FIBRACAL)*

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                               |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Definición de la demanda</b>      | Implementación de tecnologías de arbitraje para la evaluación de la fibra para aumentar la transparencia en el proceso de comercialización.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                               |
| <b>Eslabón de impacto</b>            | Producción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                               |
| <b>Tipo de estrategia de I+D</b>     | Investigación básica ____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Investigación aplicada _X_    |
|                                      | Desarrollo experimental ____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Transferencia tecnológica _X_ |
| <b>Tipo de alianza</b>               | Monoinstitucional ____ Multiinstitucional _X_                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                               |
| <b>Estado del arte de la demanda</b> | <p>La investigación sobre la evaluación de las cualidades de la fibra de algodón se divide en dos áreas: cultivo y desmote. Respecto a la primera, las investigaciones se han orientado al desarrollo de técnicas optoelectrónicas y de procesamiento de imágenes, y a la influencia en la luminosidad de la visión artificial para medir defectos de algodón.</p> <p>Para el desmote, la investigación se orienta a la clasificación y evaluación de la calidad del algodón desmotado con base en la técnica de fusión de imágenes en color, la detección de materiales extraños en la superficie por imágenes hiperespectrales, y el uso de métodos de imagen láser para la detección de contaminantes por visión artificial.</p> |                               |

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Proyectos para alcanzar el estado deseable</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Desarrollo de tecnologías soportadas en visión por computadora e inteligencia artificial para la determinación de parámetros de calidad de fibra en cultivo y en desmote (mediano plazo)</li> <li>– Desarrollo de tecnologías de trazabilidad como <i>Blockchain</i> para garantizar la idoneidad en los parámetros de calidad establecidos en los diferentes eslabones del proceso, garantizando el beneficio al productor (mediano plazo)</li> <li>– Desarrollo de tecnologías agronómicas para realizar defoliaciones oportunas, además de una recolección mecanizada con estándares de precisión y calibración al momento del desmote (mediano plazo)</li> </ul> |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 48**

*Proyectos definidos para la demanda Aprovechamiento de la fibra de algodón para el desarrollo de productos de valor agregado para la industria de aseo (APROFIBR)*

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                               |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Definición de la demanda</b>                   | Elaboración de productos de aseo de algodón, gracias a su gran capacidad de absorción, secado rápido e impermeabilidad.                                                                                                                                                                                                                      |                               |
| <b>Eslabón de impacto</b>                         | Transformación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                               |
| <b>Tipo de estrategia de I+D</b>                  | Investigación básica _X_                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Investigación aplicada _X_    |
|                                                   | Desarrollo experimental _X_                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Transferencia tecnológica _X_ |
| <b>Tipo de alianza</b>                            | Monoinstitucional ____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Multiinstitucional _X_        |
| <b>Estado del arte de la demanda</b>              | Los países líderes en investigación del uso de fibra de algodón para higiene han explorado tejidos durables con propiedades antibacteriales y resistentes a la adhesión bacteriana cubiertos con polímeros catiónicos fluorados.                                                                                                             |                               |
| <b>Proyectos para alcanzar el estado deseable</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Desarrollo de procesos de investigación básica y aplicada que permitan identificar el uso potencial de fibras de menor calidad, en el desarrollo de productos cosméticos (toallas húmedas, protectores femeninos), entre otros, aprovechando el 100% de la materia prima (mediano plazo)</li> </ul> |                               |

Fuente: Elaboración propia

### 5.10.2. DEMANDAS NO TECNOLÓGICAS

En la Tabla 49 se presentan las propuestas de los expertos para las demandas no tecnológicas de la cadena de algodón.

**Tabla 49***Proyectos definidos para las demandas no tecnológicas*

| <b>Proyectos definidos para la demanda Articulación de actores del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de procesos de transferencia de tecnología (ARTICTEI)</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definición de la demanda                                                                                                                                                                             | Vinculación de universidades y centros de investigación para la transferencia de tecnología en la cadena productiva del algodón.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Estrategias o política a seguir                                                                                                                                                                      | Articulación de grupos de investigación de las universidades de la región (Tolima, Huila, Cundinamarca), para participar en ruedas de innovación y negocios que permitan potencializar el desarrollo de nuevos productos o procesos en las empresas (corto plazo)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Proyectos definidos para la demanda Adopción de certificaciones de calidad y origen (ADOPVOLU)</b>                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Definición de la demanda                                                                                                                                                                             | Certificaciones de calidad y sostenibilidad del algodón y denominación de origen para aumentar el posicionamiento en los mercados nacional y extranjero.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Estrategias o política a seguir                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Generación de alianzas internacionales con entidades de certificación y organizaciones o cooperativas algodoneras con experiencia en certificación (Brasil) (corto plazo)</li> <li>– Promoción de la obtención de sellos verdes o de distinciones geográficas de las materias primas obtenidas en la región (mediano plazo)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Proyectos definidos para la demanda Optimización de costos de producción (OPTICOS)</b>                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Definición de la demanda                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Mejoramiento de los costos de producción por hectárea.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Estrategias o política a seguir                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Diseño y desarrollo de aplicativos para el manejo de los costos de producción en cultivo de algodón (corto plazo)</li> <li>– Transferencia de conocimientos en el manejo óptimo de los costos de producción, manteniendo los estándares de rentabilidad y producción nacional de fibra por hectárea del cultivo (corto plazo)</li> <li>– Priorización de la cadena productiva de algodón por parte de la Gobernación del Tolima como región de alta relevancia para el departamento, en articulación con el clúster textil - confecciones (corto plazo)</li> </ul> |
| <b>Proyectos definidos para la demanda Disponibilidad de mano de obra calificada (MANOBRA)</b>                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Definición de la demanda                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Talento humano calificado disponible para el manejo del cultivo de algodón.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Estrategias o política a seguir                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Formación de técnicos profesionales y extensionistas en monitoreo y gestión de cultivos, específicamente en algodón (corto plazo)</li> <li>– Alianzas con entidades de formación académica nacional e internacional para fortalecer los conocimientos de los productores del departamento acerca del cultivo y su manejo integrado para tecnificar al máximo su desarrollo y producción (corto plazo)</li> </ul>                                                                                                                                                   |

### Proyectos definidos para la demanda Mecanismos de asociatividad para pequeños productores (ASOCIAT)

|                                 |                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definición de la demanda        | – Sistemas de asociación                                                                                                                                                                                   |
| Estrategias o política a seguir | – Desarrollo de programas desde la Gobernación del Tolima y las alcaldías de los municipios productores para fomentar la sostenibilidad de las asociaciones de algodón de la región (corto plazo)          |
|                                 | – Identificación de fuentes de financiación para el fomento, consolidación y formación de cooperativas y asociaciones para la transformación de la materia primaria y secundaria del cultivo (Corto plazo) |

### Proyectos definidos para la demanda Capacidad exportadora (CAEXPOR)

|                                 |                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definición de la demanda        | – Competencia para optimizar la oferta exportable de algodón.                                                                                                                                                                 |
| Estrategias o política a seguir | – Estandarización de la calidad de la fibra, además de buscar sellos de certificación internacional para abrir ventanas de exportación del producto interno buscando un sobreprecio o compensación al productor (corto plazo) |

Fuente: Elaboración propia



## CAPÍTULO

# 6

## CONCLUSIONES



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

Las etapas de caracterización, vigilancia tecnológica y análisis de brechas permitieron la identificación de las variables tecnológicas y no tecnológicas que impactan el desempeño de la cadena, de las cuales, mediante un ejercicio de priorización, se obtuvieron los seis factores críticos que guiaron la construcción de los diferentes escenarios futuros, entre los cuales se seleccionó “Fibra de algodón de alta calidad para la confección de productos innovadores y circulares bajo estructuras de I+D+i” como escenario apuesta por parte de los expertos. Este futuro posible constituye una apuesta retadora para el departamento, puesto que involucra cambios y esfuerzos sustanciales en materia de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, a partir de los árboles de pertinencia, como se describe a continuación:



- Tecnologías de agricultura de precisión para optimizar la productividad y realizar seguimiento fisiológico, sanitario y edáfico y estimación de rendimientos del cultivo: Se hace necesario, en el corto plazo, el diagnóstico de las condiciones de infraestructura tecnológica y conectividad de las zonas productoras del departamento, y su potencial para la aplicación de tecnologías de agricultura de precisión para el seguimiento fisiológico, sanitario, edáfico y productivo; el apoyo a *Spin-offs*, *Start-ups* y emprendimientos regionales en el área de agricultura de precisión, que se encuentren en etapas de incubación y aceleración, facilitando la validación de sus tecnologías y prototipos para incursionar en el mercado regional y nacional, y el análisis colectivo de las barreras e impulsores de la transferencia de tecnología de agricultura de precisión en los productores pequeños, medianos y grandes, para el desarrollo de estrategias de adopción mediante acciones de asociatividad que involucren a los diferentes actores de la cadena.
- Investigación, desarrollo e innovación en manejo integrado de suelos y nutrición (INVESUEL): Se hace necesario, en el corto plazo, caracterizar los requerimientos hídricos y nutricionales de las nuevas variedades desarrolladas por Agrosavia, para la definición de planes de manejo y recomendaciones por zona productora en el departamento; evaluar los efectos de la reducción de fertilizantes químicos y la aplicación de fertilizantes orgánicos en el suelo, la biomasa, la actividad bacteriana y el rendimiento de los diferentes tipos de algodón, y desarrollar modelos de negocio que faciliten el acceso a tecnologías de mecanización (*Technology as a Service, Equipment as a Service, Pay per use, suscripción*).
- Investigación y Desarrollo en tecnologías para el manejo integrado de arvenses, plagas y enfermedades: Se hace necesario, en el corto plazo, investigar y desarrollar tecnologías remotas de recolección de información para diagnóstico, monitoreo y control de plagas y enfermedades en el cultivo de algodón; identificar, evaluar y seleccionar las cepas de microorganismos útiles para el desarrollo de bioproductos para el manejo y evaluar el impacto del cambio climático sobre la abundancia regional y estacional de lepidópteros y picudo en el cultivo de algodón, utilizando modelos fenológicos basados en temperatura y SIG.
- Aprovechamiento de la semilla y demás subproductos del cultivo de algodón para la elaboración de biocombustibles, biofertilizantes, alimentos para animales, cosméticos y materiales biodegradables: Se hace necesario, en el corto plazo, identificar las tendencias de Investigación y Desarrollo tecnológico relacionadas con la agregación

- de valor a los subproductos de la cadena de algodón (semilla, motosa, fibrilla, impurezas mayores, pelusa o linteres, tortas, pellets y expellers), a partir de ejercicios de vigilancia tecnológica; investigar las propiedades de los subproductos de las variedades de algodón cultivadas en el Tolima para la innovación, y desarrollar productos para las industrias bioenergética, cosmética y de agregados de madera, entre otras.
- Investigación, Desarrollo e innovación para la integración de la cadena algodón - textil - confecciones: Se hace necesario, en el corto plazo, la promoción de la asociatividad de los pequeños productores para alcanzar el posicionamiento del algodón como el cultivo de ciclo corto más representativo en el Tolima, con una meta de 50.000 ha sembradas; el desarrollo de un estudio de factibilidad técnica, comercial, operativa y financiera para el montaje y puesta en marcha de una hilandería versátil de tecnología avanzada (algodón, mezclas, hilos recuperados y fibras verdes) bajo un modelo cooperativo y en alianza público - privada, y la implementación de acciones de Investigación y Desarrollo en bio-reciclaje de fibras y prendas, para la elaboración de textiles sustentables y productos de interés para otras industrias (jarabe de glucosa - pulpa de celulosa).
  - Cobertura y calidad de la asistencia técnica y extensión agropecuaria especializada en el manejo del cultivo de algodón (ASISTEC): Se hace necesario, en el corto plazo, el diagnóstico de las capacidades de apropiación, adopción y transferencia de conocimientos y tecnologías para el eslabón de producción de algodón en el departamento del Tolima (identificación de barreras y potencializadores), y el desarrollo de sistemas de gestión de información a través de aplicaciones web o móviles que permitan el registro y control de las actividades en campo programadas, visitas y recomendaciones realizadas por los extensionistas agropecuarios.

Dentro de las variables no priorizadas, es importante trabajar en el uso eficiente del agua; el aprovechamiento de la fibra de algodón para el desarrollo de productos de valor agregado para diferentes industrias, y la adopción de certificaciones de calidad y origen. En cuanto al uso eficiente del agua, la investigación debe enfocarse en la implementación de sistemas productivos con bajo consumo hídrico y de insumos químicos, a partir de la evaluación de la huella hídrica total (verde, azul y gris) del cultivo en las diferentes zonas productoras del departamento, con el fin de identificar la presión sobre el recurso y plantear alternativas de manejo.

Con respecto al aprovechamiento del algodón para el desarrollo de nuevos productos, se deben orientar los esfuerzos hacia la implementación de modelos de negocio circulares, basados en la recuperación de fibras, el desarrollo de fibras verdes y el aprovechamiento de subproductos del cultivo (semilla, paja de algodón, pelusa) para la elaboración de productos de alto valor agregado para las industrias de la alimentación animal, agrícola, química y farmacéutica.

Finalmente, las certificaciones de calidad y origen son el factor decisivo en el impulso de las exportaciones, ya que Colombia cuenta con un buen producto (no certificado). Por ello, es fundamental posicionar la marca “Algodón colombiano” desde la Institucionalidad.

Como elementos transversales, la cadena deberá apostarle a su integración, a partir de la reactivación del eslabón textil (hilatura y tejeduría) para el desarrollo de iniciativas que impulsen la productividad, como la puesta en marcha de una hilandería versátil y centros de innovación, competitividad y servicios compartidos para la cadena algodón - textil - confecciones, además, de trabajar en la sostenibilidad mediante el uso de biofertilizantes, biofungicidas, bioinsecticidas y barreras vivas, como se ha venido haciendo con el proyecto Más algodón de la FAO, y a través de la zonificación y/o distribución de las áreas del cultivo teniendo en cuenta la disponibilidad hídrica.

Ante la volatilidad de los modelos económicos y las dinámicas de consumo, se hace imperativo focalizar esfuerzos en la inversión en I+D+i en los diferentes eslabones de la cadena, como elemento de impulso al sector, que no puede detenerse, si se quiere garantizar la generación de ingresos de los productores. Por ello, el fortalecimiento de las cadenas de valor, que involucran una compleja red logística entre productores, transformadores, comercializadores y consumidores, debe trabajar de manera coordinada y contar con sistemas de información y trazabilidad a través de *Blockchain*. Así mismo, la cadena debe concentrarse en el desarrollo y aplicación de textiles antibacterianos y ultrahidrofóbicos, entre otras iniciativas, que promuevan el aseguramiento de la calidad, las condiciones idóneas en las operaciones en fábricas y talleres y el cuidado sobre los trabajadores, sin dejar de lado el beneficio en los usuarios finales.

Es relevante mantener el monitoreo constante a nivel científico y tecnológico, tanto nacional como internacional, sobre los avances que se están desarrollando sobre las variables críticas, para identificar y transferir dichos conocimientos en favor del desarrollo y competitividad de la cadena, además de no perder de vista a países referentes como Australia y Estados

Unidos, por el uso de agricultura de precisión (cosechadoras con monitores de rendimiento), e India en manejo de variedades y métodos de cultivo.

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

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

## >> REFERENCIAS

- Abbasi, S. M. (2019). The future of organic colored cotton. *Vlakna a Textil*, 4(26), 13–18.
- Agronegocios. (2019a). *Algodoneros del Tolima pasaron de una época de bonanza a la lucha por no desaparecer*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/algodoneros-en-el-tolima-pasaron-de-una-epoca-de-bonanza-a-la-lucha-por-no-desaparecer-2900742>
- Agronegocios. (2019b). *BASF llevará a cabo en el Espinal la primera Feria algodонера “La fibra que impulsa mi región”*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/basf-llevara-a-cabo-%09en-el-espinal-la-primera-feria-algodонера-la-fibra-que-impulsa-mi-region-2825759>
- Agronet. (2019). *Resultados de las evaluaciones agropecuarias*. <http://www.agronet.gov.co/Paginas/ProduccionNacionalDpto.aspx>
- Agrosavia. (2018a). *Nevada 123 OMG: Variedad de algodón nacional con doble transgénesis*. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34644>
- Agrosavia. (2018b). *Oasis-129 OMG: Variedad de algodón nacional con doble transgénesis*. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34647>
- Agrosavia. (2018c). *Sanjuanera 151 OMG*. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/35568>
- Altun, S., Yasar, F., & Oner, C. (2011). Biodiesel production from raw cottonseed oil and its characterization. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*, 27(2), 375–382.
- Aruchamy, K., Pavayee Subramani, S., Palaniappan, S. K., Sethuraman, B., & Velu Kaliyannan, G. (2020). Study on mechanical characteristics of woven cotton/bamboo hybrid reinforced composite laminates. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(1), 718–726. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.11.013>
- Bansal, P., Maity, S., & Sinha, S. K. (2020). Elastic Recovery and Performance of Denim Fabric Prepared by Cotton/Lycra Core Spun Yarns. *Journal of Natural Fibers*, 17(8), 1184–1198. <https://doi.org/10.1080/15440478.2018.1558151>

- BASF. (2018). *BASF finaliza el proceso de adquisición de los negocios y activos de Bayer*. <https://agriculture.basf.com/co/es/notas-de-prensa/BASF-finaliza-el-proceso-de-adquisicio-n-de-los-negocios-y-activos-de-Bayer.html>
- Bathini, H., & Balakrishnan, V. (2019). Supplemental strategy to improve nutritive value of cotton gin waste – A potential cattle feed. *Indian Veterinary Journal*, 96(8), 9–11.
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2019). *La iniciativa del mejor algodón y el futuro de la agricultura sustentable en India*. <https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/iniciativa-mejor-algodon-india>
- Bolsa Mercantil de Colombia. (2018). *Hectáreas para producción de algodón crecerían 36,9% durante este año*. <http://www.bolsamercantil.com.co/Publicaciones/NoticiasBMC/tabid/172/ArticleID/34/Hectareas-para-produccion-de-algodon-crecerian-36-9-durante-este-año.aspx>
- CAF. (2006). *Construyendo el futuro: Programa Colombiano de Prospectiva Tecnológica e Industrial*. <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/450>
- Carvalho, J., & Ruiz, L. (2018). *Cooperación sur-sur trilateral. Estudio nichos de mercados del algodón*. 3, 108. <http://www.fao.org/3/I8813ES/i8813es.pdf>
- Castellanos, O. F., Torres, L. M., & Domínguez, K. P. (2009). Manual metodológico para la definición de agendas de investigación y desarrollo tecnológico en cadenas productivas agroindustriales. In *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia*.
- Castro, A. M. G. d, & Lima, S. M. V. (2003). *Análisis Prospectivo de Cadenas Productivas Agropecuarias*.
- Castro, A. M. G. De. (2014). Prospecção de cadeias produtivas e gestão da informação. *Transinformação*, 13(2), 55–72. <https://doi.org/10.1590/s0103-37862001000200004>
- CBI-Ministry of Foreign Affairs. (2018). *The European market potential for sustainable cotton*.
- Choudhary, J. (2020). *Comercio de algodón indio ahora en condiciones normales*. <https://www.punjabkesari.in/business/news/indian-cotton-trade-is-now-in-a-normal-state-1128699>

- Confederación Colombiana de Algodón - Conalgodon. (2019). *Estadísticas*. <http://conalgodon.com/estadisticas/>
- Cotton Incorporated. (2019a). *Cotton Market Fundamentals & Price Outlook*. <https://www.cottoninc.com/market-data/monthly-economic-newsletter/>
- Cotton Incorporated. (2019b). *Lifestyle Monitor*. <https://lifestylemonitor.cottoninc.com/>
- Cotton Outlook. (2019). *Cotlook "A" Index*. <https://www.cotlook.com/>
- Godet, M., & Durance, P. (2007). *La caja de herramientas de la prospectiva estratégica*. <http://www.lapropective.fr/dyn/francais/memoire/Cajadeherramientas2007.pdf>
- Greenlane. (2017). *¿Quién inventó la desmotadora de algodón y cómo influyó en la historia?* <https://www.greelane.com/hi/मानवकी/इतिहास-और-संस्कृति/the-cotton-gin-and-eli-whitney-1992683/>
- Hidayat, T. R. S., Nurindah, & Sunarto, D. A. (2020). Developing of Indonesian colored cotton varieties to support sustainable traditional woven fabric industry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 418, 012073. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/418/1/012073>
- Illge, L., & Preuss, L. (2012). Strategies for Sustainable Cotton: Comparing Niche with Mainstream Markets. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 19(2), 102–113. <https://doi.org/10.1002/csr.291>
- International Cotton Advisory Committee - ICAC. (2018). *The Cotton: Review of the World Situation*.
- Kaya, S., & Ustaoglu, A. (2009). Nutrient contents and gossypol levels of cotton seed meal produced in hatay region of Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 21(3), 1897–1902.
- Khare, A., & Varshneya, G. (2017). Antecedents to organic cotton clothing purchase behaviour: study on Indian youth. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 21(1), 51–69. <https://doi.org/10.1108/JFMM-03-2014-0021>
- Lima, S. M. V., Gomes de Castro, A. M., Mengo, O., Medina, M., Maestrey, A., Trujillo, V., & Alfaro, O. (2001). *La dimensión de entorno en la construcción de la sostenibilidad institucional*. Serie Innovación para la Sostenibilidad Institucional. Proyecto ISNAR “Nuevo Paradigma.”

- Loaiza, N. J., & Cardona, J. de J. (2017). *Agricultura de precisión para el cultivo de algodón en el municipio de El Molino, La Guajira* [Universidad Piloto de Colombia]. <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00004081.pdf>
- Madhavan, B. (2001). Final Report on the Safety Assessment of Hydrogenated Cottonseed Oil, Cottonseed (Gossypium) Oil, Cottonseed Acid, Cottonseed Glyceride, and Hydrogenated Cottonseed Glyceride. *International Journal of Toxicology*, 20(2\_suppl), 21–29. <https://doi.org/10.1080/1091581017503009371>
- Marketline. (2019). *Global - Textile Mills*.
- Matijević, I., Pušić, T., & Bischof, S. (2019). Isolation of  $\alpha$ -tocopherol from cotton cosmetotextiles. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 27(4(136)), 38–42. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.1818>
- Mejía-Salazar, J. R., Galeano-Mendoza, C. H., Burbano-Erazo, E., Vallejo-Cabrera, F. A., & Arango, M. (2020). Genotype by environment interaction of nine cotton varieties for inter Andean Valleys in Colombia. *Agronomy Mesoamerican*, 31(1), 31–42. <https://doi.org/10.15517/AM.V31i1.37178>
- Mojica, F. (2012). *Introducción a la prospectiva estratégica para la competitividad empresarial*. Universidad Externado de Colombia.
- Mojica, F. J. (2005). *La Construcción del Futuro. Concepto y modelo de prospectiva estratégica, territorial y tecnológica* (1st ed.). Convenio Andrés Bello - Universidad Externado de Colombia.
- Monsalve, O. E., Chinome, S., González, M. K., & Monsalve, P. A. G. (2017). Contrabando textil en Colombia. *Convicciones*, 26–32.
- OCDE, & FAO. (2017). *Perspectivas Agrícolas OCDE-FAO*. <https://doi.org/10.1007/BF02915673>
- OECD. (2015). Manual de Frascati 2015: Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental. In *FECYT* (p. 447). <https://doi.org/10.1787/9789264310681-es>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO. (2019). *FAOSTAT*. <http://www.fao.org/faostat/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2017). *Boletín trimestral del Proyecto de fortalecimiento del sector algodonero, por medio de la Cooperación Sur-Sur N°1*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/S888-BOLETIN1.pdf#search=algodon>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2018a). *Boletín trimestral del Proyecto de fortalecimiento del sector algodonero, por medio de la Cooperación Sur-Sur N°3*. <http://www.fao.org/3/I7920ES/i7920es.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2018b). *Boletín trimestral del Proyecto de fortalecimiento del sector algodonero, por medio de la Cooperación Sur-Sur N°4*.
- Organización Pajonales S.A.S. (2019). *Agricultura*. <https://www.pajonales.com/agricultura-1>
- Orjuela-Garzon, W. A., Mendez-Arteaga, J. J., & Castro, J. A. (2017). *Análisis prospectivo del sector agroindustrial en el sur del Tolima al año 2025*. Universidad del Tolima.
- Portafolio. (2015). *En el Tolima está renaciendo el cultivo del algodón*. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/tolima-renaciendo-cultivo-algodon-40210>,
- Portal Frutícola. (2018). *Algodón: el cultivo más contaminante del mundo: 9 razones para usar algodón orgánico*. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/07/27/algodon-el-cultivo-mas-contaminante-del-mundo-9-razones-para-usar-algodon-organico/>
- Radhakrishnan, S. (2017). Sustainable cotton production. In *Sustainable Fibres and Textiles* (pp. 21–67). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102041-8.00002-0>
- Rathinamoorthy, R., & Parthiban, M. (2019). Colored Cotton: Novel Eco-friendly Textile Material for the Future. In *Handbook of Ecomaterials* (pp. 1499–1519). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-68255-6\\_91](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68255-6_91)
- SOCILA - Support Organic Cotton in Latin America. (2019). *Potencial Algodón Orgánico*. <https://www.socila.eu/es/es-potencial-algodon-organico/>
- Spendolini, M. J. (1992). *The Benchmarking Book*. Amacom Books; 1st US - 1st Printing edition (April 1, 1992).
- Statista. (2019). *Portal de estadísticas*. <https://es.statista.com/>
- Tong, X., & Su, J. (2018). Exploring young consumers' trust and purchase intention of organic cotton apparel. *Journal of Consumer Marketing*, 35(5), 522–532. <https://doi.org/10.1108/JCM-04-2017-2176>

- Trade Map. (2019). *Trade statistics for international business development*. <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- Vicini, L. A. (2020). *Mapas de Rendimiento Instantáneos en el Cultivo de Algodón*. <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/monitores-rendimiento/Mapa-Rendimiento-Algodon.asp>
- Vikaspedia. (2020). *Algodón de fibra natural - el contexto indio*. <https://hi.vikaspedia.in/agriculture/crop-production/90992894d928924-91594393793f-924915928940915/90992894d928924-92a94d93094c92694d92f94b91793f915940/92a94d93093e91594392493f915-92b-93e90892c930-91592a93e938>
- Wang, J., Ma, M., & Zhou, W. (2019). Antibacterial Properties of White Cotton/ Naturally Brown-Colored Cotton Blended Fabrics. *AATCC Journal of Research*, 6(1), 10–14. <https://doi.org/10.14504/ajr.6.1.2>
- Yea, D., Jo, S., & Lim, J. (2019). Synthesis of Eco-friendly Nano-Structured Biosurfactants from Vegetable Oil Sources and Characterization of Their Interfacial Properties for Cosmetic Applications. *MRS Advances*, 4(07), 377–384. <https://doi.org/10.1557/adv.2018.619>
- Yulina, R., Gustiani, R. S., Kasipah, C., & Danny Sukardan, M. (2020). Preparation of Microcrystalline Cellulose from Cotton Yarn Spinning Mills Wastes: Effect of Pretreatment and Hydrolysis Reaction Condition on the Product Characteristics. *E3S Web of Conferences*, 148, 02004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014802004>
- Zhu, C. Y., Jiang, Y. F., Lu, J. L., Zhang, H. X., Tian, W., & Jiao, G. Y. (2011). Performance Research on Silk/ High Count Cotton Mixed Fabric. *Advanced Materials Research*, 332–334, 816–819. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.332-334.816>



## A N E X O



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

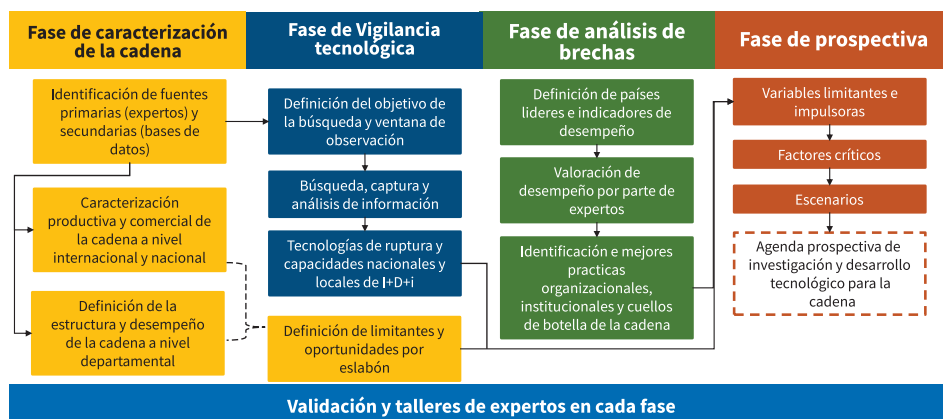


La construcción de la agenda prospectiva de Investigación y Desarrollo tecnológico para la cadena productiva de algodón en el departamento del Tolima fue liderada por la Universidad del Tolima, en un proceso desarrollado entre los años 2019 y 2020, en cuatro fases: 1. Caracterización de la cadena a nivel nacional e internacional; 2. Vigilancia tecnológica (VT); 3. Análisis de brechas, y 4. Análisis prospectivo. Para ello, se contó con la participación de diferentes expertos que aportaron su conocimiento como fuente primaria y con múltiples fuentes de información secundaria.

El modelo metodológico presentado en la Figura 1 es una propuesta de los autores, basados en la experiencia de Castro (2014) y Mojica (2012). El primero, que ha sido desarrollado y validado en Brasil y descrito por Castellanos, Torres, y Domínguez (2009), aplica técnicas prospectivas a la gestión de I+D en cadenas productivas agropecuarias, buscando desarrollar estrategias más precisas y claras. La segunda propuesta proviene de la escuela voluntarista francesa, con un énfasis en los hallazgos producto de los ejercicios adelantados en Latinoamérica y Colombia.

**Figura 1**

*Modelo metodológico para la construcción de las agendas prospectivas de Investigación y Desarrollo tecnológico para ocho cadenas productivas priorizadas*



Fuente: Elaboración propia

Cada una de las fases genera productos intermedios que son empleados en las posteriores como insumo para la construcción de la agenda. Lo anterior hace que contemplen una coherencia y lógica entre las mismas. A continuación, se describen con mayor exactitud los aspectos metodológicos de cada una de las fases, la aplicación de herramientas de captura y procesamiento de información de fuentes secundarias, y la vinculación de los expertos como participantes clave en la construcción y validación de los hallazgos.

### Fase de caracterización de la cadena productiva

La caracterización de la cadena productiva se desarrolló a partir de la búsqueda, captura, sistematización y análisis de diferentes fuentes de información de nivel nacional e internacional (Figura 2).

## Figura 2

Fuentes de información para la caracterización productiva



Fuente: Elaboración propia

La información recopilada de la agrocadena permitió identificar las condiciones de producción a nivel internacional de los países más reconocidos, el consumo mundial, los flujos de comercio internacional (importaciones - exportaciones), las tendencias de consumo mundial, y la evolución de los precios. Para el ámbito nacional, se establecieron las condiciones de producción, los departamentos del país y los municipios del Tolima con mayores volúmenes, los socios exportadores e importadores para Colombia, el consumo nacional, las evoluciones de precios y las principales empresas del sector en los eslabones y segmentos de producción, transformación, distribución y comercialización, además del entorno organizacional que soporta el funcionamiento de la cadena.

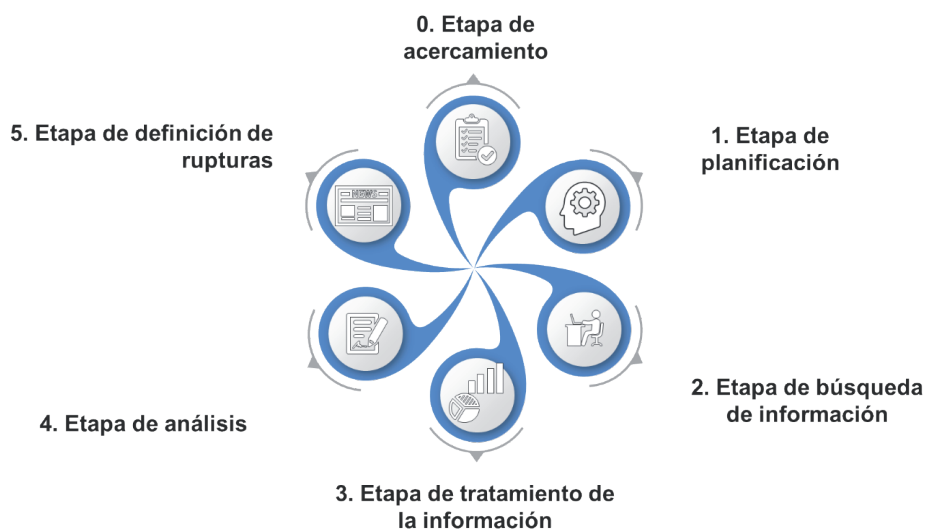
Con esta información, se estableció la composición, estructura y estado actual de la cadena en el ámbito departamental, definiendo los eslabones presentes y sus principales actores. En este proceso se contó con la valiosa participación de expertos locales y nacionales, para evidenciar perspectivas de desarrollo con base en la I+D+i. Por último, luego del análisis de nivel internacional, nacional y departamental, se establecieron para cada eslabón las limitantes y oportunidades, que permitieron posteriormente alimentar el ejercicio de análisis de brechas e identificación de variables en la fase prospectiva.

## Fase de vigilancia tecnológica

La vigilancia tecnológica se empleó como herramienta para la identificación de tendencias científicas y tecnológicas en la cadena productiva, tanto a nivel nacional como internacional, a partir de la búsqueda, tratamiento y análisis de información de bases de datos. La metodología contempló seis etapas, como lo muestra la Figura 3.

**Figura 3**

*Metodología para la vigilancia tecnológica*



*Fuente:* Elaboración propia

***Etapa de acercamiento:*** Corresponde al primer contacto que tuvo el equipo de vigilancia tecnológica con el tema central de búsqueda. Este acercamiento permitió al equipo tener un conocimiento homogenizado de los conceptos clave y, a su vez, compartir una idea clara del tema explorado.

***Etapa de planificación:*** En esta etapa se construyó una visión clara del objetivo pretendido con el ejercicio de vigilancia, pues de esto depende la utilidad y valor de la información. Para ello, se elaboró y validó una ficha técnica de búsqueda preliminar con todo el equipo y la participación de un experto de la cadena, y se definieron, además, las fuentes de información y los tesauros. Específicamente, para los ejercicios de vigilancia se emplearon las bases de datos ilustradas en la Figura 4.

#### Figura 4

Fuentes de información para el análisis de tendencias científicas y tecnológicas



Clarivate Analytics: Multidisciplinaria



LENS.ORG

Lens

<https://www.lens.org/>

Fuente: Elaboración propia

**Etapas de búsqueda de información:** Para la exploración o búsqueda de la información se establecieron diferentes ecuaciones lógicas de búsqueda, basadas en tesauros y operadores booleanos (AND, OR, OR NOT), con el fin de recuperar la mayor cantidad de datos científicos o tecnológicos que reposan en las bases de datos.

La construcción de las ecuaciones de búsqueda correspondió, por sí mismo, a un proceso iterativo que se basó en la información obtenida en la fase anterior y que fue ajustándose según parámetros como ventana de observación, países o tecnologías de interés. Los operadores booleanos fueron empleados indistintamente en todas las bases de datos.

**Etapas de Tratamiento de la información:** En esta etapa se procesó la información aportada en la anterior a través de software especializado. El profesional de apoyo tecnológico tomó los archivos planos y los cargó al software para iniciar la extracción de gráficos de barras, mapas, matrices o relaciones de intercambio. Antes de esto, se definieron los indicadores bibliométricos de extracción (Tabla 1).

**Tabla 1**

Indicadores bibliométricos para la vigilancia tecnológica

| Bloque de producción Científico                                                                                                                                                                                               | Bloque Tecnológico                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Publicaciones en el tiempo</li><li>- Instituciones con mayor número de publicaciones</li><li>- Investigadores destacados</li><li>- Países con mayor número de publicaciones</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Tendencia de publicación por años</li><li>- Países líderes en producción Tecnológica</li><li>- Inventores líderes</li><li>- PTO más destacados</li><li>- Aplicantes líderes</li><li>- IPC más destacados</li></ul> |

Fuente: Elaboración propia

**Etapas de análisis de la información:** Esta etapa permitió agregar valor a las cuatro anteriores, pues los profesionales, tanto analistas como expertos, ejercieron su capacidad de análisis holístico de los resultados obtenidos con

el fin de responder fielmente a la necesidad de información planteada al inicio de la búsqueda.

Luego de obtener la información según los indicadores construidos, se analizaron los principales avances científicos y tecnológicos, las tendencias de mercado y los cambios normativos, con el fin de:

*Para el caso de vigilancia científica*

- Identificar tendencias de investigación a nivel mundial.
- Determinar el interés actual sobre el área de conocimiento.
- Identificar los países líderes, las instituciones y los autores clave en el área.
- Establecer contacto con investigadores de interés.
- Identificar relaciones entre investigadores a nivel mundial.
- Identificar nuevas áreas con potencial para el desarrollo de investigaciones.
- Definir nuevos procesos o métodos de investigación sobre una temática.
- Identificar fuentes de financiación para un área de investigación.

*Para el caso de vigilancia de patentes*

- Identificar los precios de venta de las tecnologías en el mercado nacional e internacional.
- Determinar el estado de madurez del área tecnológica en que se encuentran las tecnologías identificadas.
- Buscar los países líderes o más relevantes en el desarrollo de tecnologías parecidas o similares a la cobijada en la invención o en donde parece haber una actividad industrial o comercial en relación con la misma.
- Identificar países donde tecnologías similares o parecidas están emergiendo (en proceso de consolidación industrial y/o comercial).

***Etapas de identificación de rupturas:*** Esta fue, quizás, la etapa más valiosa de todo el ejercicio de VT, pues permitió establecer cuáles serán las tecnologías que moverán el futuro de la cadena, por lo que, a través de su identificación, desde un enfoque de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, se

determinó cuáles deberán ser las apuestas de la cadena a fin de transformarse y alcanzar la competitividad. Estas rupturas tecnológicas fueron tenidas en cuenta en la fase de prospectiva para la identificación de variables.

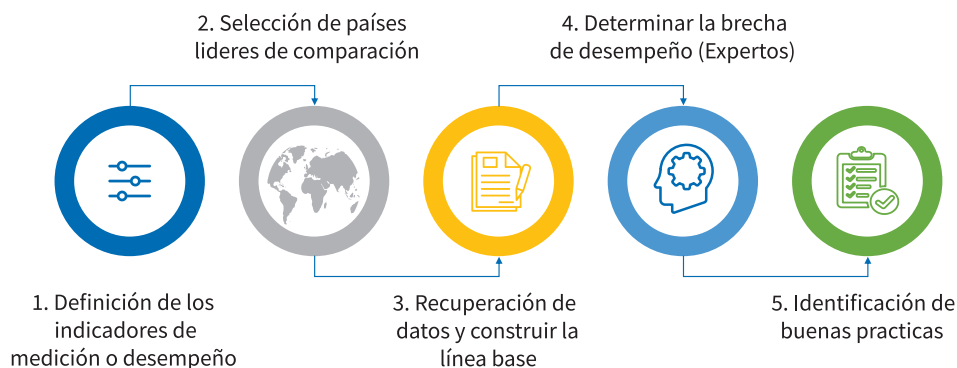
### Fase de análisis de brechas

La construcción de las agendas de investigación para cadenas agropecuarias requirió la identificación de brechas tecnológicas en los diferentes eslabones productivos, por lo que se hizo necesario establecer criterios de comparación y uno o varios países referente/comparación, con el fin de identificar las mejores prácticas en cada uno de estos eslabones. De acuerdo a Spendolini, (1992), la definición de brechas es un proceso sistemático y continuo para evaluar productos, servicios, procesos de trabajo o los resultados económicos de organizaciones, sectores o cadenas productivas que son reconocidas como los de mejores prácticas. Esta evaluación y comparación tiene un único propósito: generar cambios a través de la incorporación de buenas prácticas que han sido exitosas en otros contextos o países.

El modelo metodológico empleado para el análisis de brechas de la cadena contempló cinco pasos: 1. Definición de indicadores de medición o desempeño; 2. Selección de países líderes de comparación; 3. Recuperación de datos y construcción de la línea base; 4. Determinación de la brecha de desempeño, y 5. Identificación de buenas prácticas. La Figura 5 muestra el proceso general.

**Figura 5**

*Metodología para el análisis de brechas*



*Fuente:* Elaboración propia

**Definición de indicadores de medición o desempeño:** En esta etapa se definieron los puntos o variables de comparación con los que se midieron las mejores prácticas para la cadena. Estos fueron:

- % costo de los insumos en total de costos de producción
- Producción (t)
- Rendimiento t/ha
- Costos de producción USD/ha/año
- Desarrollo tecnológico
- Desarrollo de comercio internacional de productos con valor agregado

**Selección de países líderes de comparación:** Para cada uno de los indicadores de desempeño definido por cadena, se establecieron, según la información de fuentes primarias y secundarias obtenida en la fase de caracterización, los países con mejor desempeño, es decir, el país que presenta un alto desarrollo en el indicador evaluado.

**Recuperación de datos y construcción de la línea base:** Con la selección de los países de referencia adelantada, se extrajeron los datos según cada uno de los indicadores para establecer tanto la línea base de los líderes como de la cadena a nivel departamental. Con este insumo, se construyó una tabla con cinco columnas así: indicador, condición local, condición del país líder, valoración y brecha (Tabla 2).

**Tabla 2**

*Evaluación de indicadores de desempeño para la cadena*

| Indicador | Condición local | Condición en país líder | Valoración | Brecha |
|-----------|-----------------|-------------------------|------------|--------|
|-----------|-----------------|-------------------------|------------|--------|

*Fuente:* Elaboración propia

**Determinación de la brecha de desempeño:** Para la determinación de la brecha, se convocó un taller de expertos, que validaron tanto los datos de condición local, como la selección de los países líderes. Posteriormente, se les pidió que calificaran participativamente cada uno de los indicadores en una escala de 1 a 10, siendo 1 la peor condición y 10 la mejor, y de este modo, estimar la brecha de desempeño para la cadena a nivel regional.

**Identificación de buenas prácticas:** Con los datos de valoración y brecha de desempeño, se recopiló información de las buenas prácticas que desarrollan los países líderes en cada uno de los indicadores de desempeño y que deben ser tenidas en cuenta en las estrategias que se planteen en la cadena si se busca mejorar su competitividad internacional y nacional.



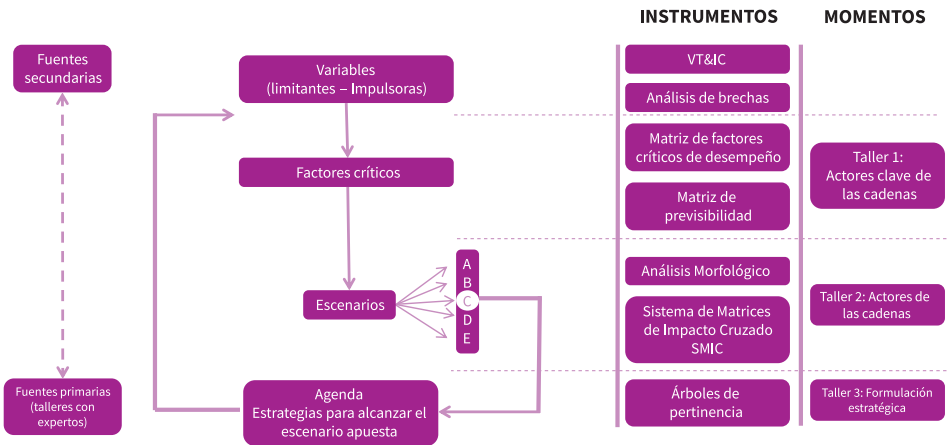
Fase de prospectiva

La primera etapa del proceso de construcción de los planes prospectivos se enfocó en definir las variables (limitantes e impulsoras) a partir de las limitaciones y oportunidades por eslabón obtenidas en los ejercicios de caracterización, vigilancia tecnológica y análisis de brechas. Con esta información, se determinaron las variables a analizar, su definición y su estado actual. Con este insumo, se procedió a iniciar las tres etapas posteriores, que contemplaron la participación de expertos a través de talleres de consulta. El primer taller, denominado “factores críticos”, pretendió priorizar las variables mediante dos criterios (desempeño y previsibilidad), obteniendo de este modo seis factores críticos.

El segundo taller, denominado “escenarios”, pretendió definir la probabilidad de ocurrencia de las hipótesis o estados futuros de las variables bajo un espacio morfológico 2<sup>6</sup> (64 posibilidades). Para alcanzar este objetivo, se hizo uso de la herramienta SMIC (Sistema de Matrices de Impactos Cruzados), lo que permitió obtener el escenario apuesta de la cadena.

Por último, el taller número tres de consulta a expertos permitió establecer las estrategias de corto, mediano y largo plazo, según cada uno de los factores priorizados en el escenario apuesta definido previamente. En la Figura 6 se presenta el esquema metodológico.

Figura 6  
Esquema metodológico para la construcción de los planes prospectivos



Fuente: Propuesta de los autores con base en Castellanos et al. (2009), Castro (2014), Mojica (2012) y Orjuela Garzon et al. (2017)

**Variables:** Como punto de partida del ejercicio prospectivo, fue necesario contar con las limitaciones y oportunidades por eslabón de la cadena, identificadas en los ejercicios de caracterización, vigilancia tecnológica y análisis de brechas. A partir de esta información, se determinó por cada grupo de limitantes y oportunidades una “variable”. Posteriormente, se estableció la definición de la variable, con su respectivo estado actual. Las variables pueden presentar dos tipologías (Lima et al., 2001):

- Variables limitantes (o cuellos de botella): Se manifiestan por la descripción de una situación actual que produce impacto negativo sobre el desempeño.
- Variables impulsoras: Se manifiestan por la descripción de una situación actual que produce impacto positivo sobre el desempeño.

### Talleres de análisis

Como se observa en la Figura 6, el desarrollo de las etapas metodológicas posteriores a la definición de variables involucró herramientas prospectivas a través de talleres participativos de consulta a expertos para el acceso a información primaria. A continuación, se describe cada uno de ellos.

**Taller 1. Factores críticos:** Teniendo claras las variables, se procedió a adelantar un ejercicio de priorización con base en dos criterios: el impacto en el desempeño sobre la cadena y el nivel de previsibilidad de las variables. A partir de los resultados, se obtuvo un plano con cuatro cuadrantes, donde se ubicaron los factores críticos, es decir, aquellos de mayor impacto e incertidumbre.

**Objetivo:** Priorizar las variables (limitantes e impulsoras) que tienen mayor impacto en el desempeño (competitividad, eficiencia y calidad) de la cadena y, además, presentan el menor grado de previsibilidad (invariantes o incertidumbres críticas).

**Herramientas:** Matriz de factores críticos de desempeño y Matriz de previsibilidad.

**Resultados:** Se obtuvieron seis factores críticos con el mayor impacto e incertidumbre crítica, los cuales fundamentaron la construcción de escenarios para la cadena.

**Taller 2. Escenarios:** Teniendo definidos los factores críticos, se procedió a desarrollar el análisis morfológico. Para esto, se definieron para cada uno



de ellos tres tipos de hipótesis (tendencial, transformacional y de ruptura), permitiendo explorar de manera sistemática las diferentes combinaciones posibles de cada uno de los factores priorizados ( $2^6$  posibilidades). Para este espacio morfológico, los expertos definieron cuatro escenarios, que posteriormente fueron validados mediante la aplicación del SMIC (Sistema de Matrices de Impactos Cruzados).

El Sistema de Matrices de Impactos Cruzados permitió a los expertos evaluar la probabilidad de ocurrencia de cada una de las seis hipótesis, así como evaluar probabilidades condicionales de ocurrencia entre estas, tanto positivas como negativas. Con esta herramienta, se pueden diseñar los escenarios probables, tendenciales o referenciales.

**Objetivo:** Definir el escenario apuesta de la cadena productiva con base en los factores críticos.

**Herramientas:** Matriz de análisis morfológico y Sistema de Matrices de Impactos Cruzados SMIC.

**Resultados:** Se obtuvo, posterior a la aplicación del SMIC, la probabilidad de ocurrencia de los escenarios posibles. Se definió, entonces, el escenario apuesta de la cadena productiva estudiada.

**Taller 3. Agenda:** Teniendo claro el escenario apuesta, obtenido mediante la calificación participativa del SMIC, se procedió a definir las estrategias de corto, mediano y largo plazo, según cada uno de los factores priorizados. Para esta actividad, se aplicó la herramienta “árboles de pertinencia”. Cabe aclarar que las demandas tecnológicas y no tecnológicas fueron tenidas en cuenta para establecer acciones de corto, mediano y largo plazo.

**Herramientas:** Árboles de pertinencia.

**Resultados:** Agenda con la definición de acciones estratégicas a desarrollar por los actores de la cadena en el corto, mediano y largo plazo para alcanzar el escenario apuesta.

## Expertos

Como elemento central de cualquier ejercicio prospectivo, está la participación colectiva y el consenso. En este sentido, el nivel de experto o conocedor a profundidad está dado por dos elementos: la formación y la experiencia profesional y laboral en relación con la cadena. Es decir, un experto podrá ser

incluido como tal no solo por su formación, sino también, por su conocimiento tácito y práctico en el manejo o participación en alguno de los eslabones de la cadena productiva.

De la elección de expertos depende que los resultados obtenidos puedan ser idóneos y que representen la realidad de la cadena productiva (Castellanos et al., 2009; Lima et al., 2001). Así, se construyeron las agendas de expertos para cada cadena contemplando al menos los siguientes grupos sociales: sector industrial y comercial; sector investigativo, y sector productivo, e instituciones públicas de orden regional (Figura 7). Se aplicó la técnica de bola de nieve para que cada experto identificado pudiera sugerir otros nuevos para participar en el ejercicio.

**Figura 7**

*Actores involucrados en la definición de la agenda de investigación*



*Fuente:* Elaboración propia

