



**Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación Agroindustrial  
Colombiano - PECTIA**

**DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DE LIMITANTES  
Y OPORTUNIDADES DE LA CIENCIA, LA  
TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN EN EL SECTOR  
AGROPECUARIO COLOMBIANO**

**CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA -  
CORPOICA**

**Bogotá, D.C., 25 de agosto de 2016**

## Contenido

Abreviaturas .....	5
Introducción.....	8
1 Tendencias del entorno global .....	8
2 Perspectiva tecnológica del sector agropecuario .....	14
2.1 Sistemas Nacionales de Innovación Agrícola (SNIA).....	15
2.2 Megatendencias en CTi .....	16
2.2.1 Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – TIC .....	18
2.2.2 Biotecnología y biodiversidad.....	21
2.2.3 Sostenibilidad ambiental, variabilidad y cambio climático .....	25
2.2.4 Seguridad alimentaria .....	28
2.2.5 Agroenergías.....	30
2.2.6 Directrices en megatendencias.....	34
3 Organizaciones del SNCTA.....	43
3.1 Los sistemas y la institucionalidad.....	43
3.2 Coordinación de actores en torno a la política.....	45
3.2.1 SNCCTi.....	46
3.2.2 SNCTi .....	47
3.2.3 SNCTA.....	47
3.2.4 Otras instancias sectoriales.....	47
4 Inversión en ACTi para el sector agropecuario .....	51
4.1 Indicadores de inversión sectorial en ACTi.....	53
4.2 Fuentes de inversión pública de las ACTi del sector.....	55
4.2.1 Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA .....	56
4.2.2 Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural .....	56
4.2.3 Fondos parafiscales .....	57

4.2.4	Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías	57
4.2.5	Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias	62
4.2.6	Otras fuentes	65
5	El papel de la gestión del conocimiento en la CTi	66
5.1	Gestión del conocimiento	66
5.2	Asistencia técnica	67
6	Capacidades en recurso humano e infraestructura	69
6.1	Introducción	69
6.2	Antecedentes de políticas e incentivos en la formación de capacidades	70
6.3	Situación de la educación rural en Colombia	70
6.4	Situación de la formación técnica, técnica laboral y tecnológica	73
6.4.1	Formación para el trabajo en el sector agropecuario	73
6.4.2	Formación técnica y tecnológica en el sector agropecuario	74
6.5	Situación de la formación en niveles universitario y posgrado	75
6.5.1	Conclusiones de la situación de formación para el sector	79
6.6	Instituciones de I+D+i del sector agropecuario	80
6.7	Grupos de investigación	81
6.8	Investigadores reconocidos afines al sector	83
6.9	Becas, créditos y becas-créditos para jóvenes investigadores, maestría y doctorado ...	84
6.10	Disciplinas identificadas para atender la Agenda Nacional de I+D+i	89
7	Acceso a recursos genéticos y propiedad intelectual agrícola	90
7.1	Acceso a recursos genéticos y recursos derivados	90
7.1.1	Introducción	90
7.1.2	La institucionalidad	93
7.1.3	Contexto normativo internacional	91
7.1.4	Contexto político y normativo nacional	92
7.1.5	Contratos de acceso a recursos genéticos	94

7.1.6	Consulta previa.....	96
7.1.7	Colecta de materiales:.....	97
7.1.8	Bancos de germoplasma.....	98
7.2	Propiedad intelectual.....	100
7.2.1	Introducción.....	100
7.2.2	La institucionalidad.....	102
7.2.3	Contexto normativo internacional.....	101
7.2.4	Formas de protección de la propiedad intelectual.....	105
8	Seguimiento y evaluación del SNCTA.....	118
8.1	Sistemas de seguimiento y evaluación.....	118
8.2	Metodologías utilizadas.....	118
8.3	Planificación, seguimiento y evaluación de la política pública.....	119
9	Limitantes y oportunidades.....	121
9.1	De la dinámica del desarrollo agropecuario.....	121
9.2	De la perspectiva tecnológica del sector agropecuario.....	123
9.3	De la institucionalidad del SNCTA.....	127
9.4	De la inversión en ACTi para el sector.....	129
9.5	Del papel de la gestión del conocimiento.....	131
9.6	De la capacidad científica y tecnológica del SNCTA.....	133
9.7	Del acceso a los recursos genéticos y la propiedad intelectual agrícola.....	134
9.8	Del seguimiento y evaluación del SNCTA.....	137
10	Conclusiones.....	139
11	Bibliografía.....	143
	Anexos.....	159

## Abreviaturas

ACT	Actividades de ciencia y tecnología.
ACTi	Actividades de ciencia, tecnología e innovación.
ASTI	Indicadores de ciencia y tecnología agropecuarios.
ATA	Asistencia técnica agropecuaria.
AUNAP	Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca.
BANCOLDEX	Banco de Comercio Exterior de Colombia.
BID	Banco Interamericano de Desarrollo.
BIRF	Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento – Banco Mundial.
CCI	Corporación Colombia Internacional.
CENI	Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Agropecuario.
CENIREC	Corporación Red Especializada de Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Agropecuario.
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical.
CIB	Centro de Investigaciones Biológicas.
CIPI	Comisión Intersectorial de Propiedad Intelectual.
CMDR	Consejos Municipales de Desarrollo Rural.
CNBT	Consejo Nacional de Beneficios Tributarios en Ciencia, Tecnología e Innovación.
CODECTI	Consejo Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación.
COLCIENCIAS	Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación.
CONIF	Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal.
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social.
CORPOICA	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
CPGA	Centros Provinciales de Gestión Agroempresarial.
CRC	Comisión Regional de Competitividad.
CRECED	Centros Regionales de Extensión, Educación y Difusión Agropecuaria.
CTi	Ciencia, Tecnología e Innovación.
CUEE	Comité Universidad, Empresa, Estado.
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
DNP	Departamento Nacional de Planeación.
DRE	Programa de Desarrollo Rural con Equidad.
EPSAGRO	Empresas Prestadoras de Servicios de Asistencia Técnica Agropecuaria.

FCTI	Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación.
FINAGRO	Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario.
GC	Gestión del conocimiento.
I+D+i - IDi	Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación.
IAT	Incentivo a la Productividad para el Fortalecimiento de la Asistencia Técnica.
IATE	Incentivo a la Asistencia Técnica Especial.
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario.
IFPRI	Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias.
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
INCODER	Instituto Colombiano de Desarrollo Rural.
INCORA	Instituto Colombiano de Reforma Agraria.
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
MGA	Metodología General Ajustada.
MEN	Ministerio de Educación Nacional.
MINCIT	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.
MINTIC	Ministerio de las Tecnologías de la Información y la Comunicación
OCAD	Órgano Colegiado de Administración y Decisión del SGR.
OCDE - OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
OCyT	Observatorio de Ciencia y Tecnología.
OMPI	Organización Mundial de la Propiedad Intelectual.
ONG	Organización no gubernamental.
PGAT	Plan General de Asistencia Técnica Agropecuaria Municipal.
PGN	Presupuesto General de la Nación.
PI	Propiedad intelectual.
PRONATTA	Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria.
RUAT	Registro de Usuarios de Asistencia Técnica Agropecuaria.
SECOPI	Servicio Compartido de Propiedad Intelectual.
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje.
SSATA	Sistema de Extensión y Transferencia de Tecnología.
SGR	Sistema General de Regalías.
SIC	Superintendencia de Industria y Comercio.
SIGP	Sistema Integrado de Gestión de Proyectos.
SINTAP	Sistema Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria.
SNCTA	Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial.
SNCTi	Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación.
SNIA	Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria.
SSATA	Subsistema de Asistencia Técnica Agropecuaria.
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación.

UAATAS  
UMATA  
USPTO

Unidades de Asistencia y Auditoría Técnica, Ambiental y Social.  
Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria.  
Oficina de Patentes y Marcas Registradas de Estados Unidos.

## Introducción

El propósito de este diagnóstico es identificar las principales limitantes y oportunidades del sector agroindustrial, con base en las cuales se plantearán los principios y componentes básicos del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agroindustrial Colombiano (PECTIA), 2016-2026, del cual este documento hace parte. Para su construcción, se partió de dos documentos elaborados por el Departamento de Articulación Institucional de Corpoica. La “Propuesta para la Formulación de una Política Nacional de Innovación Agropecuaria” elaborada con Colciencias entre septiembre de 2013 y julio de 2014 y el diagnóstico entregado en abril de 2015 en el marco de la Misión para la Transformación del Campo que a su vez, sirvió para motivar la construcción del PECTIA.

Este documento sectorial visto desde la perspectiva científica y tecnológica, aborda en ocho capítulos el contexto actual desde el ámbito internacional y nacional en relación con las tendencias de consumo, los desarrollos de ciencia, tecnología e innovación (CTi) sectorial, la gobernanza del Sistema Nacional de Innovación Agrícola, los recursos invertidos, la gestión del conocimiento, los actores involucrados, las capacidades existentes, el acceso a los recursos genéticos y la propiedad intelectual y otros aspectos que inciden en el desarrollo agropecuario como la planificación, el seguimiento y la evaluación.

Con la delimitación de los aspectos de cada capítulo y la identificación de las limitantes y oportunidades, se establece un hito que permitirá guiar el horizonte de valoración y prospección de los desarrollos científicos, tecnológicos y de innovación con miras al mejoramiento de la competitividad del sector agropecuario colombiano que serán propuestos en el PECTIA.

## 1 Tendencias del entorno global<sup>1</sup>

Una perspectiva de algunas tendencias en materia de CTi para la agricultura derivada del análisis de diversas fuentes, permite señalar que la visión lineal, con sesgo en lo técnico y cuantitativo, del vínculo entre la agricultura y el desarrollo, tal como fue heredada de la revolución verde, poco a poco está siendo puesta en cuestión a escala mundial por una visión

---

<sup>1</sup> **Claudia Patricia Uribe Galvis**, Zoot. M.Sc. Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: curibe@corpoica.org.co; **Alexis Morales Castañeda**, I. Agrónomo., Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: amorales@corpoica.org.co; **Diego Hernando Flórez Martínez**, I.Q., M.Sc., Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: dhflorez@corpoica.org.co; **Angélica María Ramírez Beltrán**, I. Agroindustrial, MBA, Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: amramirez@corpoica.org.co; **Luz Andrea Yepes Vargas**, Zoot., Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: layepes@corpoica.org.co.

más integradora, que contempla un desarrollo sostenible, preservando la base ambiental, los recursos naturales y asegurando el bienestar social.

En relación con el consumo de alimentos, los factores que inciden incluyen la disponibilidad, el acceso y la elección, que a su vez pueden verse influenciados por la geografía, demografía, ingresos disponibles, situación socio-económica, urbanización, globalización, política, religión, cultura, actitudes de los consumidores y mercadeo (Corpoica, 2014), entre estos se destacan:

- Mercados cada vez más fragmentados y sensibilidad del gasto en alimentación ante la evolución del ingreso *per cápita*. El presupuesto dedicado a los alimentos se puede incrementar y destinar a productos con mayor valor agregado, debido al incremento de la clase media principalmente en países en vía de desarrollo.
- Selección de ciertos productos de acuerdo con su lugar de origen, procesos de producción y tipos de productores.
- Crecimiento de la población mundial y su migración hacia áreas urbanas en las cuales los habitantes demandan productos preparados de rápido y fácil consumo.
- Preferencia por los productos ecológicos, certificados en buenas prácticas agrícolas (BPA), EcoCert, certificados orgánicos, certificados Kosher, etc.
- Demanda de productos hortofrutícolas con mayor valor agregado, en términos de calidad, sanidad y facilidad de consumo.
- Países con economías emergentes y en desarrollo con mejor comportamiento financiero después del estallido de la crisis financiera cinco años atrás, en un escenario de recuperación de la economía mundial, pese a la fragilidad, inestabilidad y el lento crecimiento de los países desarrollados.
- Cambios en las tendencias de las políticas derivados de factores económicos, geopolíticos, sociales y ambientales.
- Cambio de postura en las negociaciones de comercio, con actitudes proteccionistas, influenciadas externamente por rivalidades en las relaciones económicas.

Es el caso de América Latina, como lo señala Barrantes R., *et al* (2013): “Ante el poco avance en las negociaciones multilaterales, la mayor parte de los países de la región ha venido suscribiendo diversos tratados de libre comercio (TLC) y acuerdos especialmente bilaterales, que en mayor o menor medida inciden sobre la agricultura. Estos acuerdos han estado dirigidos a ampliar el acceso a los mercados y a reducir el uso de licencias y restricciones al comercio, así como a acelerar los procesos de desgravación arancelaria. Al mismo tiempo, en el marco de la OMC se han establecido, en varios de los países de la región, mecanismos denominados de defensa comercial para prevenir el *dumping*<sup>2</sup>, así como aquellos dirigidos a reducir la volatilidad de los precios, como franjas de precios y salvaguardias”.

---

<sup>2</sup> Práctica en donde una empresa establece un precio inferior a los costos de producción del país a donde se importan esos bienes, sacando de competencia a la empresa local.

Las perspectivas a nivel mundial para el sector agropecuario, se centran en: (1) la dinámica del consumo urbano, (2) la producción, transformación y distribución de alimentos y (3) la calidad y seguridad de los alimentos. En el Cuadro 1.1 se resumen los aspectos clave.

**Cuadro 1.1 Megatendencias del entorno global**

Megatendencia global	Aspectos clave
Consumo urbano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformaciones demográficas han creado nuevos patrones de consumo con consecuencias negativas sobre la salud humana. Hay tres problemas principales: la obesidad, la desnutrición y la malnutrición (Guzman, 2014).</li> <li>• La dinámica del consumo es ahora más diversa y presenta mayores niveles de participación de: 1. Alimentos diferentes a los granos (carne, pescado, productos lácteos, aceites comestibles, frutas y verduras) y la demanda de piensos - cereales para los animales. 2. Productos procesados para cocinar en casa y, 3. Alimentos preparados comprados fuera de casa.</li> </ul>
Producción, transformación y distribución de alimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 - 70 % del costo total de los alimentos para los consumidores urbanos de las economías emergentes está en los segmentos más allá de la granja.</li> <li>• Las ventas directas y las disposiciones contractuales tienen un impacto positivo en la comercialización y los ingresos</li> </ul>
Calidad y seguridad de los alimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observaciones sobre los vínculos entre la seguridad alimentaria y los supermercados, las dietas y los precios en los países en desarrollo muestran que los supermercados están promoviendo la calidad y la seguridad de los alimentos</li> </ul>

Fuente: Construcción propia con base en diversos autores.

Específicamente para el sector agropecuario en Colombia, la dinámica se enmarca en el contexto competitivo de referentes en América Latina (AL) donde el país se destaca en productos como aceite de palma, en el cual, de acuerdo con los datos reportados por la FAO (FAO, 2016), ha registrado los principales volúmenes de producción entre los años 2010 al 2014 en la región. Así mismo, Colombia se destaca en la producción de café (segundo lugar después de Brasil); arroz en cáscara (tercer lugar después de Brasil y Perú), yuca (tercer lugar después de Brasil y Paraguay), papa (cuarto lugar después de Perú, Brasil y Argentina) y cítricos (cuarto lugar después de Brasil, México y Argentina). En caña de azúcar, el país ocupa el tercer lugar entre los países de AL, aunque muy por debajo de Brasil que concentra el 75 % de la producción.

En cuanto a la producción pecuaria, se evidencia la misma tendencia que en la Agrícola, donde Brasil sobresale, con grandes diferencias en la mayoría de los productos, entre los países de América Latina. Colombia se destaca en la producción de huevo ubicándose en tercer lugar después de México y Brasil, y carne de ganado vacuno y leche ocupando el cuarto lugar después de Brasil, Argentina y México (FAO, 2016). Los indicadores económicos sectoriales del país se resumen en el

Cuadro 1.2.

**Cuadro 1.2 Indicadores económicos para el sector agropecuario en Colombia.**

Indicadores	Estado actual
<b>PIB Agropecuario</b>	<p>Al revisar el comportamiento del PIB agropecuario a partir del año 2010, se puede observar que ha crecido paulatinamente alcanzando en el año 2015 un valor de 32.914 miles de millones de pesos. Entre el año 2010 y 2015, el PIB del sector ha crecido a una tasa anual promedio de 2,95 % mientras que el PIB nacional lo hizo a 4,49 % (Banco de la República, 2016).</p>
<b>Crecimiento en el valor de la producción</b>	<p>Crecimiento en el valor de la producción agropecuaria en términos reales de 5,4 % para el 2013; sin contar café, el agro colombiano creció apenas 2,6 %, con aumentos de 3,7 % en agricultura de ciclo corto, 3,8 % en ciclo largo y 1,5 % para el conjunto de las actividades pecuarias.</p>
<b>Área cultivada, producción y rendimiento.</b>	<p>Según cifras del tercer Censo Nacional Agropecuario (CNA), del total del área rural dispersa censada<sup>3</sup>, el 50,6 % corresponde a bosques naturales, 40,6 % a uso agropecuario, 7,2 % a uso no agropecuario y 0,1 % a nuevos desarrollos urbanos. Del total del área para uso agropecuario, el 80,5 % se destina a pastos y 19,1 % para uso agrícola, donde el área sembrada con cultivos es el 82 %, que equivale a 7,186 millones de hectáreas (6,36 % del total del área rural dispersa). De los cultivos, el 16 % del área destinada corresponde a cultivos transitorios y 78,4 % a cultivos permanentes (aumento significativo de permanentes comparado con 43,7 % en el CNA de 1960 y 52,6 % en el CNA de 1970) (DANE, 2015).</p> <p>La producción agrícola en 2013 alcanzó 26 millones de t, 8,2 % superior a la registrada en 2012. Respecto al renglón pecuario, la producción fue de 3,9 millones de t en 2013, cifra 6,5 % superior a la registrada en 2012 (MADR, 2015).</p> <p>Este comportamiento productivo ha llevado a una recomposición productiva donde su dinámica ha pasado de bienes de ciclo corto (transitorios) a actividades agrícolas de ciclo largo (permanentes). En conjunto, en la última década, la producción agrícola de ciclo corto tiende a perder participación en el valor total, espacio ganado por la producción pecuaria y los cultivos permanentes (Corpoica, 2013).</p>
<b>Comercio exterior y balanza comercial</b>	<p>La balanza comercial agropecuaria y agroindustrial presentó en 2014 un superávit de US\$1.076 millones, 105 % más que el superávit registrado en 2013 (US\$ 525 millones). Las exportaciones del sector agropecuario y agroindustrial participaron con el 3 % del total de toneladas exportadas y con el 13 % del valor, alcanzando más de 4,5 millones de toneladas y US\$7.350 millones FOB. En términos de volumen, los principales productos exportados en 2014 fueron bananos o plátanos, azúcar y café (40, 20 y 14 % del total de toneladas de productos agropecuarios o agroindustriales exportadas) y en términos de valor fueron café, flores y bananos o plátanos representando el 34, 19 y 11 % del valor exportado.</p> <p>Las importaciones sectoriales aumentaron 2 % en valor y 4,4 % en volumen frente a 2013, pasando de 9,9 a 10,3 millones de toneladas, y, en valor de US\$ 6.201 millones a US\$6.317 millones. Los principales productos importados fueron maíz, trigo y torta de soya representando el 38, 18 y 10 % de los volúmenes importados de productos agropecuarios y</p>

<sup>3</sup> El área continental colombiana es de 114.174.800 hectáreas de las cuales 98,98% fueron consideradas dentro del área rural dispersa por el DANE, equivalentes a 113.008.623,9 hectáreas, visitando el 98,9% de las unidades de cobertura en el CNA realizado en 2014.

agroindustriales respectivamente y el 15, 9 y 9 % en términos de valor (US\$CIF) (MADR, 2015).

Fuente: Construcción propia con base en diversos autores.

Otros factores clave en relación con el entorno colombiano del sector, frente a las dinámicas globales son:

- **Competitividad:** Colombia ha suscrito en los últimos años cerca de once TLC con diversos países y bloques comerciales, identificando para el sector agropecuario algunos productos con ventajas competitivas y con potencial exportador como flores, frutas, banano, hortalizas, aceites crudos, azúcar, café, tabaco, carne bovina y cacao. Sin embargo, de acuerdo con CRECE (2014) y el Banco Mundial (2014), citados en el PND 2014-2018, *las estructuras de costos de los sistemas productivos agropecuarios son poco flexibles y altamente dependientes de insumos importados de difícil sustitución. Los insumos pueden llegar a representar en promedio el 30 % de los costos totales y el costo logístico para transportar de la finca al puerto o al aeropuerto es más alto en Colombia que en el resto de Latinoamérica y el Caribe.* En relación con la asistencia técnica, el 9,6 % de las UPA recibió asistencia o asesoría para el desarrollo de sus actividades durante 2013, concentrándose el 65,5 % de esta ayuda en las UPA de menos de 5 ha (DANE, 2015).
- **Entorno ambiental:** la expansión de la frontera agrícola hacia ecosistemas vulnerables como los páramos y las zonas de conservación se convierte en uno de los limitantes más marcados entre producción agropecuaria, medio ambiente y disponibilidad de recursos naturales (Ortiz & Reyes, 2009); (Banco de Occidente, 2013). La actividad minera, y el uso indiscriminado de agroquímicos, especialmente fertilizantes inorgánicos, conlleva a un deterioro ambiental progresivo del suelo, el agua y el aire que ha afectado gravemente ecosistemas vulnerables en la última década (Méndez & Ramírez, 2003); (Niño, 2010); (PNUD, 2011).
- **Cambio climático:** En la última década los fenómenos de El Niño y La Niña han afectado la agricultura colombiana y se proyectan para los próximos años aumentos en la variabilidad climática, con altas temperaturas y precipitación errática, lo que conlleva a un cambio en la prevalencia de plagas y enfermedades, inundaciones en las costas, estrés hídrico, salinización de suelos, y por ende grandes pérdidas económicas y aumento de los costos de producción trayendo como consecuencia que aproximadamente en el 60 % de las áreas cultivadas se verían perjudicados el 80 % de los cultivos (Lau, Jarvis, & Ramírez, 2013). Ante esto se desarrollan estrategias interinstitucionales, entre las que se destaca la “Política del Sector Agropecuario para la Adaptación a los Fenómenos Climáticos”, con el fin de brindar al sector un marco institucional y operativo para afrontar las amenazas del cambio y la variabilidad climática (MADR, 2013).
- **Seguridad alimentaria:** En Colombia el índice global de hambre (GHI) para 2014 fue de 5,3 considerado en nivel moderado, esto es una reducción de más del 50 % desde 1990 donde

el nivel era serio en 10,9. Sin embargo, nueve países de la región han avanzado a mejor ritmo: Chile, Argentina, Costa Rica, Panamá, Uruguay, Brasil, Cuba y Venezuela presentan desde 2005 índices inferiores a 5 (nivel bajo). En relación con la desnutrición, los efectos más marcados se dan en niños especialmente menores de 5 años, donde el 3,4 % sufre de desnutrición, mostrando grandes diferencias en áreas urbanas respecto a las rurales. En efecto, 2,9 % de la población en estado de desnutrición vive en el área urbana y 4,7 % en el área rural. Así mismo, el 13,2 % de la población infantil sufre de desnutrición crónica, 11,6 % en el área urbana y 17 % en el área rural (Del Castillo., *et al.*, 2009); MinProtección, *et al.*, 2010). Acorde con datos de la FAO (2015) el porcentaje de la población de Colombia en prevalencia de subalimentación es del 8,80 % y en prevalencia de insuficiencia de alimentos es del 15,50 %. Igualmente, existen otros factores restrictivos como la disminución de áreas de cultivo y los acelerados procesos de urbanización en zonas que tradicionalmente eran de vocación agrícola, conllevando a problemas en la disponibilidad de alimentos de autoconsumo para campesinos. Como directriz en este asunto, el país cuenta con el CONPES 113 de 2007 donde se formula la Política de seguridad alimentaria y nutricional.

- *Producción y economía campesina:* En Colombia la población rural representa 24 % de la población total, donde la gran mayoría pertenece a lo que se denomina economía familiar campesina (Agencia de Noticias Universidad Nacional, 2013); (Rendón, 2012). Los productos agrícolas predominantemente campesinos tienen mayor peso que los producidos por grandes productores o empresarios capitalistas, representando entre el 60 y 61 % del valor de la producción total del país (50 % en transitorios y 48 % en permanentes). Con respecto a la actividad agropecuaria en el país, se estima que 87 % de las unidades productivas agropecuarias se asocian a la economía campesina (Forero, Producción campesina, Evolución reciente y estado actual. , 2002); (Forero, 2003); (Rendón, 2012). Según cifras preliminares del tercer CNA (DANE, 2015) el 69,9 % de las unidades productivas agropecuarias (UPA) tiene menos de 5 hectáreas, 10,3 % entre 5 y 10 y 14 % entre 10 y 50 ha. El 49,3 % de las UPA de menos de 5 ha, destinan cerca del 60 % de su producción para el autoconsumo. En relación con la mano de obra, 66,8 % de los 2 millones 100 mil trabajadores permanentes de las UPA son miembros del hogar del productor y se concentraron en las UPA de menos de 5,0 ha.
- *Tenencia de la tierra y desarrollo rural:* De acuerdo con cifras preliminares del último CNA, en 2014 los predios menores de 5 hectáreas (69,9 % de las UPA) ocupan menos del 5 % del área rural dispersa censada, mientras que el 41,1 % de esta área está concentrada en el 0,4 de las UPA con más de 500 ha (DANE, 2015). Muchos de los predios de menos de 5 ha tienen uso inadecuado de recursos productivos, especialmente suelos y aguas (IGAC, 2012; INCODER, 2012; PNUD, 2011). La forma de tenencia de la tierra es propia en el 73,8 % de las UPA, seguido de arrendamiento con el 9,8 %. En cuanto al despojo de tierras, se tienen cifras que registran el despojo y abandono de 6,5 millones de hectáreas (15 % de la superficie agropecuaria), sin contar los territorios de comunidades étnicas (PNUD, 2011). 5,8 millones de hectáreas (más de lo que hay sembrado en comida) han sido otorgadas dentro de los 9.000 títulos mineros vigentes y hay 20.000 nuevas solicitudes (DANE, 2015).

- **Pobreza rural y empleo:** Según cifras del DANE, el 56,6 % de los habitantes en las zonas rurales vive en pobreza y el 23 % en pobreza extrema; el 53 % de la misma no tiene sus necesidades básicas satisfechas, aunado a que para 2012 los índices de pobreza en las zonas rurales sólo disminuyeron un 0,9 %. El comportamiento de la pobreza medida por ingresos en las áreas urbanas y rurales, registra una gran distancia respecto de la meta fijada para el 2015. La brecha es 1.4, es decir, por cada persona del área urbana en situación de pobreza, existe una persona y media en esa situación en el área rural (PNUD, 2015). Según el tercer CNA a pesar de que la pobreza multidimensional se redujo respecto al censo de 2005, ésta aún es del 44.7 %, lo que hace que los campesinos colombianos sigan siendo el grupo poblacional con menores oportunidades de la sociedad (Diario El Tiempo, 2015). Existe bajo nivel de capitalización, pues el 83,3 % de los productores agropecuarios no tienen maquinaria y el 83,1 % no cuentan con infraestructura para realizar su actividad y en relación con el crédito, el 89 % no solicitó préstamos durante 2013. (DANE, 2015).
- **Migración rural-urbana:** Según cifras del DANE, las migraciones recientes del campo a la ciudad en los últimos años, han sido cercanas a las 100.000 personas por año, migración motivada por razones económicas (60 %) y por violencia en el campo (40 %). De la población rural, el 52 % son hombres y el 48 % mujeres, mientras que en la población urbana estos valores son 47 y 53 %. La población censada del área rural dispersa es menos joven que la encontrada en el Censo de 2005. Entre las causas de migración rural-urbana cabe mencionar falta de empleo asalariado, la expansión de la agricultura comercial, la mecanización de cultivos, los conflictos entre la colonización y el latifundio, lo que se manifiesta en un abandono del campo con una tendencia creciente a procesos negativos tales como la disminución de la oferta de alimentos y aumento de importaciones (DANE, 2015); (Perfetti, Balcázar, Hernández, & Leibovich, 2013); (Murad, 2003).

## 2 Perspectiva tecnológica del sector agropecuario<sup>4</sup>

En el contexto mundial se han abarcado prioridades de investigación para el sector de los agronegocios, como el manejo de sistemas de información, análisis financiero de la I+D+i, direccionamiento de mercados, direccionamiento estratégico, competitividad sectorial, impacto de las nuevas tecnologías para los sistemas productivos, gerencia de la innovación y el conocimiento, pequeños negocios rurales, desarrollo rural, productos de valor agregado, entre otros. Parte del esfuerzo se centra en la priorización de áreas estratégicas, el fortalecimiento sectorial desde cadenas productivas y clústeres principales y la definición de áreas transversales, entre otros, con el propósito de fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial (SNCTA), teniendo en cuenta el cambio transformacional en el cual se enmarca actualmente la industria agrícola, hacia un entorno de negocio global sujeto a

<sup>4</sup> **Claudia Patricia Uribe Galvis**, Zoot. M.Sc. Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: curibe@corpoica.org.co; **Diego Hernando Flórez Martínez**, I.Q., M.Sc. Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: dhflorez@corpoica.org.co; **Angélica María Londoño Triana**, Econo., M.Sc., Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: amlondono@corpoica.org.co. **Angélica María Ramírez Beltrán**, I. Agroind., MBA, Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: amramirez@corpoica.org.co.

megatendencias que respondan a las principales demandas, contar con disponibilidad, calidad y acceso a alimentos (Bosweld & Associates, 2011), respondiendo a factores de impacto como el crecimiento de la población, el crecimiento económico, la urbanización, el aumento de los ingresos, cambios en el paisaje agrícola ocasionado por los biocombustibles, cambio climático, escasez del recurso hídrico y de suelos, acceso a mercados diferenciados (orgánicos, saludables, culturales), fortalecimiento sectorial (insumos, equipos y maquinaria, incremento de la productividad, cadenas de suministro) y la biotecnología.

## 2.1 Sistemas Nacionales de Innovación Agrícola (SNIA)<sup>5</sup>

El marco global de la CTi, a nivel de los países de América Latina y el Caribe, es la estructura de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI), así como los planes nacionales, los que contemplan las bases, directrices y lineamientos para consolidar: (1) Institucionalidad y visibilidad de la innovación, (2) Desarrollo del capital humano en todos los niveles, (3) Estructuración del ecosistema de innovación<sup>6</sup>, (4) Fortalecimiento de políticas, (5) Priorización de áreas estratégicas, (6) Fortalecimiento sectorial desde cadenas productivas y clústeres estratégicos, (7) Definición de áreas estratégicas transversales, (8) Mecanismos de financiación de proyectos, (9) Mecanismos de monitoreo y seguimiento y (10) Integración estado, empresa, universidad y sociedad civil.

Las políticas de CTi a formular desde la institucionalidad de los SNI, debe incluir al menos los siguientes elementos: (1) Inversiones en CTi, (2) Romper la linealidad del SNI, (3) Expandir y modernizar el sistema de formación de recursos humanos en CTi, (4) Modernizar y consolidar instituciones, regulaciones y programas de gestión de la CTi y los mecanismos para su articulación con otras áreas de la economía, (5) Popularizar el concepto de sociedad del conocimiento, (6) Intensificar la cooperación internacional, a través de mecanismos comerciales y no comerciales, (7) Incorporar la agenda de CTi en las relaciones con entornos homólogos y socios estratégicos, (8) Promover alianzas entre gobiernos y organizaciones empresariales para generar tecnologías, (9) Promover una red de proveedores de servicios técnicos de apoyo a la innovación, (10) Identificar mecanismos de fomento específicos orientados a disminuir las disparidades regionales en el país (Solleiro & Rosario, 2009).

Específicamente, desde un contexto sectorial como el agropecuario, un SNIA, debe tener como características: (1) Creación, difusión y apropiación de conocimiento, (2) Capacidad de influenciar la dirección de la investigación y la identificación de oportunidades, (3) experimentación, gestión del riesgo e incertidumbre empresarial, (4) Entrenamiento en mercados, (5) Movilización de recursos, (6) Protección del conocimiento y (7) Desarrollo de externalidades positivas (Bergek, Hekkert, Smith, & K., 2010). La manera como se articula la conformación de los SNIA, depende del contexto específico de cada país, del grado de evolución

<sup>5</sup> **Angélica María Londoño Triana**, Econo., M.Sc., Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: [amlondono@corpoica.org.co](mailto:amlondono@corpoica.org.co). **Angélica María Ramírez Beltrán**, I. Agroind., MBA, Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: [amramirez@corpoica.org.co](mailto:amramirez@corpoica.org.co).

<sup>6</sup> Entorno contextual que reúne las fuentes de innovación (capital humano e intelectual), las directrices del proceso de innovación (oferta y demanda), la infraestructura necesaria (capacidad instalada) y las condiciones político estratégicas (recursos de financiación, política pública, priorización, etc.).

de los actores y organizaciones que integran el sector, así como del marco referencial de I+D+i (Florez-Martínez, 2014).

Un concepto vigente de lo que debe ser un SNi enfocado al sector agropecuario (Caso SNCTA), fue dado por (Röling & Engel, 1991), definiéndolo como “un conjunto de organizaciones y/o actores y las conexiones e interacciones entre ellos, comprometidos en la generación, transformación, almacenamiento, integración, difusión y utilización de conocimiento e información, con el propósito de trabajar sinérgicamente para soportar la toma de decisiones, resolución de problemas e innovación en la agricultura”. Esto sumado a la capacidad de desarrollar ideas prácticas, transferir conocimiento y soportar la innovación desde una política que involucre a los actores no solo desde el foco tradicional de la I+D, sino desde redes locales de innovación e innovación social.

## 2.2 Megatendencias en CTi<sup>7</sup>

Las megatendencias, acorde con Naisbitt (1984), son “cambios mayores a nivel social, tecnológico, ambiental o político que se desarrollan de manera lenta... emergen en un instante, influyen un amplio rango de actividades, procesos y percepciones, en entornos gubernamentales y sociales posiblemente por décadas... Son fuerzas subyacentes que direccionan tendencias específicas”.

Según un estudio de tendencia mundial realizado por la Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), las megatendencias en agricultura se enfocan a temas relacionados con el crecimiento económico de la clase media, el valor del dólar (factor que incide sobre la capacidad de compra de los países), la producción de bioenergía, el papel de los tratados de libre comercio (TLC), los costos de producir comida están siendo hoy más altos ocasionado principalmente por el costo de los insumos, el desarrollo biotecnológico va a crecer en importancia; aspectos en los cuales los países deben analizar sus potencialidades, potencialización de la actividad productiva a través de la adopción de tecnologías soportadas en TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) como la agricultura de precisión o la recolección de datos de cultivo en tiempo real, factores diferenciadores que permiten propender hacia la productividad y competitividad sectorial.

Como parte de la mirada global, específicamente en el contexto de ALC a nivel de CTi en el marco de los planes de desarrollo, planes de competitividad o planes de CTi, de áreas transversales y sectores productivos, sistemas de innovación, acorde con Dobson & Akridge (1989), las megatendencias abarcan temáticas que impactan en: (1) Sistemas de información gerencial – TIC. Innovación en gestión, organización y comercialización, (2) Análisis financiero, (3) Marketing gerencial, (4) Evaluación de la eficiencia del negocio, (5) Competitividad empresarial enfocada en competitividad internacional y sectores de talla mundial, (6) Impacto de nuevas tecnologías. (7) Planeación estratégica, (8) Comercio internacional, (9) Gerencia de la innovación y (10) Problemáticas en pequeñas economías agrarias, así como en áreas propias

<sup>7</sup> **Diego Hernando Flórez Martínez**, I.Q., M.Sc, Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: dhflorez@corpoica.org.co

de cada contexto particular (para el caso colombiano las 14 áreas temáticas propias, en el contexto de las cadenas productivas priorizadas). Por otra parte, estas directrices se focalizan en megatendencias a nivel global entorno a lineamientos y directrices de política pública como de I+D+i.

Estos factores deben propender a la formulación de políticas claras que orienten el desarrollo de actividades de ciencia, tecnología e innovación, generación de negocios, fortalecimiento de infraestructura y acceso a servicios financieros y técnicos, concentrándose en las demandas y requerimientos de los actores y partes interesadas, el uso apropiado de las tecnologías disponibles y requeridas, focalización en acceso y uso, orientaciones de cobertura, integración, impacto y diferenciación (Ej. Perspectivas de género), articulación de ambientes de innovación para el desarrollo e inversión en infraestructura, modelos de negocio, servicios y extensión, desarrollo sostenible de agronegocios e inversión en modelamiento a través de alianzas público-privadas, promoción de liderazgo y transferencia sostenible.

De manera paralela a la generación y clasificación de conocimiento por áreas temáticas globales, en las bases de datos de investigación básica a partir de herramientas de gestión tecnológica como la Vigilancia Tecnológica y los escaneos tecnológicos como instrumento para generar perspectivas macro, es factible la identificación de tendencias en megatendencias transversales al sector agropecuario. A través de la revisión y análisis de los planes y documentos gubernamentales de CTi, el documento técnico de diagnóstico para el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación Agroindustrial Colombiano, el documento técnico de diagnóstico para la Misión Rural, así como las discusiones de validación a nivel de redes nacionales y territoriales principalmente, se definieron cinco megatendencias claves para el sector agropecuario (1) Biodiversidad y Biotecnología, (2) Seguridad Alimentaria, (3) Sostenibilidad Ambiental, Variabilidad y Cambio Climático (4) Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y (5) Agroenergías.

El CONPES de CTi 2015-2025<sup>8</sup> establece lineamientos de política en algunas de estas megatendencias donde busca: “focalizar los esfuerzos en áreas del conocimiento y tecnologías habilitantes prioritarias de acuerdo a las capacidades de investigación construidas en el país, así como a los desafíos económicos y sociales que enfrenta Colombia. Con estos criterios, las áreas de conocimiento definidas para la I+D son energías renovables, salud y alimentos, y las tecnologías transversales son biotecnología, materiales y nanotecnología, y TIC”.

- **TIC:** (1) Ser líderes mundiales en el desarrollo de aplicaciones sociales dirigidas a los más pobres, (2) Desarrollo de contenidos digitales, (3) Comercio electrónico, (4) Emprendimiento TIC y (5) Aplicaciones de gobierno (*e-government*).
- **Biotecnología y biodiversidad:** (1) Promover una percepción pública positiva frente a las ventajas del desarrollo de la biotecnología, en el marco del aprovechamiento sostenible de nuestros recursos naturales que promueva acciones de conservación y aprovechamiento

<sup>8</sup><https://www.dnp.gov.co/CONPES/Documents/PoI%C3%ADtica%20nacional%20de%20ciencia,%20tecnolog%C3%ADa%20e%20innovaci%C3%B3n.%20Discusi%C3%B3n.pdf>

sosteniblemente de la biodiversidad. (2) Agrodiversidad para uso agropecuario: Aprovechar la biodiversidad del país para el beneficio de la agricultura. Incluye, entre otros, aumentar el conocimiento sobre dicha biodiversidad (bioprospección) y (3) Agroecología: Investigación dirigida a aprovechar los ecosistemas, pero al mismo tiempo conservar los servicios ecosistémicos que estos proveen, con base en el conocimiento científico y el local.

- **Seguridad alimentaria:** (1) Desarrollar planes de promoción e intervención que apoyen a las políticas de seguridad alimentaria y nutricional tanto en el entorno regional como nacional, (2) Integración de capacidades para garantizar la calidad de los alimentos (químicos y biológicos), buscando la inocuidad de los mismos.
- **Sostenibilidad ambiental:** Realizar CTi que responda a la necesidad de aumentar la producción de alimentos para una población creciente en una cantidad limitada de tierra agrícola, con un enfoque de reducción del impacto sobre los recursos naturales.
- **Agroenergías:** Promoción de biocombustibles de segunda generación.

### 2.2.1 *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - TIC*

Las TIC se definen colectivamente como (Cobo-Romaní, 2009): “innovaciones en microelectrónica, computación (hardware y software), telecomunicaciones y optoelectrónica - microprocesadores, semiconductores, fibra óptica - que permiten el procesamiento y acumulación de enormes cantidades de información, además de una rápida distribución de la información a través de redes de comunicación. La vinculación de estos dispositivos electrónicos, permitiendo que se comuniquen entre sí, crea sistemas de información en red basados en un protocolo en común. Esto va cambiando radicalmente el acceso a la información y la estructura de la comunicación, extendiendo el alcance de la red a casi todo el mundo”.

El fortalecimiento de las TIC en Colombia es una respuesta a un entorno dinámico y cambiante en el cual las tendencias mundiales de fortalecimiento buscan: (1) consolidación del gobierno en línea, gobierno como usuario modelo; (2) masificación de la banda ancha; (3) desarrollo de programas de I+D+i en TIC; (4) promoción de la educación en TIC; (5) difusión de las TIC a las empresas; (6) difusión de TIC a individuos y hogares; (7) capacitación basada en TIC para la industria y el trabajo; (8) desarrollo general de contenidos digitales; (9) incentivos a la difusión a través de TIC del contenido informativo del sector público; y (10) soporte de las TIC a los procesos de crecimiento e innovación.

El sector de las TIC en Colombia tiene como máximo ente rector al Ministerio de Tecnologías de la Información y las comunicaciones, desde donde se establecen las directrices de política y se soporta la normatividad. Acorde con el esquema organizacional e institucional del sector TIC y su interacción con el sector agropecuario, a nivel nacional el marco de referencia establecido a nivel ministerial (Ministerio de las TIC – MinTIC y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR), es la iniciativa TIC + Agro, la cual busca orientar un marco normativo para el desarrollo de actividades en CTI acotadas en nueve ejes temáticos (Demandas) los cuales son (Flórez-Martínez & Uribe-Galvis, 2016): (1) Desarrollo e implementación de sistemas de información TI para los procesos de planificación rural agropecuaria, como apoyo de los entes

territoriales<sup>9</sup>, (2) desarrollo e implementación de soluciones TI de agricultura de precisión y/o agricultura específica por sitio. (3) desarrollo e implementación de soluciones TI que contribuyan a la captura y procesamiento de información en campo, (4) desarrollo e implementación de soluciones TI enfocadas a la gestión de información de mercados agrícolas, agroindustriales, pecuarios, avícolas, forestales, acuícolas y pesqueros, tales como manejo de insumos, procesos de logística, trazabilidad de productos, *e-marketing*, *e-commerce* y *e-business*, (5) desarrollo e implementación de soluciones TI enfocadas a la gestión de la propiedad de la tierra rural (6) desarrollo e implementación de soluciones TI para difusión, acceso, distribución, consulta y registro bidireccional de contenidos que utilicen tecnologías y/o medios tales como mensajes cortos de texto (SMS), servicios de datos no estructurados suplementario (USSD) y respuesta interactiva por voz (IVR), (7) desarrollo e implementación de soluciones TI que fomenten la gestión del conocimiento en el sector agropecuario y mejoren los procesos de asistencia técnica actuales, (8) desarrollo e implementación de soluciones TI relacionadas con Big Data y Cloud Computing dirigidas al sector agro y (9) desarrollo e implementación de soluciones TI para la gestión de información climática en procesos de cultivo.

Estas categorías de demandas se enmarcan en el enfoque de e-agricultura el cual “...se define como el diseño, uso, apropiación e integración de infraestructura, tecnologías, servicios como computadores, tabletas, servidores, equipos de telefonía móvil, satélites, antenas de difusión de telecomunicaciones, aplicaciones, sistemas de información, sistemas de gestión de conocimiento y plataformas digitales para permitir, soportar y potenciar la producción agrícola y pecuaria...” (Deloitte, 2012).

### 2.2.1.1 Orientaciones tecnológicas

Las orientaciones tecnológicas se sintetizan en las siguientes categorías: (1) incrementar la productividad de los sistemas pecuarios, acuícolas y pesqueros, (2) fortalecimiento y promoción de organizaciones de pequeños productores, (3) fortalecimiento de servicios gubernamentales para el sector agropecuario con TIC, (4) fortalecimiento de la extensión agropecuaria, (5) fortalecimiento del mercadeo de agronegocios y acceso a servicios financieros, (6) tecnologías específicas, (7) modelos organizacionales y (8) TIC y los sistemas nacionales de innovación.

### 2.2.1.2 Tendencias tecnológicas

Las temáticas tendenciales en TIC para el sector agropecuario, abarcan tópicos de sistemas expertos para la gestión de residuos pecuarios, sistemas de soporte a la toma de decisiones para el uso y gestión de bioinsumos, manejo digital de información geográfica de cultivos, agricultura de precisión, bases de datos para *commodities*, sistemas de toma de decisiones para mecanización basada en georreferenciación, sistemas de información en seguridad alimentaria, sistemas de información en alertas tempranas epidemiológicas, sistemas de trazabilidad y

<sup>9</sup> Entidades territoriales: personas jurídicas, de derecho público, que componen la división político-administrativa del Estado, gozando de autonomía en la gestión de sus intereses. Son entidades territoriales los departamentos, municipios, distritos y los territorios indígenas <http://www.mineduccion.gov.co/cvn/1665/article-82749.html>.

gestión de la cadena de frío. Los temas de base más tratados son software de análisis genético, codificación de ADN, modelamiento satelital de cultivos, mapeo genético, sensores inalámbricos para la agricultura, modelamientos de nichos ecológicos. Algunos de los temas emergentes son estadísticas multinivel para suelos agrícolas, monitoreo de la biodiversidad biológica zonas de producción agrícola, modelos de toma de decisiones basados en aplicativos web como herramienta para control fitosanitario, modelos de planeación y sistemas de información global para granjas y sistemas acuícolas. En el cuadro 2.1 se presenta el cruce de oferta vs demanda.

**Cuadro 2.1. Oferta vs Demanda en TIC para el sector agro.**

Orientaciones TIC-AGRO a nivel mundial	Tendencias en Investigación mundial
Sensores inalámbricos, Mapeo espacial de cultivos, (AP, simulación edafológica, climática, etc.)	Sistemas expertos para la gestión de residuos pecuarios y toma de decisiones para el uso y gestión de bioinsumos.
Sensores inalámbricos, Mapeo espacial de cultivos: multispectro satelital. Medición IR, térmica, fluorescencia. Robótica y drones	Manejo digital de información geográfica de cultivos, agricultura de precisión
Gestión unidades productivas, Redes de sensores: ZigBee, bluetooth, <i>Wibree</i> y Wifi; WSAW WiMAX. Detección foliar de enfermedades	Estudios de mapeos de variables climatológicas, edafológicas y biológicas, cadenas de suministros utilizando estas tecnologías.
Sensores inalámbricos, RFID para trazabilidad de productos, bases de datos, sistemas de alertas, sistemas de información. TI acotadas a la infraestructura disponibles	Bases de datos para <i>Commodities</i> , Sistemas de trazabilidad y gestión de la cadena de frío.
Georreferenciación, bases de datos, GPS, SIG. GIS, RFID, PDA, software como los ERP, SCM, etc.	Sistemas de toma de decisiones, Gobierno electrónico, Acceso a Servicios financieros
Redes de productores, cultura y educación en TIC, Acceso, asequibilidad, accesorios, aplicaciones móviles. TI en interoperabilidad, transmisión y control de información.	Sistemas de información especializados, articulación con infraestructura disponible
Mensajería de texto especializada, <i>call centers</i> , difusión radial, plataformas, kioscos, <i>e-learning</i> , paquetes de difusión	<i>E-learning</i> , plataformas de información sectoriales,
Arquitectura estandarizada, datos abiertos, software compartido	Software de análisis genético, codificación de ADN, mapeo genético
Bases de datos y sistemas de alertas tempranas, Sensores inalámbricos, integración de datos espaciales, seguimiento satelital, etc.	Modelamiento satelital de cultivos. modelamientos de nichos ecológicos
Demandas TIC-AGRO Colombia	Tendencias en Investigación nacional
Sistemas de información para planificación rural agropecuaria territorial.	-
Soluciones en TI para agricultura de precisión y/o específica por sitio.	Software para análisis de nutrientes en cultivos de cereales. Sistemas de información geográfica en conservación y utilización de recursos filogenéticos. Sistemas inteligentes para asesorar perturbaciones en los cultivos
Soluciones TI para captura, procesamiento y distribución de información en campo.	Uso de bases de datos para parame trizar el uso de insumos en modelos productivos de cultivos
Soluciones TI enfocadas a gestión de información de mercados, cadenas de abastecimiento, trazabilidad, e-commerce, etc.	Modelos de seguimiento a suelos agrícolas Código de barras para el ADN en planta
Soluciones TI enfocadas a gestión de la prop. de la tierra rural	-
TI para difusión, acceso, distribución, consulta y registro bidireccional de contenidos	-
Soluciones TI que fomenten la gestión del conocimiento, asistencia técnica	Viabilidad del uso de entornos virtuales de aprendizaje en el sector rural. Modelos de toma de decisiones para la extensión agrícola
Soluciones TI relacionadas con Big Data y Cloud Computing	Manejo de datos espaciales y multispectro.
Soluciones TI para la gestión de información climática	Monitoreo ambiental. Mapeo digital de suelos de cultivo. Agromapas

## 2.2.2 Biotecnología y biodiversidad

El término Biodiversidad Agrícola comprende toda diversidad biológica, que contribuye a la producción de alimentos y a la seguridad alimentaria. La biodiversidad es la variedad de vida en los diferentes niveles de organización biológica, como el genético, el de especies y el ecosistema. En los ecosistemas agrícolas (agroecosistemas), es especialmente importante el mantenimiento de la diversidad biológica tanto para la producción de alimentos, como para la conservación de las bases ecológicas que aseguran la vida y el sustento de las poblaciones rurales (FAO O. d., 2008). Su alcance en el sector agroindustrial comprende técnicas y procesos que buscan mitigar la degradación de los suelos, el ambiente y los hábitats de vida silvestre, la contaminación de las fuentes hídricas y el desplazamiento de la población rural. Sin embargo, se requiere la integración de herramientas biotecnológicas, conocimiento de especies nativas, caracterización de bancos de germoplasma, ecosistemas sostenibles, productos diferenciados, bioseguridad, establecimiento de huellas de carbono y huellas ecológicas, bioprospección y estudio de especies de interés comercial, para diseñar e implementar medidas que eviten riesgos a la biodiversidad.

Por su parte, se entiende por biotecnología la producción de conocimientos, bienes o servicios, mediante el empleo de organismos vivos, parte de ellos o sus productos (OCDE, 2005), así como «toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos» (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1992)<sup>10</sup>. Esta definición incluye las aplicaciones médicas e industriales, así como considerables instrumentos y técnicas habituales en la agricultura y la producción de alimentos<sup>11</sup>. Su alcance en el sector agroindustrial comprende la biotecnología verde o agrícola la cual abarca una variedad de tecnologías moleculares como la manipulación de genes, la transferencia de genes, la tipificación del ADN y la clonación de plantas y animales, focalizada a incrementar la producción agropecuaria, obtener cultivos e inventario pecuario más eficiente, menor necesidad en el uso de agroquímicos, así como la promoción al consumidor de alimentos modificados genéticamente.

La importancia de la Biotecnología en Colombia está sustentada en la biodiversidad, identificada como una de las grandes ventajas competitivas que puede y debe convertirse en desarrollo para el país, y por el aprovechamiento sostenible y adecuado de los recursos naturales.

### 2.2.2.1 Orientaciones tecnológicas

#### **Orientaciones en Biodiversidad**

- Conservación de la biodiversidad agrícola como recurso básico para la alimentación y la agricultura, a través de procesos innovadores para explotar su potencial y utilizar de forma sostenible sus componentes.

<sup>10</sup> <https://www.cbd.int/intro/default.shtml>

<sup>11</sup> <http://www.fao.org/docrep/006/y5160s/y5160s07.htm>

- Mejorar la vinculación entre la conservación y el uso de la diversidad biológica como parte de una innovación estratégica, para un desarrollo sostenible en las regiones rurales.
- Fortalecimiento de la cooperación internacional para fomentar la gestión de los recursos biológicos de los alimentos, la agricultura, la silvicultura, la producción pecuaria y la pesca.
- Generación de infraestructura eficiente de conservación de especies agrícolas potenciales *in situ* y aprovechables *ex situ* a largo plazo.
- Actualización periódica del inventario disponible de componentes *in situ* y *ex situ* de la diversidad biológica para alimentación, agricultura, silvicultura y pesca.
- Mayor utilización de recursos genéticos para permitir su utilización innovadora, sostenible, evitando un detrimento ambiental.
- Promoción del acceso a los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura, con una distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su uso y el de los asociados a conocimientos de comunidades indígenas (Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection, 2010)<sup>12</sup>

### ***Orientaciones en biotecnología***

Como orientaciones o directrices a nivel mundial es necesario, destacar las relacionadas con el fortalecimiento de la competitividad en materia biotecnológica para los países en desarrollo. Entre ellas cabe mencionar:

- Promoción de la colaboración entre diferentes grupos de investigación como medio imprescindible para el intercambio de conocimiento.
- Establecer políticas de estado que apunten a mejorar la disponibilidad local de infraestructuras y financiación para aprovechar de manera plena los recursos humanos hacia la solución de problemas de alto impacto social.
- Fortalecer y promover interacción entre las empresas y los centros de investigación científica.
- Establecimiento de vínculos de cooperación internacional para complementar las necesidades de equipamiento y de capacidades técnicas de los diferentes centros y grupos de investigación en biotecnología agrícola.
- Impulso al patentamiento como factor competitivo y estrategia comercial en un mercado diferenciado.
- Inclusión del pequeño y mediano productor como actor que demanda desarrollos biotecnológicos de comprobada eficacia en campo y de alto impacto.
- Enfoque de bioseguridad como parte de las regulaciones relacionadas con seguridad alimentaria y sanidad vegetal y animal
- Fortalecimiento de la transferencia de tecnología vinculada con los programas de mejoramiento en cultivos con enfoque participativo de los productores.
- Creación de alianzas público-privadas como factor importante en la producción y comercialización de productos biotecnológicos (OEI, 2009; FAO, 2011)

---

<sup>12</sup> [https://www.bmel.de/EN/Homepage/homepage\\_node.html](https://www.bmel.de/EN/Homepage/homepage_node.html)

### ***Orientaciones conjuntas***

La bioprospección representa para Colombia una alternativa de desarrollo económico, generación de empleo, conservación de la biodiversidad, formación de recurso humano altamente calificado, organización y alianza entre grupos de investigación nacional e internacionales, fortalecimiento de la plataforma tecnológica del país, y fortalecimiento de cadenas productivas asociadas a algunos sectores industriales. En este contexto se destaca el Programa Nacional de Bioprospección para el sector agropecuario que fue planteado con un enfoque de sostenibilidad como foco de desarrollo para cadenas de valor (Cotes, et al., 2012).

El propósito del programa de agrobioprospección para el desarrollo del sector agropecuario, es la generación de soluciones o productos innovadores que le aporten valor agregado a las cadenas de producción agropecuaria a partir del conocimiento y el uso sostenible de la biodiversidad. Para lograr esto, se propone un modelo basado en la integración de las regiones y grupos de investigación, alianza sector productivo-investigativo-académico, establecimiento de una red de laboratorios y centros nacionales y consolidar una plataforma de capacidades que incluye la formación de talento humano y el fortalecimiento de plantas piloto para el escalamiento de productos y el mejoramiento de las actuales capacidades nacionales en ciencias ómicas<sup>13</sup>, bioinformática y análisis químico a elevada escala.

Un antecedente que cabe mencionar es el aportado por las agendas prospectivas desarrolladas para cadenas priorizadas por el MADR en la cual se identificaron 3 áreas temáticas transversales en las cuales la bioprospección puede jugar un papel importante en la generación de valor agregado para la innovación. Estas áreas temáticas transversales fueron: (1) Respuesta a factores bióticos y abióticos, (2) Reemplazo de productos químicos y (3) Calidad nutricional y funcional.

Otras entidades y actores identificaron otras áreas importantes en bioprospección como agroindustria, cosmética, farmacéutica y biocombustibles. En el proceso de construcción del Programa de Bioprospección se tuvieron en cuenta aspectos relevantes como:

- Conformación de RED Nacional e Internacional de Investigación en Agrobioprospección (REDIAB)
- Estimular el aprovechamiento de la biodiversidad colombiana en los sectores de alto impacto y alta capacidad técnica, mediante la formación de investigadores y entrenamiento de auxiliares de investigación motivados, para utilizar de manera adecuada los recursos biológicos de las diferentes regiones del territorio colombiano
- Desarrollar las ciencias ómicas (genómica, proteómica, metabolómica) y la Bioinformática, pues ofrecen una serie de ventajas que permiten generar rápidamente y analizar de manera eficiente grandes cantidades de información
- Contar con un presupuesto adecuado mediante proyectos de investigación que permita acceder a los servicios que ofrecen los centros especializados

<sup>13</sup> Las principales "ómicas" son la genómica, la interactómica, la metabolómica, la metagenómica, la proteómica, la epigenómica, la lipídica, la alimentómica o foodómica, la secretómica, la glicómica y la transcriptómica.

- Construcción de infraestructura para procesos de transferencia de tecnología
- Conformación de una plataforma tecnológica con tecnologías ómicas de alta eficiencia (genes, compuestos bioactivos y microorganismos), infraestructura de laboratorios, invernaderos, campo y plantas piloto, y la consolidación de la red nacional de Agrobioprospección con aliados internacionales

### 2.2.2.2 Tendencias tecnológicas

La biotecnología, ha presentado un desarrollo notorio, desde el apalancamiento de la ingeniería genética, principalmente focalizada a incrementar la producción agrícola, cultivos e inventario pecuario más eficiente, menor necesidad en el uso de agroquímicos, así como la promoción al consumidor de alimentos modificados genéticamente. Es un campo que desde hace tiempo despierta el interés de los políticos y gestores de la ciencia. Sus potencialidades para el desarrollo son amplias y se estima que dentro de 20 años los productos biotecnológicos alcanzarán el 5 % del PBI de los países desarrollados.

Las temáticas tendenciales en Biotecnología en agricultura contemplan, plantas transgénicas productos e impactos, impacto de cultivos Bt en plagas y enfermedades, aspectos abióticos de los cultivos Bt, riesgos en la implementación de cultivos Bt, impactos ecológicos, diseño de biocontroladores y bioinsumos. Las temáticas de base contemplan la potencialidad de los aceites esenciales en la industria de alimentos, tratamiento de biomasa lignocelulósica, análisis filogenético, resistencia adquirida sistemática, comercialización de biocontroladores, fotoestabilización de agentes biológicos, productos naturales con acción anti hongos a partir de bacterias de biocontrol. Acorde con la FAO, en su estudio de biotecnología del sector agrícola (FAO, 2011) se agrupa en cuatro (4) enfoques (ver Cuadro 2.2).

**Cuadro 2.2 Enfoques de biotecnología agrícola.**

Enfoque	Tendencias
Cultivos biotecnológicos	Creación de nuevas variedades genéticas, escaneo y selección de variantes favorables y producción y manejo de sistemas (propagación, nutrición, protección, manejo genético y conservación). Mutagénesis, tecnologías para manejo de tejidos vegetales, modificación genética, hibridación interespecífica, marcadores moleculares. Estrés biótico, estrés abiótico, rendimiento, calidad nutricional, sostenibilidad,
Sector forestal	Micro propagación, biofertilizantes, marcadores moleculares, huella genética, secuenciamiento genómico, bioinformática, filogenia.
Sector pecuario	Genética y cruzamiento, inseminación artificial, crio conservación, monitoreo de hormonas, marcadores de ADN, producción de alimentos para animales con contenidos nutricionales específicos, transferencia de embriones y genes, selección de sexo, clonación, fertilización in vitro, tecnología de recombinación de ADN, probióticos en alimentación, vacunas recombinantes, epidemiología específica.
Sector acuícola y pesquero	Bioseguridad y control de enfermedades, manejo ambiental y biorremediación, biodiversidad, conservación y manejo de sistemas pesqueros y mejoramiento genético y control reproductivo. Poliploides, glicogénesis, androgénesis, tiempo de reproducción, poblaciones monosexuadas, criogenia, genómica, modificación genética, patógenos, vacunas

Fuente: Construcción propia.

Las temáticas tendenciales en biodiversidad en relación con Agricultura y ciencias biológicas abarcan temas como diversidad de fauna entomológica en cultivos agrícolas anuales, agroforestería y ecosistemas de bosques, estrategias de manejo de biosferas en el marco de la actividad agrícola, monitoreo de la biodiversidad de especies de plantas, cambios y estrategias de conservación, complejidad en la conservación de biosferas en áreas protegidas y áreas de uso, fronteras agrícolas, sistemas tradicionales de agroforestería y conservación de la biodiversidad y Recursos genéticos de especies silvestres de cultivos de importancia económica y de seguridad alimentaria. Las temáticas de base para esta megatendencia son, Identificación biológica a través de códigos de barra de ADN, consecuencias genéticas de la variación climática, gestión del hábitat para la conservación de depredadores naturales de plagas de cultivos e importancia de polinizadores en cultivos y diversidad biológica en el suelo incidente en la agricultura. Algunos temas emergentes son estudio de biodiversidad en bosques sub y tropicales, efectos en el largo plazo de los sistemas de cultivo en la incidencia de malezas, estudios de variación espacio temporal de factores que afectan la biodiversidad en zonas de producción y paisaje agrícola como directriz de la biodiversidad.

En el tema de biodiversidad, son recurrentes las investigaciones en técnicas y procesos que repercuten en degradación del medio ambiente, contaminación de los suministros de agua, degradación de suelos, pérdida de biodiversidad y de hábitats de vida silvestre, y el desplazamiento de la población rural. Integración de herramientas y potencial de biodiversidad agrícola a través de la biotecnología, especies propias, caracterización de bancos de germoplasma nativos, ecosistemas sostenibles, productos diferenciados, bioseguridad, huellas de carbono, huellas ecológicas, bioprospección, especies de interés comercial, etc. se requieren para aconsejar, diseñar, planificar, implementar y sugerir medidas que eviten riesgos a la biodiversidad originados en contaminación de tierras, de aguas subterráneas, de lagos, de ríos y mares; en actividad minera; en avance de la frontera agropecuaria; en urbanización.

### **2.2.3 Sostenibilidad ambiental, variabilidad y cambio climático**

La *sostenibilidad o sustentabilidad ambiental*, puede ser definida, acorde con (Gligo, 1987) como: "...una condición que, en correspondencia con los horizontes de estrategias de desarrollo de largo plazo, sobre la base del acervo tecnológico que la sociedad posee, y considerando la posibilidad real que ella tiene para acceder a los recursos materiales y energéticos, logra la coexistencia armónica del hombre con su medio ambiente equilibrando los sistemas transformados y creados. Evita, por lo tanto, su deterioro..."

El correcto manejo de los recursos naturales integrales que componen los aparatos productivos confluye en que, los biólogos, agrónomos, especialistas en agroindustrias, economistas y planificadores, entre otros, deben hacer un análisis racional de costos y beneficios frente a la sostenibilidad de los mismos. La sostenibilidad ambiental en el contexto mundial, tiene relación directa con el aumento de la población, aumento en la demanda por alimentos, agua, materias primas y otros componentes, relacionados de manera directa con la oferta ambiental, los cuales han ocasionado que las dinámicas de patrones de desarrollo una incidencia negativa en los niveles de respuesta del entorno ambiental, disminuyendo las capacidades de respuesta

naturales de servicios naturales de regeneración y depuración (servicios ecosistémicos) (MAVDT, 2007).

### 2.2.3.1 Orientaciones tecnológicas

La ONU evaluó las problemáticas clave en relación con la oferta y demanda de servicios ecosistémicos, en relación con las dinámicas de los sistemas de producción, delimitando tres ejes clave de acción:

- Degradación de servicios ecosistémicos ocasionado por factores de uso no sostenible como: inclusión de agua dulce, pesca captura, purificación de aire, regulación del clima regional y local, riesgos naturales, extracción intensiva de alimentos.
- Cambios no lineales (acelerados, abruptos e irreversibles), por uso no sostenible como: alteraciones en la calidad del agua, cambios climáticos regionales, especies invasoras, etc.
- Desigualdad y disparidad en grupos poblacionales, incidiendo en los niveles de pobreza por mala gestión de los servicios ecosistémicos.

Estas problemáticas han llevado a analizar de qué manera, esfuerzos en ciencia, tecnología e innovación (CTi), deben focalizarse en alternativas de manejo de los sistemas ecológicos, agroecosistemas y socioecosistemas, a través de diagnósticos robustos de su estado actual, modelos de predictivos de su evolución, evaluaciones socioeconómicas, modelos de producción de uso sostenible, gestión de recursos, tendencias de investigación adaptativas a agroecosistemas, seguimiento, monitoreo y evaluación de variables claves in situ y ex situ.

A nivel internacional el monitoreo agrometeorológico ha sido muy importante desde hace varios años, especialmente en países desarrollados como EE.UU., Austria, Holanda, Alemania, Inglaterra y Portugal, los cuales lideran el uso de esta tecnología. En muchos de estos países, no solo son las instituciones de investigación, o entidades estatales, las que reconocen la importancia del monitoreo de variables en campo, también lo hacen los productores y asociaciones de productores. Aunque falta capacitación y en algunos casos hay desorden para el abordaje de las redes y plataformas de gestión de datos, a nivel latinoamericano México, Brasil, Argentina y Chile son líderes en el establecimiento de redes agrometeorológicas, que transmiten sus datos en tiempo real a diferentes servidores y plataformas para consulta de datos por asistentes técnicos, investigadores, productores y ciudadanos del común, haciendo un uso muy importante de TIC para este fin: hacer la información agrometeorológica, clave para la toma de decisiones, accesible y disponible en todo momento.

El desarrollo de la plataforma agroclimática para el sector agropecuario se considera como una prioridad nacional y una necesidad para la mitigación de los efectos esperados del cambio climático y la variabilidad climática extrema. En documentos como el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2010-2014 “Prosperidad para Todos”, la Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia (CONPES 3700), la estrategia de adaptación del sector agropecuario a fenómenos climáticos y la estrategia institucional y financiera de la red hidrológica, meteorológica y oceanográfica del

país (documentos en formulación), se presentan elementos que guían el quehacer institucional en materia de gestión de información agroclimatólogica, reconociendo la importancia y el rol principal que debe asumir Corpoica frente a los retos que en esta materia debe afrontar el país.

### 2.2.3.2 Tendencias tecnológicas

La *sostenibilidad ambiental*, ha direccionado investigación en campos como uso sostenible de los recursos genéticos de zonas estratégicas a nivel mundial (p.e., el Amazonas), la recuperación de áreas degradadas, la gestión sostenible de los recursos naturales, renovables y no renovables. Además, el diseño y uso de plataformas tecnológicas fueron en las cadenas de producción de cacao, café, palma de aceite, la acuicultura y la producción animal, así como agrícola, forestal y sistemas ganadería integrada. Varias redes se ponen en funcionamiento, en particular las relativas a la agroenergía, el cacao, el café y recursos filogenético, tecnologías para la producción, la transformación y la comercialización de las energías renovables a través de la introducción de los recursos naturales, promoción de organizaciones locales, zonas agroecológicas, agricultura tropical, etc.

Las temáticas tendenciales específicas en sostenibilidad ambiental para el sector agropecuario, se enfocan en modelos de cálculo de la disponibilidad de agua, investigaciones en huella hídrica, huella de carbono como indicadores de los sistemas de producción pecuarios, eficiencia ambiental, índices de sostenibilidad, sostenibilidad ambiental basada en el mapeo del uso de la tierra, análisis del ciclo de vida en cultivos de *commodities*, sistemas de bosques, silvopastoriles y producción forestal. Las temáticas de base son tecnologías para el tratamiento de biomasa lignocelulósica, biorremediación de efluentes, contribución de la biomasa en el suministro energético global, sistemas de ecoservicios ambientales para la toma de decisiones. Algunas temáticas emergentes son cambios en el diseño de políticas para la sostenibilidad ambiental enfocadas en conservación y turismo ecológico, esquemas agroambientales desde la perspectiva de los actores involucrados, tratamiento de suelos usando biopolímeros microbiales y efectos del cambio climático y el uso del suelo en los contenidos de materia orgánica del suelo.

En agroecosistemas las tendencias más relevantes, abarcan temas en suelos para almacenamiento de carbono en agricultura de conservación, fertilización de nitrógeno en agroecosistemas, control específico de plagas en escenarios de cambio climático, agroecosistemas y la conservación de la fauna, análisis de propiedades físicas del suelo, rendimientos y economía de cultivos basados en agricultura de conservación, agricultura de conservación a corto plazo, agricultura sustentable a través de prácticas de producción intensiva, perspectivas de paisaje en la integración de intensificación agrícola y biodiversidad, manejo de hábitats para conservación de controladores naturales de plagas, fertilidad del suelo y biodiversidad en agricultura orgánica, transición de sistemas tradicionales a sistemas agroecológicos, indicadores de seguimiento de sistemas agroforestales, adopción de agricultura de no-labranza, multifuncionalidad de servicios ecosistémicos en agricultura de conservación, estudios socioeconómicos de la migración a sistemas de conservación en agricultura, entre otros.

#### 2.2.4 Seguridad alimentaria

La revisión del concepto de Seguridad Alimentaria (SA) realizada por Simón (2009), menciona la existencia de más de doscientas nociones de SA, basado en los trabajos de Smith *et al.* (1992) y Gentilini (2002). Pese a esta variedad de definiciones, el autor afirma que la noción más aceptada es la establecida en la Cumbre Mundial de la Alimentación de 1996 (WFS), según la cual:

*“existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico, social y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos que satisfagan sus necesidades dietéticas y sus preferencias alimentarias para desarrollar una vida activa y sana” (FAO, 1996).*

En el contexto nacional la Seguridad Alimentaria y Nutricional es definida como “La disponibilidad suficiente y estable de alimentos, el acceso y el consumo oportuno y permanente de los mismos en cantidad, calidad e inocuidad por parte de todas las personas, bajo condiciones que permitan su adecuada utilización biológica, para llevar una vida saludable y activa” (CONPES, 2008, p. 3).

El Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional 2012 – 2019 (PNSAN) (Gobierno Nacional, 2013), resultado del documento CONPES 113 en marzo de 2008 (DNP, 2008), producto de la PSAN y del análisis de la problemática de dispersión y desactualización de la información en cuanto a seguridad alimentaria y nutricional, creó el Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutricional en 2013.

El PNSAN es el marco orientador para poner en marcha la política en materia de seguridad alimentaria en el país, cuyo objetivo principal es el de garantizar que toda la población colombiana disponga, acceda y consuma alimentos de manera permanente y oportuna, en suficiente cantidad, variedad, calidad e inocuidad. La política tiene como principios el derecho a la alimentación, equidad social, perspectiva de género, sostenibilidad, corresponsabilidad y respeto a la identidad y diversidad cultural (MADR, 2011).

##### 2.2.4.1 Orientaciones tecnológicas

En el componente de desarrollo rural e incremento de la productividad, la FAO plantea como estrategia el incremento de la productividad, especialmente en los sistemas de agricultura a pequeña escala o sistemas de agricultura familiar. Según FAO, más del 90 % de los 570 millones de explotaciones agrícolas de todo el mundo están dirigidas por una persona o familia y se basan principalmente en la mano de obra familiar y el 84 % de las explotaciones familiares abarcan menos de dos hectáreas y ocupan únicamente el 12 % de la superficie agrícola (FAO, 2015).

Sin embargo, en términos de valor, estas explotaciones producen más del 80 % del total mundial de alimentos (FAO, 2015), lo cual subraya que los pequeños productores juegan un papel fundamental en la seguridad alimentaria ya que su producción provee la mayoría de alimentos que se consumen localmente en la mayoría de países. Este sistema de producción

contribuye a la seguridad alimentaria y la nutrición a escala mundial tanto de forma directa, ya que vincula la producción y el consumo para muchos hogares rurales, como indirecta porque abastece los mercados locales de los productos alimentarios principales de forma potencialmente flexible y funciona como una importante red de seguridad social (FIDA, 2011; HLPE, 2013).

La eficiencia de la agricultura familiar ligada a pequeñas explotaciones agrícolas, radica en la capacidad de los pequeños productores de obtener niveles altos de producción por unidad de tierra mediante la utilización de mano de obra familiar en sistemas de producción diversificados. Por otra parte, debido a que la sostenibilidad de la producción se ve amenazada por el detrimento de los recursos naturales y la sobreexplotación, la producción a pequeña escala impulsada por la agricultura familiar ofrece una alternativa de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y limitar el daño al medio ambiente.

A nivel mundial se identifica que se requiere de manera urgente apoyar y fortalecer los sistemas de producción de agricultura familiar, generando una necesidad de conocimiento e innovación en sistemas de producción diversificados que contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas y que tengan la capacidad de adaptación al cambio climático y tecnologías apropiadas para la producción de pequeña escala, eficientes desde el punto de vista energético e intensivas en mano de obra (en lugar de ser intensivas en capital).

Iniciativas de diversificación están promoviendo el rescate de las especies subutilizadas y olvidadas (NUS, por sus sigla en inglés), estas especies (también conocidos como cultivos menores o huérfanos, cultivos ancestrales, plantas o cultivos tradicionales, dependiendo del contexto) han empezado a despertar interés por su potencial para mejorar las dietas y estado nutricional de la población, para la generación de ingresos, para mejorar la resiliencia de los sistemas productivos ante el cambio climático y para promover la diversidad cultural; se reconoce además que la promoción de estas especies puede jugar un papel en el empoderamiento de mujeres y grupos étnicos (Padulosi et al., 2013).

El aporte de la agrobiodiversidad, tomando como base los recursos genéticos, es un potencial para la seguridad alimentaria y nutricional como medio de subsistencia y diversificación alimentaria, que requiere generar conocimiento e innovaciones en varios ámbitos: por ejemplo, en todos los sistemas productivos en el desarrollo de modelos de producción sostenibles (producción limpia, agroecología, etc.)

Una estrategia complementaria a la diversificación de la alimentación es la biofortificación, un proceso que se utiliza para obtener alimentos vegetales enriquecidos en micronutrientes disponibles, a través del fitomejoramiento convencional, la ingeniería genética o la biofortificación agronómica<sup>14</sup> (MSPS, 2015). A nivel mundial, la biofortificación se ha centrado fundamentalmente en cultivos básicos y en el hierro, el zinc y  $\beta$ -carotenos; en el contexto

---

<sup>14</sup> El aumento de los contenidos minerales a través de la fertilización edáfica o foliar.

Latinoamericano los mayores desarrollos se han obtenido en el maíz, el trigo, la batata, el arroz, el fríjol y la yuca.

#### 2.2.4.2 Tendencias tecnológicas

Las tendencias de investigación en seguridad alimentaria abordan temas como sistemas de seguridad alimentaria en pequeños sistemas pecuarios, lineamientos de manejo de virus en el *Codex alimentarius*, prácticas de manejo e inocuidad en diferentes mecanismos de transporte en la cadena de suministros, efectividad de empaques antimicrobianos, análisis de riesgos en la distribución de alimentos al por menor, necesidades y aplicaciones actuales del Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP por sus siglas en inglés), estudios de inocuidad en alimentos mínimamente procesados. Los temas de base son el nivel de acceso a alimentos, procesamiento térmico para incrementar el valor nutricional y estudios microbiológicos de productos en fresco, semielaborados y elaborados. Algunas temáticas emergentes son testeos de microorganismos en comida lista para consumo, identificar adulteración de alimentos, seguridad e inocuidad en productos alimenticios autóctonos y artesanales y parámetros de calidad bioquímicos y tecnologías de determinación.

#### 2.2.5 Agroenergías

Acorde con la FAO (2008), las energías alternativas desde la agricultura o bioenergías, se refiere a todos los tipos de energía derivados de los biocombustibles. Los biocombustibles son combustibles que se derivan de materias de origen biológico, o biomasa. La FAO clasifica los biocombustibles según la procedencia de la biomasa usada para su producción –bosques, agricultura o biomasa urbana– y la situación del producto. Por consiguiente, los biocombustibles comprenden los combustibles leñosos, los agrocombustibles y los subproductos urbanos, y cada uno de estos grupos se divide en formas de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos que pueden usarse para la generación de calor o electricidad

La FAO<sup>15</sup> define agroenergía como: “Energía derivada de determinados cultivos plantados ex profeso, y de subproductos de origen agrícola y ganadero, residuos y desechos”. Un concepto asociado es el de bioenergía, derivada de los biocombustibles siendo estos obtenidos de sistemas de producción agropecuarios.

Los biocombustibles son las principales fuentes agroenergéticas en el mundo, un biocombustible es cualquier tipo de combustible líquido, sólido o gaseoso, proveniente de la biomasa (materia orgánica de origen animal o vegetal). Este término incluye: Bioetanol (o alcohol carburante), Metanol, Biodiesel, Diésel fabricado mediante el proceso químico de Fischer-Tropsh, Combustibles gaseosos, como metano o hidrógeno<sup>16</sup>. Se identifican tres fuentes primarias de biocombustibles provenientes de material crudo de cultivos agroindustriales: azúcares simples, almidón y lignocelulosa. Otras fuentes de obtención son desechos

<sup>15</sup> <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0139s/i0139s08.pdf>

<sup>16</sup> <http://www.minagricultura.gov.co/02componentes/05biocombustible.aspx>

municipales y subproductos agrícolas y forestales (Balat & Balat, 2009); pueden ser tanto: sólidos (paja, leña, astillas, briquetas, carbón vegetal), líquidos (alcoholes, biohidrocarburos, aceites vegetales y ésteres derivados, aceites de pirolisis), como gaseosos (gas de gasógeno, biogás, hidrógeno). (Lede, 2013).

Cabe agregar que para la investigación en temas como los biocombustibles a partir de cultivos energéticos se hace necesario acatar: (1) composición química de la biomasa, (2) prácticas de cultivo, (3) prácticas de uso de la tierra, (4) uso de recursos, (5) balance de energía, (6) emisión gases efecto invernadero, (7) mineralización de aguas y suelos, (8) uso de pesticidas, (9) erosión del suelo, (10) contribución a la biodiversidad, (11) requerimientos hídricos.

### **2.2.5.1 Orientaciones tecnológicas**

En el entorno mundial el enfoque macro está priorizando el diseño de economías basadas en materias primas renovables para la obtención de energía y productos de manera sustentable, donde la incorporación tecnológica debe optimizar las fuentes actuales de producción de biocombustibles y dar prelación a las materias primas que no compiten frente a seguridad alimentaria aumentando su disponibilidad y disminuyendo sus costos de producción.

La concepción de una agroindustria de combustibles soportada por una infraestructura tecnológica (estructura, tecnología en equipos, recurso humano especializada y una cultura enfocada en sostenibilidad) de biorefinerías que integran completamente la producción y conversión de biomasa, para producir combustibles, energía y productos químicos. Utiliza todos los componentes de la biomasa para producción de alimentos, combustibles, productos químicos, materiales, energía y calor maximizando el desarrollo económico sostenible (Ragauskas, y otros, 2006).

Acorde con la FAO, desde el grupo de alto nivel de expertos sobre seguridad alimentaria y nutrición (HLPE, 2013), el crecimiento en la demanda y producción de biocombustibles obedece a las orientaciones de política pública para su promoción y regulación, soportadas en las decisiones de los actores encargados del proceso productivo (desde las unidades productivas, las unidades de transformación y los canales de distribución de estas sustancias) y la demanda de los consumidores determinadas en su mayoría por un conjunto de políticas e incentivos, articuladas con políticas y regulaciones vigentes más amplias, como las políticas agrícolas, energéticas y sobre bioenergía (Pelkmans, Govaerts., & Kessels, 2008).

La promoción de esta megatendencia desde la I+D+i propone una orientación a:

- Mejorar la eficiencia de las tecnologías de producción de biocombustibles.
- Transferencia y adaptación tecnológica a las condiciones propias de cada contexto.
- Análisis del potencial de contribución de las fuentes de obtención de biocombustibles de primera y segunda generación, a la restauración de tierras degradadas, ordenación de cuencas hidrográficas y gestión de la propiedad rural.
- Aceleración de la viabilidad comercial de procesos para la obtención de biocombustibles de tercera generación.

- Fortalecimiento en la investigación en procesos bioquímicos y termoquímicos para combustibles de primera y segunda generación (Ver Figura 5).
- Estudios contextuales de la eficiencia de cultivos energéticos por hectárea en función de la vocación de uso del suelo.
- Aprovechamiento de los residuos o coproductos de la obtención de biocombustibles de primera generación, como sucedáneos de pienso con alto contenido proteico.
- Investigación en materias primas alternas como la jatropha.
- Estudios de eficiencia económica a lo largo de la cadena de valor de los biocombustibles de segunda generación y tercera generación como jatropha, lignocelulósicos y algas.
- Estudios sobre balances medioambientales en la producción de biocombustible, frente a la emisión de gases efecto invernadero que abarquen los distintos procesos, las diferentes combinaciones de materias primas, tecnologías de procesos de conversión y métodos de manipulación de los coproductos.
- Fomentar el desarrollo de plantas a escala comercial para la producción de biocombustibles de segunda generación.

### 2.2.5.2 Tendencias tecnológicas

La investigación en el desarrollo de biocombustibles y de las tecnologías de producción, ha evolucionado de manera conjunta con las generaciones ya descritas con antelación. En el Cuadro 2.3, se sintetizan las tendencias tecnológicas actuales para las generaciones de biocombustibles.

**Cuadro 2.3. Tendencias tecnológicas en biocombustibles**

Generación de biocombustibles	Tecnologías	Factores críticos
Mercado actual primera generación: Etanol, Biodiesel y Biogás <sup>17</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fermentación</li> <li>- Síntesis química</li> <li>- Bioquímica – Fermentación (hidrólisis enzimática)</li> <li>- Transesterificación catalítica de grasas en presencia de alcohol de cadena corta.</li> <li>- Descomposición anaeróbica con microorganismos (biodigestores)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Priorizar aquellas materias primas que minimicen los requerimientos de tierra, agua, aportes externos de agroquímicos, entre otros aspectos</li> <li>- La calidad del biodiesel está directamente relacionada a la composición de la materia prima.</li> </ul>

<sup>17</sup> Bajo desarrollo de tecnologías para producción principalmente relacionadas con: (1) la calidad del biogás a ser utilizado; (2) sistemas de distribución limitados y bajo número de estaciones de abastecimiento y (3) costos elevados de vehículos mixtos en comparación con vehículos que utilizan etanol o biodiesel

Generación de biocombustibles	Tecnologías	Factores críticos
Segunda generación: Biomasa lignocelulósica, residuos agrícolas y agroindustriales, cultivos dedicados (forrajes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vía termoquímica: gasificación y combustión</li> <li>- Los procesos principales de las rutas son: producción de gas de síntesis (“syngas”) por gasificación, bioaceite por pirolisis o licuefacción e hidrólisis de biomasa para la producción de monómeros de azúcar y posterior fermentación a etanol u otros biocombustibles.</li> <li>- Bioaceites por técnicas de hidrodeseoxigenación, zeolitas, reformulación a vapor.</li> <li>- Vía Bioquímica: ácida y enzimática. Hidrólisis enzimática, fermentación de pentosas, uso de levaduras, uso de bacterias termófilas, fermentación en co-cultivo, fermentación secuencial, sacarificación y fermentación simultánea, bioproceso consolidado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se deben tener en cuenta caracterizaciones de la materia prima, en cuanto a: contenido de carbohidratos, estructura y cantidad de lignina, cristalinidad de la celulosa, densidad, tamaño de partícula, contenido de extractivos, contenido de nitrógeno, contenido de azufre, contenido de inorgánicos y poder calorífico.</li> <li>- Uso de catalizadores químicos o biológicos.</li> <li>- Actualmente se encuentra en proceso de industrialización la ruta termoquímica, en plantas piloto o demostrativas.</li> <li>- Para la ruta bioquímica también hay iniciativas piloto, demostrativas y algunas comerciales.</li> </ul>
Tercera generación: microalgas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biotecnología microbiana para producción de biodiesel, a partir de microalgas como Spirulina, Chlorella, dunaniella salina, entre otras.</li> <li>- Fotobioreactores</li> <li>- Sistemas autótrofos y heterotróficos</li> <li>Potencial de uso de rutas bioquímicas y termoquímicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos que viven esencialmente en ambiente líquido, y por tanto habrá técnicas particulares de cultivo, cosecha y procesamiento. La investigación se ha focalizado en la producción y poscosecha de estas.</li> <li>- Iniciativas de investigación a escala banco.</li> </ul>
Interacción y evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada abordaje de conversión, bioquímica o termoquímica, tiene sus ventajas: Conversión bioquímica: alta selectividad y eficiencia de conversión son ventajas.</li> <li>- Conversión termoquímica: robustez de la tecnología y capacidad de aceptar una amplia variedad de materias primas.</li> </ul> <p>(1) ¿Cómo esos procesos pueden ser comparados En relación con los costos y rendimiento, en corto y largo plazo? (2) ¿Cómo esos procesos pueden ser comparados en una perspectiva de impacto ambiental?</p>	

Fuente. Elaborado a partir de información en (Machado, 2010)

Actualmente se ha enfocado a buscar la industrialización de desechos forestales como paja, leña, harina de madera, cáscara de arroz, cáscara de coco, cáscara de cacahuete, agujas de pino, bambú, etc.; principalmente a través de gasificación a través del proceso Fischer-Tropsch para biocombustibles, fermentación selectiva para obtención de biopolímeros, pirolisis para bioaceites y conversión enzimática a etanol. Plantas de producción con líneas en vía termoquímica y bioquímica, integradas a biorefinerías<sup>18</sup>. Tecnologías para obtención de biodiesel a partir de aceites usados a través de enzimas<sup>19</sup>.

<sup>18</sup>[http://www.tifac.org.in/index.php?option=com\\_content&view=article&id=775:biofuels%C2%ADtechnology%C2%ADtrends%C2%ADa%C2%ADopportunities&catid=120:publication%C2%ADbioprocess%C2%ADa%C2%ADbio%E2%80%A66/6](http://www.tifac.org.in/index.php?option=com_content&view=article&id=775:biofuels%C2%ADtechnology%C2%ADtrends%C2%ADa%C2%ADopportunities&catid=120:publication%C2%ADbioprocess%C2%ADa%C2%ADbio%E2%80%A66/6)

<sup>19</sup> <http://novozymes.com/en/news/news-archive/Pages/New-enzyme-technology-converts-waste-oil-into-biodiesel.aspx>

Una de las corrientes de investigación es la identificación de fuentes potenciales para la obtención de biocombustibles a partir del contenido de carbohidratos como fuente primaria. Focalización en cultivos promisorios como *Jatropha Curcas L*, para la explotación del aceite de su semilla en la producción de biodiesel a través de extracción por fluidos supercríticos, evaluaciones de cultivo en función de potencial de biomasa, digestión anaeróbica, análisis socioeconómicos de oportunidades del cultivo en países en desarrollo, estudios de combustión de biodiesel derivado del aceite de *Jatropha*, análisis de impacto ambiental entre otros. En sorgo dulce (*Sorghum bicolor L moench*), se realizan investigaciones enfocadas a tecnologías de procesamiento, mejoramiento genético para incrementar los contenidos de azúcar, manejo agronómico del cultivo, rendimiento y estabilidad del cultivo en relación con la biomasa generada, mapeo de genes, etc.

### 2.2.6 Directrices en megatendencias

A continuación (Cuadros 2.4 a 2.9), se detallan las principales directrices en megatendencias consideradas para validar con distintos actores, expertos en los temas específicos y representantes de la institucionalidad sectorial.

#### 2.2.6.1 Directrices TIC

**Cuadro 2.4. Directrices TIC como soporte a la I+D+i sectorial.**

Directriz	Eje temático
Aumentar y mejorar la infraestructura y conectividad de internet en el país, llegando no solo a las cabeceras municipales sino hasta las veredas, con un costo subsidiado al campesino, canalizando los recursos públicos (regalías, dineros municipales y departamentales), e inversión privada (fondo telecomunicaciones) para su implementación	Capacidades (RH-Infraestructura)
Aumentar los niveles de educación del adulto en el campo, por medio del desarrollo de un esquema de formación semipresencial y desescolarizado, con una metodología de alfabetización digital, lo que facilitaría la cobertura al permitir llegar a todas las zonas del país.	Capacidades (RH-Infraestructura)
Desarrollar un esquema de capacitación a docentes rurales, que responda a las necesidades de formación en el campo colombiano, en los que se incluyan metodologías de enseñanza de aprender haciendo, integración de TIC (radio, internet, computadores),	Capacidades (RH-Infraestructura)
Mejorar la oferta de formación terciaria en las zonas rurales, con programas que se ajusten a las necesidades del campo colombiano, con una política de vinculación del personal formado al campo, aumentando la cantidad de personas jóvenes en el campo	Capacidades (RH-Infraestructura)
Evaluar las herramientas en TI actuales, que gestionen información pertinente para los procesos de tomas de decisiones estratégicas, caracterizar su estado actual y diseñar planes de mejora en el corto plazo para dar soporte a las entidades territoriales en términos de cobertura e infraestructura.	I+D+i
Desarrollar soluciones TIC que se ajusten a la creciente cobertura móvil en términos de acceso a internet, así como la cobertura móvil (equipos) hacia el diseño de aplicaciones para captura, procesamiento y envío de información bidireccional en las unidades productivas.	I+D+i
Diseño e integración de soluciones tecnológicas en software para la gestión de mercados agrícolas a nivel interno, para cadenas productivas priorizadas a través de estrategias de <i>e-marketing</i> , <i>e-commerce</i> , <i>e-business</i> , trazabilidad de productos y cadenas de suministro inteligentes que integren operadores logísticos regulados y acompañamiento gubernamental.	I+D+i
Diseñar convocatorias para el desarrollo de soluciones a las demandas de la agenda única nacional que involucren empresas desarrolladoras, grupos de investigación en áreas específicas del agro, grupos de investigación en áreas TIC y beneficiarios directos. Estrategias de co-creación con el usuario.	I+D+i

Directriz	Eje temático
Fortalecer las líneas estratégicas de investigación , especializadas en temáticas transversales como seguridad alimentaria a través de sistemas de trazabilidad en la cadena de suministros agroalimentaria, sistemas de información especializados en genómica (bioinformática) y sostenibilidad ambiental (climatología y riesgo climático agropecuario) y promoción de servicios especializados en bioinformática a través de redes de cooperación entre grupos de investigación, desde el fortalecimiento de la estructura investigativa.	I+D+i
Priorizar como línea temática de investigación para convocatorias de proyectos e iniciativas de desarrollo tecnológico, la agricultura de precisión o agricultura específica por sitio como herramienta clave para mejorar los indicadores de uso del suelo, así como la incidencia en los niveles de productividad en las cadenas productivas nacionales.	I+D+i
Consolidar la oferta de información estratégica sectorial desde la institucionalidad adscrita y vinculada, para la priorización requerimientos de las diferentes entidades y actores del SNCTA.	Gobernanza e Institucionalidad
Diseñar el catálogo de oferta de información estratégica sectorial bajo el marco normativo de la política de datos abiertos.	Gobernanza e Institucionalidad
Promover a través de los dominios normativos del marco de referencia de arquitectura empresarial para la gestión de TI, la generación del ciclo de desarrollo sectorial de TI para la consolidación de la oferta priorizada de información.	Gobernanza e Institucionalidad
Promoción y consolidación del acceso y difusión (flujo bidireccional) de información de calidad para la toma de decisiones a través de TI en monitoreo y validación de datos en campo bajo un sistema satelital sectorial y sistemas de soporte a las decisiones.	Gobernanza e Institucionalidad
Diseñar un ambiente legal para la confidencialidad e interoperabilidad unificado, que garantice la disponibilidad, acceso y uso de información interinstitucional a nivel público y privado.	Gobernanza e Institucionalidad
Articulación de las necesidades de información en CTi, mercados, del sector público, del sector privado bajo un esquema operativo-estratégico empresa-universidad-estado que permita la generación de información faltante.	Gobernanza e Institucionalidad
Consolidación de la cadena de valor TIC-AGRO para su integración con la estructura organizacional de cadenas productivas a través del modelo arcoíris TIC, respondiendo a la demanda interna y externa.	Gobernanza e Institucionalidad
Caracterizar al usuario en función de sus necesidades desde el punto de vista de las TIC a partir del contexto territorial y sectorial para determinar la demanda y el impacto (analfabetismo tecnológico).	Transferencia de Tecnología y AT
Desarrollar y hacer operativa la línea estratégica de soluciones <i>bigdata</i> y <i>cloud computing</i> para temas específicos con relación a los sistemas productivos de los productores en agrobiodiversidad, cambio climático, recolección de datos de cultivos en tiempo real, almacenamiento de información genética vegetal y animal (bioinformática).	Transferencia de Tecnología y AT
Incluir el enfoque de e-agricultura en los mecanismos de transferencia de tecnología como herramienta complementaria a la articulación del modelo arco iris	Transferencia de Tecnología y AT
Investigar y adaptar infraestructura tecnología para el registro, monitoreo y transmisión de datos in situ en unidades productivas de los productores	Transferencia de Tecnología y AT
Establecer un programa de Vigilancia Tecnológica con enfoque de innovación abierta con relación a las TIC en el contexto territorial y sectorial que permita contar con soluciones que respondan a las demandas de los productores	Transferencia de Tecnología y AT
Generar una política para fomentar espacios de interacción en red y trabajo colaborativo entre investigadores y actores del SNCTA en torno a la perspectiva de I+D+i en el agro	Transferencia de Tecnología y AT
Consolidación de una plataforma de precios que beneficie a los pequeños productores, administrada por el sector público cuyos datos suministrados al usuario estén basados en estudios de mercado y de impacto social con participación del sector bancario y que presente un análisis regionalizado a través de los diferentes sistemas de georreferenciación.	Gestión de Mercados y Financiación

Directriz	Eje temático
Promover la educación virtual, capacitación y consulta permanente en temas de formulación de proyectos para el campesino con una herramienta enfocada hacia la web, que esté articulada con los programas de instituciones como el SENA e instituciones de educación superior del sector, con libros virtuales ( <i>e-books</i> ), escuelas de formación agropecuaria.	Gestión de Mercados y Financiación
Generar una escuela virtual de agronegocios desde las asociaciones, secretarías, universidades y demás instituciones del sector a través de herramientas tecnológicas de masificación que incluya kioscos ubicados geográficamente con apoyo de herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) con datos actualizados para garantizar cobertura mucho más amplia de la que se presenta en la actualidad y con una característica especial de vigilancia permanente por parte de personal designado por el estado y que en gran medida sean personas reinsertadas y que demuestren interés por el tema (internet rural).	Gestión de Mercados y Financiación

Fuente: Construcción propia.

### 2.2.6.2 Directrices biotecnología y biodiversidad

#### Gobernanza e institucionalidad

- Diseño e implementación de acciones para la protección del conocimiento tradicional que incorpore el relacionado con la agrobiodiversidad y la alimentación tradicional, a través de la promoción de canales de comercialización y seguridad alimentaria y bienestar para los productos provenientes de la misma
- Integrarse al proyecto Colombia BIO e iniciativas similares que sean proyectos de interés nacional estratégico (PINE) para la orientación de sistemas productivos basados en biodiversidad que contemplen factores como seguridad alimentaria, cambio climático, generación de ingresos, provisión de servicios ambientales y recuperación de tierras degradadas a través de biotecnología y otros elementos como la seguridad alimentaria, como herramientas clave.
- Integrar o incorporar en el plan de acción de la política de biodiversidad las directrices para la obtención de productos a partir de recursos de la biodiversidad.
- Integrar las distintas estrategias propuestas por los entes privados y públicos en materia de I+D+i a partir de la biodiversidad para evitar la duplicación de esfuerzos y fortalecer las alianzas estratégicas.
- Creación de la RED Nacional e Internacional de Investigación en agrobioprospección (REDIAB) con el fin de compartir la información, metodologías, infraestructura y demás recursos indispensables para el desarrollo de investigaciones biotecnológicas interinstitucionales teniendo como base principios y políticas de reciprocidad, libertad, convicción, confianza y respeto por la propiedad intelectual de sus miembros.
- Fortalecer la relación existente entre las instituciones de investigación y la academia, con la industria y entidades gubernamentales en Colombia para que se maximice la utilización de los recursos en infraestructura física (v.g. equipos de investigación costosos) y provean una experiencia más amplia y socialmente más relevante (v.g. estudiantes que buscan estudios avanzados a nivel de posgrado), como posible marco de referencia sobre el cual Colombia podría construir su infraestructura de bioprospección.
- Uso sostenible de los recursos genéticos, biológicos y sus productos derivados a través de la biotecnología y la bioprospección, involucrando conocimiento tradicional y aspectos de protección de propiedad intelectual, entre otros.

### **Investigación, desarrollo e innovación**

- Realización de investigaciones en bioprospección sobre especies promisorias para el desarrollo de cadenas productivas y sistemas productivos con enfoque territorial a través de clústeres tecnológicos o alianzas entre agentes del conocimiento- empresa-estado.
- Desarrollo de investigación e innovación en manejo poscosecha y transformación con énfasis en calidad e inocuidad para ampliar las posibilidades de mercado interno y externo a través de alianzas público-privadas.
- Desarrollo de variedades (hortalizas, raíces, tubérculos y frutales) a través de mejoramiento genético específico en contenido nutricional, percepción organoléptica, resistencia a plagas, enfermedades, estrés abiótico, que sean competitivos en mercados diferenciados.
- Fortalecimiento de las líneas de investigación en inocuidad en sistemas productivos agrícolas, pecuarios y forestales para una producción limpia.
- Diseño y fortalecimiento de líneas de investigación para la producción y optimización sostenible de biocombustibles de segunda y tercera generación a partir del aprovechamiento de la biodiversidad agrícola.
- Mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares y desarrollo de estrategias de incremento poblacional de especies pecuarias de importancia económica adaptadas a condiciones eco-climáticas.
- Fortalecimiento de la investigación en el desarrollo de bioinsumos con énfasis en pequeños productores por medio de herramientas moleculares y biotecnológicas de última generación.
- Fortalecimiento de los bancos de germoplasma de animales, plantas y microorganismos de interés agropecuario a través de la conservación, caracterización y promoción de uso.
- Promoción de estrategias de producción agrícola y pecuaria que maximicen el rendimiento y reduzcan el impacto ambiental.

### **Transferencia de tecnología y asistencia técnica**

- Promover y fortalecer procesos de transferencia de tecnología a partir de lo que implica el desarrollo de la biotecnología para su efectiva aplicación en el mercado, considerando diferentes campos del conocimiento, propiedad intelectual (protección, valoración y negociación de la tecnología), esquemas de vigilancia de la frontera tecnológica, articulación de actores y mecanismos de gestión de la innovación.
- Diseñar estrategias y mecanismos para incorporar el conocimiento tradicional y práctico de las comunidades rurales, para el eventual desarrollo de soluciones biobasadas con aplicación en el sector agrícola y pecuario a través de un adecuado enfoque y mecanismos de transferencia de tecnología.
- Diseñar mecanismos para la transferencia de *know-how* e implementar mejores prácticas en agricultura, que involucren el desarrollo de capacidades de todos los miembros del SNCTA a lo largo de la cadena de agregación de valor.
- Garantizar la articulación entre la política pública y los procesos de investigación y transferencia de tecnología para asegurar su pertinencia a través de acciones consensuadas

- Promover que las instituciones encargadas del desarrollo de productos basados en biotecnología cuenten con los mecanismos para hacer efectivos los procesos de transferencia de tecnología a los diferentes actores del sistema.

### Capacidades (recurso humano-infraestructura)

- Fortalecimiento de la capacidad investigativa nacional a través de convocatorias e alto nivel, en áreas prioritarias a la biotecnología agropecuaria.
- Levantamiento de una línea de base de la capacidad nacional para el desarrollo de investigación en las principales instituciones del país.
- Conformación de una red nacional de laboratorios, que permita conocer la oferta de servicio de las instituciones de investigación en biotecnología del país, con el fin de facilitar las actividades de investigación.
- Fortalecimiento de la capacidad de técnicos y tecnólogos mediante el ajuste de los programas de formación de acuerdo a las necesidades del sector.
- Incorporación efectiva de la biotecnología y la biodiversidad a los programas de formación afines al sector agroindustrial, mediante el diseño de líneas de investigación o profundización en los programas académicos.

### Gestión de mercados y finanzas

- Desarrollo de casos de negocio enfocados a productos de base biotecnológica que permitan generar soluciones de impacto a las demandas del sector agrícola Estudios conjuntos de oferta y demanda en biosoluciones.
- Fortalecer el marco regulatorio bajo una orientación de incentivos que promuevan el mercado de productos biotecnológicos para el sector agropecuario.
- Diseño, desarrollo e implementación de un portafolio de instrumentos de fomento, financiación e inversión para la promoción de negocios biotecnológicos a lo largo de la cadena de valor.
- "Promoción y atracción de diferentes fuentes de inversión en negocios biotecnológicos del sector agro a través de características diferenciadoras como país.
- Integración de un capítulo especial de biotecnología para el sector agropecuario en las plataformas tecnológicas actuales y en desarrollo para el desarrollo de negocios.

#### 2.2.6.3 Directrices sostenibilidad ambiental, cambio climático y variabilidad climática

**Enfoque macro:** promover el desarrollo sostenible de los agroecosistemas a escala territorial con base en la coordinación interinstitucional (pública y privada) y la gestión del conocimiento, ambiental y social, incluyendo el conocimiento y los saberes de las comunidades nativas y los agricultores sobre riesgos y adaptación a la variabilidad climática (ver Cuadro 2.5).

**Cuadro 2.5 Directrices en sostenibilidad ambiental, variabilidad y cambio climático**

N	Directrices
1	Contribuir a la zonificación integral de los riesgos y oportunidades agroclimáticas del país a través del trabajo y coordinación interinstitucional para el uso de información específica sobre función ecológica del territorio, la oferta ambiental, biofísica y socioeconómica, paisajes funcionales, etc.,

N	Directrices
2	Coordinar acciones interinstitucionales entre los actores del SNCTA y el SINA, para una adecuada toma de decisiones y formulación de políticas en el territorio con relación a la sostenibilidad ambiental, variabilidad y cambio climático.
3	Generar y articular conocimiento propio, información, metodologías, saberes ancestrales y una línea de base de medición, seguimiento y evaluación de impacto, acorde con las condiciones regionales de clima, suelo, agua, cultura y biodiversidad del territorio en nuestra condición de país intertropical-ecuatorial.
4	Identificar, generar y evaluar alternativas para el uso de la biodiversidad territorial con capacidad de adaptación a variabilidad climática, que puedan vincularse a programas de seguridad alimentaria y mercados agroalimentarios con productos de valor agregado.
5	Identificar las necesidades de CTi de acuerdo a la heterogeneidad territorial en el marco de la variabilidad y cambio climático.
6	Gestión del riesgo integral para la adaptación y reducción de los efectos adversos de la variabilidad climática en los territorios (gobernanza ambiental local), a partir de la corresponsabilidad en la planificación, uso, manejo, conservación y monitoreo de la base de recursos naturales y su funcionalidad.
7	Educar y formar competencias ciudadanas y construir liderazgo para la gestión ambiental a escala territorial.
8	Generar alternativas para la reducción del desplazamiento y la movilidad humana, mediante la protección, restauración y recuperación funcional de ecosistemas, promoción del desarrollo regional y la recuperación de los potenciales productivos de los sistemas agropecuarios con enfoque sostenible.
9	Formular planes de adaptación y mitigación al cambio climático para las cadenas y los sistemas productivos priorizados a partir de la incorporación de sistemas de alertas agroclimáticas tempranas (SAAT).
10	Diseño e implementación del Sistema de Alertas Agroclimáticas Tempranas (SAAT).
11	Promover el conocimiento, conservación y uso sostenible de los servicios eco sistémicos como mecanismo para mitigar los efectos en la emisión de gases contaminantes (efecto invernadero, entre otros).

#### 2.2.6.4 Directrices seguridad alimentaria

**Cuadro 2.6 Directrices en seguridad alimentaria**

Directrices	
Disponibilidad de alimentos	Incrementar la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria, fomentando prácticas de manejo agroecológico, la asociatividad, la producción organizada y planeada con el objetivo de minimizar las pérdidas, fomentar el autoconsumo y garantizar canales de mercadeo para los excedentes de producción.
	Diversificar los sistemas productivos con especies autóctonas o variedades mejoradas con mayores contenidos de micronutrientes adaptados a las condiciones ambientales, con características que contribuyen a incrementar la sostenibilidad de los sistemas de producción (adaptación a las condiciones ambientales locales, tolerancia a sequía, salinidad, acidez y temperaturas extremas, resistentes a plagas y/o resistentes o tolerantes a enfermedades).
	Fomentar el desarrollo de un sistema de garantías o instrumento de política vinculante que garantice la compra y distribución de los alimentos producidos en sistemas de producción diversificados con especies autóctonas o variedades mejoradas con mayores contenidos de micronutrientes.
	Promover el rescate de las especies y variedades subutilizadas y olvidadas, considerando aspectos como la conservación de sus áreas de distribución, conservación in situ y ex situ, usos tradicionales, propagación -diseño de esquemas de disponibilidad y acceso a semilla de calidad o plántulas-, cosecha sostenible y/o prácticas de manejo de cultivo, fomento del consumo y creación de canales de comercialización y distribución
	Fortalecer la cría de especies menores de animales domésticos y zootecnia, a través de la evaluación de las diferentes especies y razas por sus características productivas, aporte nutricional y potencial económico

Directrices	
	y adaptabilidad en diferentes condiciones agroecológicas y socioculturales, para integrar las especies menores en sistemas mixtos de producción.
	Evaluar la oferta de recurso forrajero de alta productividad adaptado a las diferentes ecorregiones colombianas y evaluar sistemas alternativos para la alimentación de especies menores
	Desarrollar tecnologías apropiadas para aumentar la productividad y eficiencia en sistemas de agricultura a pequeña y gran escala (p.ej. para el uso eficiente de recurso hídrico, uso y adaptación de infraestructuras y tecnologías en sistemas de riego, manejo de la fertilidad del suelo y recuperación de suelos degradados)
	Promover las buenas prácticas agrícolas y ganaderas, la sustitución de insumos químicos contaminantes, uso eficiente de los recursos naturales, la conectividad y la conservación de áreas de importancia para la preservación de servicios ecosistémicos en sistemas de producción a pequeña y gran escala
	Promover procesos de reconversión productiva, restauración ecológica, recuperación y rehabilitación de suelos degradados con el fin de garantizar la seguridad alimentaria de las poblaciones que habitan en estas áreas
	Fomentar la investigación para garantizar la provisión de agua con estándares de calidad aptos para consumo humano y para la producción agropecuaria. Adelantar acciones de descontaminación, recuperación y conservación de fuentes hídricas. Fomentar la infiltración de agua, la cosecha de agua y el uso eficiente del agua en los sistemas de riego
	Fortalecer la gestión de la asistencia técnica y las capacidades para pequeños y grandes productores, con el fin de optimizar sus sistemas productivos y mantener sus medios de vida, para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional
	Investigar y desarrollar esquemas para el fortalecimiento de la asociatividad de las organizaciones de pequeños productores y sus capacidades en gestión empresarial. Fomento de alianzas con otros productores, comercializadores y el Estado con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población vulnerable
	Ordenamiento del territorio con el objetivo de delimitar las zonas de producción agroecológica y las zonas provisión de servicios ecosistémicos que proveen seguridad alimentaria (plantas, animales, hongos y microorganismos). Valoración integral de la importancia de los servicios ecosistémicos de provisión en la SAN. Fomentar proyectos de zonificación agroecológica, que garanticen la producción sostenible y la preservación de los medios de vida de las comunidades rurales, las minorías étnicas y la población en general
	Delimitar y proponer zonas de reserva agrícola y distritos de manejo integrado de suelos y otras figuras de priorización de uso del suelo agropecuario con el fin de garantizar la seguridad alimentaria y nutricional
	Fortalecer e implementar las políticas sustentables de producción, distribución y consumo de alimentos, con base en la pequeña y mediana producción acordes con las prácticas productivas tradicionales de las comunidades participantes, por medio de la implementación de proyectos de soberanía alimentaria
	Fomentar la realización de estudios de demografía, dinámica poblacional y tasas de cosecha para especies de peces y otros recursos hidrobiológicos de importancia en la seguridad alimentaria en el territorio colombiano
	Planificación y ordenamiento de las zonas aptas para la acuicultura
	Evaluación de impacto de la acuicultura sobre las comunidades nativas de peces
	Promover la agricultura urbana y periurbana como estrategia complementaria de seguridad alimentaria
Calidad e inocuidad	Realizar investigación basada en las propuestas de priorización en biofortificación (que tengan en cuenta los índices de producción, consumo y deficiencia de micronutrientes y agrobiodiversidad) complementado con estrategias adecuadas de transferencia y adopción de tecnología y evaluación de impacto. (Fusión 1 y 2)
	Realizar procesos de I+D+i y desarrollar mecanismos para la transferencia, adopción, fomento, incentivo y control a la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas y Pecuarias, manejo de prácticas de producción limpia y producción ecológica (p.ej. estudios de dosificación para la fertilización y aplicación de plaguicidas químicos para promover un uso racional de agroquímicos; evaluación de fuentes alternativas como Biofertilizantes e identificación de alternativas de control biológico, químico, cultural; construcción de línea base y desarrollo de estrategias de reducción de la contaminación por microorganismos

Directrices		
	patógenos en la producción primaria, entre otras), buenas prácticas de beneficio y buenas prácticas de manufactura y de HACCP	
	Fortalecimiento de infraestructura y capacidades (p.e laboratorios de referencia) para el desarrollo y validación de las tecnologías utilizadas en inspección, vigilancia y control	
	Implementación de sistemas de trazabilidad estandarizados, para la gestión de información a lo largo de las cadenas productivas agroalimentarias complementados con estudios de exposición humana y animal a contaminantes físicos, químicos y biológicos	
	Realizar procesos de I+D+i y desarrollar mecanismos para la transferencia de tecnologías en manejo poscosecha, transformación de productos y fortificación para su consumo en fresco o procesado que preserven sus valores nutricionales y garanticen su inocuidad. (p.ej. diseño de empaques para reducir riesgos que demeriten la calidad e inocuidad de los productos, productos con ingredientes nativos, productos funcionales, nutraceuticos, productos ofertados cumpliendo con estándares de calidad, entre otros)	
	En el marco de la política de seguridad alimentaria se debe dar especial énfasis en las medidas adecuadas y la institucionalidad que garanticen la calidad e inocuidad en el suministro de alimentos	
	Identificar las demandas específicas de las autoridades sanitarias para formular una agenda de I+Di en materia de sanidad, salud pública e inocuidad	
	Generar investigación sobre hábitos y tendencias alimenticios que sirvan de insumo para la orientación de las actividades de I+D+i y el desarrollo e implementación de estrategias de educación nutricional y sanitaria	
	Consumo	Desarrollar para los pequeños productores, estudios de tendencias del mercado y preferencias del consumidor, estrategias productivas, herramientas de promoción y políticas para satisfacer la demanda de nichos especializados
		Promoción de esquemas educativos a nivel territorial en temas de salud pública, seguridad alimentaria y nutricional y culturas de consumo, con enfoque regional, de género y biocultural
		Promover esquemas para la diversificación de las dietas con enfoque regional, de género y biocultural, a través de procesos de I+D+i en huertas familiares y escolares y en agricultura urbana y periurbana
Fortalecer sistemas productivos locales que rescaten los saberes ancestrales en torno a la alimentación, para mejorar el consumo de alimentos y la nutrición entre los pequeños productores, a través del aprovechamiento de productos autóctonos y agricultura familiar		
Promover el uso de la bioprospección enfocada en nutrición y fomento del uso sostenible de alimentos no cultivados de alto valor nutricional (productos forestales no maderables), y optimización del uso de subproductos alimenticios (semillas, pulpas, cascaras, etc.)		
Monitoreo, evaluación y seguimiento de las estrategias para combatir la deficiencia de nutrientes, basadas en la diversificación de la alimentación y/o consumo de alimentos biofortificados		
Promover hábitos alimentarios y estilos de vida saludables, que contribuyan a reducir la morbilidad y la mortalidad asociadas a hábitos alimentarios inadecuados y proteja la salud de la población colombiana		
Temáticas transversales	Evaluar y reducir el impacto negativo sobre la seguridad alimentaria y nutricional en relación con los conflictos en el uso del suelo	
	Generar procesos de investigación, transferencia y adopción de tecnologías con un enfoque de nueva ruralidad	
	Articular y robustecer los sistemas de información agrícola y pecuaria a nivel nacional y local, que proporcionen insumos para la gestión y toma de decisiones en seguridad alimentaria y nutricional	
	Evaluación sistemática de la efectividad del diseño institucional para garantizar la producción sostenible, disponibilidad y calidad alimentaria y nutricional	
	Alternativas de solución a los problemas de generación de valor de los encadenamientos productivos que optimicen la distribución y comercialización de los productos agropecuarios y agroindustriales con calidad e inocuidad	
	Armonizar y estandarizar los programas de gestión del riesgo, tendientes a disminuir la vulnerabilidad en la producción agropecuaria ante escenarios de variabilidad y cambio climático	
	Construcción colectiva e intersectorial de política pública de agrobiodiversidad	

### 2.2.6.5 Directrices agroenergías

**Cuadro 2.7 Eje temático 1: Materias primas**

Directriz	
1	Planificación regionalizada de la matriz energética a partir de la diversificación de alternativas de materias primas y promoción para su uso
2	Conservar la biodiversidad ligada al desarrollo de materias primas para la generación de biocombustibles, a través de la investigación, transferencia e implementación de buenas prácticas tendientes a la sostenibilidad ambiental (rondas hídricas, cuerpos de agua, relictos de bosques, corredores ecológicos)
3	Focalizar la investigación en la generación de variedades vegetales especializadas para la producción de biocombustibles de acuerdo a la demanda del mercado y la oferta ambiental
4	Priorización de materias primas con potencial en el país bajo criterios de disponibilidad, concentración de la producción, calidad y rentabilidad a partir del potencial energético validado de las materias primas
5	Identificación y selección de modelos productivos integrados para la producción sostenible de biomasa-bioenergía y los mecanismos para mejorar su productividad en zonas no interconectadas del país
6	Expansión de la frontera e Intensificación de producción de materias primas para la producción de biocombustibles, con medidas de ordenamiento territorial y uso eficiente del suelo que contemplen a todos los actores sociales, criterios de sostenibilidad ambiental y seguridad alimentaria de acuerdo a la demanda real y las alternativas de producción energéticas del país

**Cuadro 2.8 Eje temático 2: Productos**

Directriz	
1	Desarrollar, transferir y/o adaptar tecnologías para la diversificación en la producción de biocombustibles. Evaluando el mercado, viabilidad técnico-financiera
2	Enfoque de investigación en biocombustibles avanzados a partir del Mercado, productos con potencial, viabilidad técnica y económica, materias primas disponibles y opciones tecnológicas.
3	Orientar el diseño de biorefinerías a nivel planta piloto para biocombustibles de segunda y tercera generación, haciendo una revisión del estado actual de las industrias
4	Implementar estudios de megatendencias en consumo de productos derivados del sector
5	Orientación investigación a productos agroindustriales con el fin de analizar el uso de todos los subproductos derivados, unido a la identificación de oportunidades en el mercado

**Eje temático 3: Procesos de transformación**

Directriz	
1	Desarrollar estudios de la oferta y demanda territorial (local, regional y nacional) de insumos, servicios y capacidad instalada (infraestructura, recursos humanos, vocación cultural, etc.), para los procesos de transformación en la obtención de biocombustibles y bioenergías.
2	Definición de un programa de I+D+i orientado a reducir los costos de producción de los biocombustibles, a través de mecanismos de eficiencia de procesos a lo largo de la cadena de valor.
3	Establecer programas de I+D+i a mediano plazo en procesos para obtención de bioenergías potenciales a partir de tecnologías enfocadas a: <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) procesos de desarrollo de biocombustibles líquidos, a través de procesos bioquímicos, termoquímicos, fisicoquímicos y procesos de síntesis Fischer-Tropsch.</li> <li>(2) pretratamientos y fraccionamientos físicos, químicos y biológicos para descomponer la estructura lignocelulósica de materias primas para biocombustibles de segunda generación</li> <li>(3) Evaluación de la factibilidad de coprocesamiento de materias primas de biocombustibles, con combustibles fósiles en refinerías de petróleo para integrarlos a procesos como el de hidrotratamiento.</li> </ol>
4	Fomentar estudios de investigación de frontera en: <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) integración de procesos y la conversión química de azúcares y derivados a hidrocarburos.</li> <li>(2) Evaluación y optimización de procesos químicos para la obtención de biocombustibles avanzados y productos de mayor valor agregado.</li> <li>(3) Biocombustibles de tercera generación y biorefinerías.</li> </ol>

42

5	Desarrollar investigaciones en eficiencia energética y costos ambientales en la producción de biocombustibles aplicadas al desarrollo de nuevos procesos de transformación y procesos existentes.
6	Desarrollo de mecanismos de transferencia de conocimiento y financiamiento para para la producción de biocombustibles, en plantas de dimensión reducida accesibles a productores agropecuarios y otras empresas Pymes, como alternativa para generar una actividad económica y empleo incluyente en el país (proyectos de última milla).

**Cuadro 2.9 Eje temático 4: Transversales**

Directriz	
1	Fortalecer capacidades institucionales nacionales para la incorporación de la gestión de agroenergías dentro de la política nacional energética (el concepto de agroenergías se debe entender como las formas de energía provenientes de la producción agropecuaria sin circunscribirse solo a biocombustibles).
2	Actualizar el Conpes 3510/2008 teniendo en cuenta la demanda del mercado y su viabilidad comercial y financiera, dentro del contexto económico y social del país, fomentando las agroenergías.
3	Desarrollar un sistema de transferencia tecnológica para el sector de los biocombustibles y otras agroenergías, tomando en consideración conceptos de mejores tecnologías disponibles (Best Available Technologies - BAT) y de mejores prácticas ambientales (Best Environmental Practices - BEP).
4	Crear un fondo de capital para apoyo a la investigación, validación y adaptación en biocombustibles y otras agroenergías, consolidación de centros, grupos y redes de investigación y formación de recurso humano a todo nivel.
5	Implementar instrumentos de política que fomenten el desarrollo y uso de las agroenergías diferentes a los biocombustibles y armonizarla con instrumentos de política relacionados (Política Nacional de SAN, Política Nacional de Ordenamiento Territorial y Uso del Suelo, Política Nacional de Producción y consumo Sostenible, Política Nacional Energética, Política Nacional Ambiental, Política Nacional Agrícola) e instrumentos sectoriales de planificación.
6	Garantizar el desempeño sostenible en la producción de agroenergías mediante la incorporación de adecuadas variables ambientales, sociales y económicas.
7	Desarrollar investigaciones sobre el impacto social, ambiental y económico de la cadena de biocombustibles y otras agroenergías
8	Incrementar el porcentaje de participación de los biocombustibles y otras agroenergías, en la matriz energética nacional en relación con el promedio de la región.

### 3 Organizaciones del SNCTA<sup>20</sup>

Para lograr un cambio de rumbo en las tendencias en materia de innovación y crecimiento de la productividad y la competitividad, es fundamental partir de un adecuado entendimiento de las instituciones que gobiernan el comportamiento de los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTi), del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCi) y del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial (SNCTA).

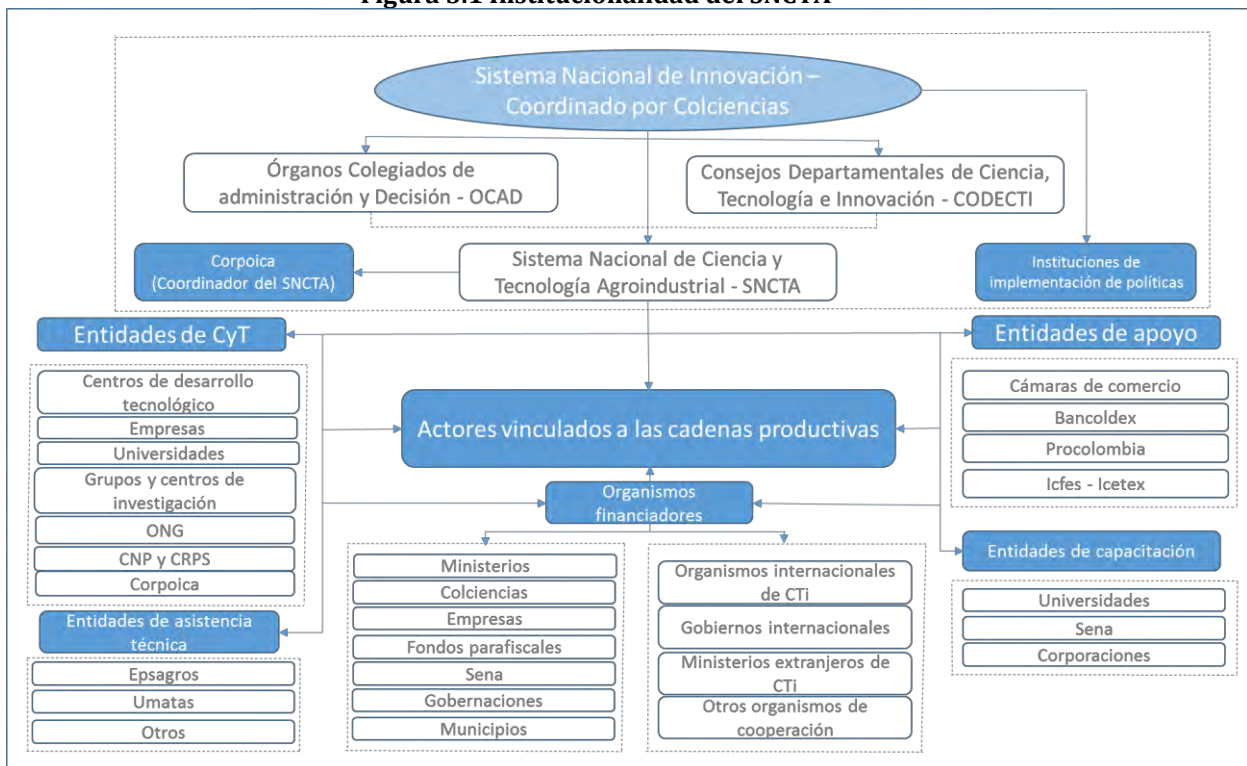
#### 3.1 Los sistemas y la institucionalidad

La Ley 607 crea desde el 2000 el SNCTA con el fin de aportar al sector agroindustrial conocimiento, métodos, tecnologías y productos tecnológicos necesarios para su desempeño frente a los requerimientos nacionales y del entorno internacional. La Ley 1253 de 2008 regula

<sup>20</sup> **Angélica María Ramírez Beltrán**, I. Agroind., MBA, Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: amramirez@corpoica.org.co; **Angélica María Londoño Triana**, Econo., MSc., Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: amlondono@corpoica.org.co.

la productividad y la competitividad del país junto con el Decreto 1500 de 2012 que organiza el funcionamiento del SNCi. La Ley 1286 de 2009 crea el SNCTi y dispone que Colciencias sea su rector, encargado de “formular, orientar, dirigir, coordinar, ejecutar e implementar la política de Estado en la materia” y crea los Consejos de los Programas de CTi, entre ellos el agropecuario, y los Consejos Asesor y Departamentales para articular el Sistema (Figura 3.1).

**Figura 3.1 Institucionalidad del SNCTA**



Fuente: Observatorio del SNCTA, 2013 en Corpoica, Observatorio SNCTA (2014).

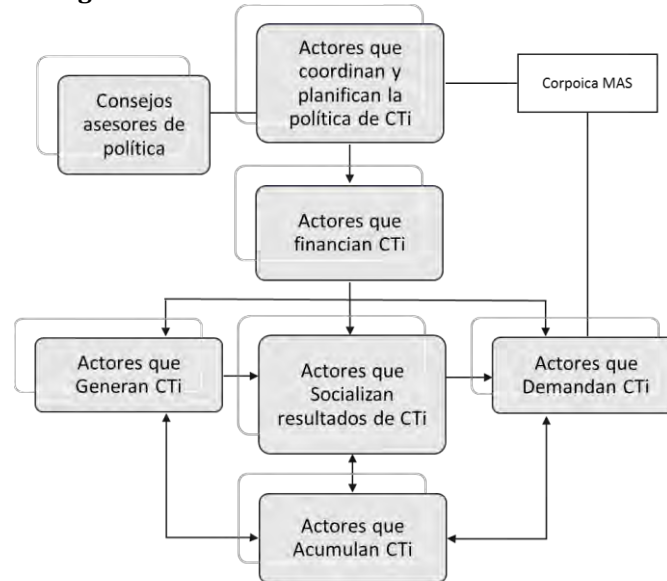
Por su parte, la Ley 1753 de 2015 integra el SNCTi con el SNCi en el Sistema de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación, en proceso de ser reglamentado y dónde las Comisiones Regionales de Competitividad ajustadas sean el único interlocutor con el Gobierno Nacional (Artículo 186).

Adicionalmente, existen disposiciones que dan vigencia a la institucionalidad de la CTi sectorial que deben tenerse en cuenta. En materia financiera, Colciencias vía el Fondo Francisco José de

Caldas y actuando como Secretaría Técnica del Fondo de CTi del Sistema General de Regalías, provee recursos para la CTi Agropecuaria.

En la actualidad, el SNCTi coordinado por Colciencias, cuenta con las instituciones sectoriales que desarrollan ciencia y tecnología para la agricultura y la agroindustria, las que dan asistencia técnica, las que financian actividades de CTi, entidades de apoyo y entidades de educación y capacitación. Desde una perspectiva de la gestión del conocimiento y de la política de innovación, se identifican las relaciones entre actores de acuerdo al rol que desempeñan (Figura 3.2).

**Figura 3.2 Relaciones entre los actores del SNCTA**



Fuente: Corpoica, Observatorio SNCTA (2014).

### 3.2 Coordinación de actores en torno a la política

El Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 ‘Todos por un nuevo país’, cuenta con tres pilares: paz, equidad y educación, y cinco estrategias transversales: seguridad y justicia, infraestructura y competitividad, movilidad social, transformación del campo y buen gobierno. En su visión, se establece que el país contará con empresas y regiones que compiten en un mercado globalizado, siendo el conocimiento, el talento humano, las tecnologías y la innovación la base fundamental para el aumento de la productividad y reconociendo la importancia del campo colombiano y la necesidad de reducir las brechas entre lo urbano y lo rural para encaminar a Colombia a convertirse en uno de los tres países más innovadores de América Latina en 2025.

Para lograrlo, el país disminuirá el rezago que existe en materia de CTi, focalizando la formación de talento humano, infraestructura, financiación y cultura de CTi para que se logren avances cualitativos en la calidad y el impacto de la investigación. Asimismo, se reconoce la necesidad de pensar en estrategias que apunten a un desarrollo rural integral, orientado a la adopción de políticas más comprehensivas, multisectoriales y territoriales para brindar mejores condiciones de vida, oportunidades y desarrollo para todos los habitantes del campo (DNP, 2014).

Estas estrategias permitirán que en 2025 Colombia esté en capacidad de crear aglomeraciones de ciencia, tecnología e innovación, ciudades con vocación hacia la generación de conocimiento, y empresas y tecnologías estratégicas para la competitividad del país en el largo plazo.

De esta manera, el PND 2014-2018 considera que la transformación integral del campo colombiano y el desarrollo de competitividad e infraestructura estratégicas, constituyen dos de los tres soportes fundamentales de la paz y su sostenibilidad en todos los territorios.

En lo referente a competitividad e infraestructura estratégicas, sus primeros dos objetivos se centran en incrementar la productividad de las empresas a partir de la sofisticación y diversificación del aparato productivo y contribuir al desarrollo productivo y la solución de los desafíos sociales del país a través de la ciencia, tecnología e innovación.

De otra parte, el Banco Mundial (2008), en su documento “Incentivar la innovación agrícola” añade que la diferenciación y complementariedad de funciones entre la institucionalidad del Sistema Nacional de Competitividad (SNC) y la del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación no es clara. Esto se traduce en una duplicidad al nivel estratégico, traslape de agendas de acción y costos de coordinación superfluos. Las instancias regionales amplifican tal dispersión con espacios redundantes de concertación público-privada y debilidad de capacidades operativas. (DNP, 2011).

Teniendo en cuenta lo señalado en el DNP, sobre cómo los arreglos institucionales afectan la acumulación de conocimiento y consecuentemente la innovación y el desarrollo socio-económico de largo plazo, si se quiere lograr un cambio de rumbo en las tendencias en materia de innovación y crecimiento de la productividad y la competitividad, es fundamental partir de un adecuado entendimiento de las instituciones que gobiernan el comportamiento de los actores de los Sistemas Nacionales de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación (DNP, 2011) aspectos en los cuales el gobierno nacional ha venido avanzando como por ejemplo en la integración del SNCTi y el SNCi en un solo sistema de competitividad e innovación.

### **3.2.1 SNCTi**

Como se mencionó, la Ley 1753 de 2015<sup>21</sup> integra el SNCTi con el SNCi en un único Sistema de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTi) en vías de ser reglamentado para su organización, articulación y funcionamiento. Las instancias de interlocución entre los departamentos y el Gobierno Nacional serán las Comisiones Regionales de Competitividad

<sup>21</sup> Por la cual se expide el PND 2014-2018 “Todos por un nuevo país”.

(CRC) quienes deberán integrarse con las otras instancias existentes para articular e implementar la Agenda Nacional de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación.

### **3.2.2 SNCTi**

La Ley 1286 de 2009 define el SNCTi como un “sistema abierto del cual forman parte las políticas, estrategias, programas, metodologías y mecanismos para la gestión, promoción, financiación, protección y divulgación de la investigación científica y la innovación tecnológica, así como las organizaciones públicas, privadas o mixtas que realicen o promuevan el desarrollo de actividades científicas, tecnológicas o de innovación”. Como instancia para articular el Sistema, entre otras funciones, se cuenta con el Consejo Asesor de Ciencia, Tecnología e Innovación del cual hace parte el Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Dicha Ley también le señala a Colciencias un conjunto de funciones relacionadas con la coordinación de actores y política como: formular e impulsar las políticas; formular planes y programas; propiciar las condiciones necesarias para los desarrollos científicos, tecnológicos e innovadores; definir prioridades y criterios para la asignación del gasto público; velar por la consolidación, articulación y fortalecimiento del SNCTi; promover la formación de recurso humano para la CTi y, diseñar, articular y estimular políticas e instrumentos para la inversión privada en materia de CTi.

### **3.2.3 SNCTA**

La Ley 607 de 2000 crea el SNCTA y el Subsistema de Asistencia Técnica Agropecuaria (SSATA), reglamenta el funcionamiento de la Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) y define el servicio de asistencia técnica directa rural como un servicio público y obligatorio, de responsabilidad de los municipios y dirigido a pequeños y medianos productores agropecuarios, forestales, agroforestales y piscícolas. Frente a la coordinación de política es relevante decir que este SSATA se concibe como parte del SNCTA y en consecuencia tiene como función, permitir la articulación entre la investigación, la asistencia técnica y la producción agropecuaria, con el objeto de que los conocimientos derivados de la investigación y el desarrollo tecnológico sean verdaderamente pertinentes y accesibles al sector productivo, al tiempo que la investigación se informa sistemáticamente sobre las necesidades de los productores. Es necesario señalar que en este aspecto la Ley 607 nunca fue reglamentada para poner en marcha una adecuada gobernanza del mismo y el conjunto de actores nunca ha funcionado de manera sistémica. Una idea de la magnitud del número de actores que conforman este Sistema la da el Anexo 1 y las más de 3 mil instituciones que hicieron parte de la construcción de la Agenda Nacional de I+D+i. Este ejercicio a su vez, puso en evidencia el bajo nivel de relacionamiento entre actores, en particular, entre los que generan conocimiento (entidades de investigación y desarrollo tecnológico), entre estos y los productores y entre las instituciones que proveen fondos públicos para el financiamiento de dichas actividades.

### **3.2.4 Otras instancias sectoriales**

El MADR tiene como una de sus funciones “fijar las políticas y directrices sobre investigación, desarrollo tecnológico e innovación para el sector agropecuario”. En este sentido, la Dirección

de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria del MADR debe liderar el diseño, la evaluación y la aplicación de la política sectorial en CTi y sanidad agropecuaria en el país<sup>22</sup>.

Mediante la Ley 811 de 2003, el MADR planteó su política de organizaciones de cadena para el sector agropecuario, forestal, acuícola y pesquero, con el fin de darle un contexto de cadena de valor al diálogo público-privado sobre diferentes materias, entre ellas, la definición de estrategias para la mejora de la competitividad, la productividad, la investigación y el desarrollo tecnológico.

A nivel regional, las Secretarías de Agricultura Departamental son las ejecutoras de la política agropecuaria expresada en los Planes Departamentales de Desarrollo y, para coordinar su implementación con las instituciones necesarias, cuentan con los Consejos Seccionales de Desarrollo Agropecuario, Pesquero, Forestal, Comercial y de Desarrollo Rural (CONSEA), en cuyos comités productivos se coordinan actividades de I+D+i. Así mismo, en el nivel local, los Consejos Municipales de Desarrollo Rural son las instancias donde tiene espacio la coordinación de dichas actividades. Además, las Secretarías de Agricultura representan al sector en las instancias de coordinación de política de CyT como los Consejos departamentales de CTi (CODECTI) y de política de competitividad a través de los Consejos Regionales de Competitividad (CRC), en cuyo liderazgo participan las Cámaras de Comercio.

En las últimas tres décadas, la política y las estrategias en CyT se han direccionado mediante diversos instrumentos como los planes de desarrollo a nivel regional y nacional, planes de competitividad, planes de CyT, leyes, decretos y documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes). En el plano sectorial la Ley 29/1990, Decreto 585/1991, el Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (Pronatta, 1995-2002), la Ley 607/2000, el Plan estratégico del Programa de CyT Agropecuarias 2005-2015, el Proyecto Transición de la Agricultura (PTA) del MADR (2006-2012), Visión Colombia 2019 (2007), la Ley 1286/2009, el documento Conpes 3582/2009, la Ley 1450/2011 del PND 2010-2014 y más recientemente la Ley 1753/2015 del PND (2014-2018), entre otros. Instrumentos que en conjunto dan una idea de la alta volatilidad y baja coherencia de la política en este período para un tema que necesita de un actuar público con perspectiva de mediano y largo plazo.

Con el fin de contribuir a corregir esta amplia fragmentación y dispersión de la institucionalidad vinculada a la innovación sectorial, Corpoica por mandato y en coordinación con el MADR, en el marco de su rol de motor del SNCTA desde 2011, ha liderado cinco iniciativas que están en marcha y es necesario consolidar en el inmediato futuro:

- Construcción social de una Agenda Dinámica de I+D+i como marco para la inversión pública en esta materia.
- Levantamiento de la línea de base del SNCTA.
- Desarrollo de capital social para la gestión de conocimiento en redes y en sistemas de innovación.
- Desarrollo de la Plataforma Siembra ([www.siembra.gov.co](http://www.siembra.gov.co)).

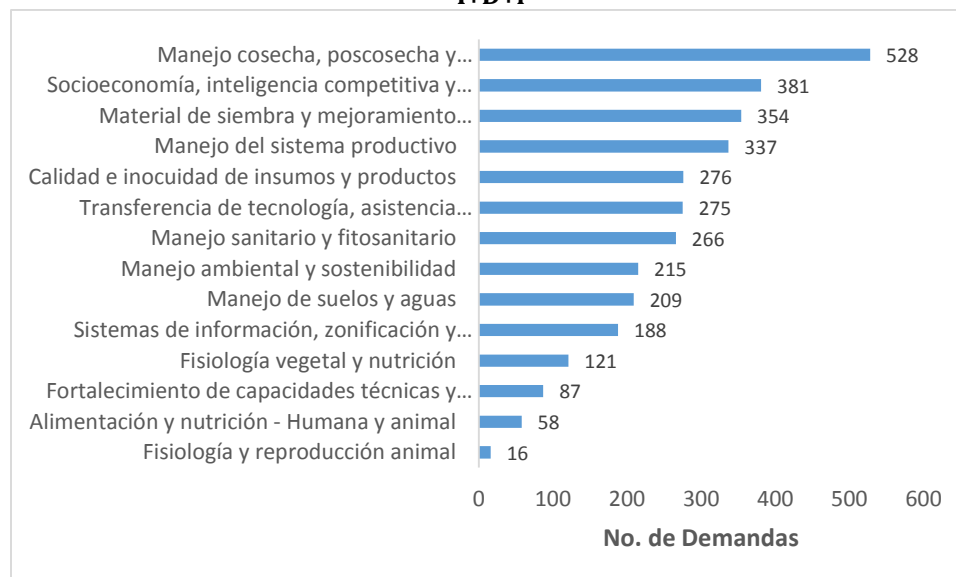
<sup>22</sup>El Decreto 1985 de 2013 define la estructura, organización y funciones del MADR.

- Desarrollo del seguimiento y evaluación del Sistema.

La Agenda Dinámica Nacional de I+D+i del sector agropecuario, contempla, entre otros aspectos, las demandas tecnológicas y no tecnológicas acordadas y priorizadas por los actores de las cadenas a nivel nacional y regional de 37 cadenas productivas. En la primera fase de construcción de la Agenda Dinámica Nacional de I+D+i, el trabajo fue desarrollado con perspectiva de las cadenas, priorizando la dimensión nacional de las capacidades y los retos de las misma. En una segunda fase o fase de revisión, realizada entre 2015 y 2016, el trabajo se desarrolló a partir de la priorización de las demandas y capacidades de las cadenas desde la perspectiva regional. De acuerdo con los resultados de la revisión, en 2016 la Agenda Dinámica Nacional cuenta con 3.311 demandas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, las cuales se convierten en insumo relevante para el PECTIA y cuya distribución por área temática se ilustra en la

Figura 3.3.

**Figura 3.3 Participación de las demandas por área temática en la Agenda Dinámica Nacional de I+D+i**



Fuente: Cálculos propios con base en información de. [www.siembra.gov.co](http://www.siembra.gov.co) (2016)

En contraste, estas prioridades temáticas son divergentes de los temas que históricamente han sido financiados con fondos públicos, lo que revela las limitaciones en materia de pertinencia que tiene la I+D+i en el país. A partir de la información acopiada en el ejercicio de Construcción Social de la Agenda Nacional I+D+i, información secundaria disponible y convenios con distintas instituciones, entre ellas varias universidades, el OCyT y el CIAT, está en curso la construcción de una línea de base del SNCTA que incluye información sobre proyectos de investigación y desarrollo tecnológico generados en el país en los últimos 14 años, localización y capacidades de las organizaciones que llevaron y llevan a cabo estos proyectos, recursos

públicos destinados al financiamiento de la I+D+i e instituciones internacionales líderes en la investigación en las temáticas demandadas por los actores de las cadenas. Esta información está catalogada actualmente por cadena productiva y disponible para uso público en la Plataforma Siembra, permitiendo producir algunos indicadores para la gestión de la CTi agropecuaria en el país y para las evaluaciones futuras del SNCTA. Los mecanismos, procesos y acuerdos para actualizar y ampliar esta información, están actualmente en diseño y desarrollo.

La información disponible sobre inversión pública en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTi), está siendo procesada para la obtención de indicadores que permiten comparar la evolución de dicha inversión con otros países del mundo en el marco de la iniciativa *Agricultural Science Technology Investment* (ASTI) promovida y coordinada por el *International Food Policy Research Institute* (IFPRI) de la cual Corpoica es el punto focal para Colombia.

Por su parte, la Plataforma Siembra ([www.simbra.gov.co](http://www.simbra.gov.co)) fue diseñada y puesta en marcha como herramienta de apoyo a la gestión del conocimiento, apoyo a la toma de decisiones, para suministrar información y facilitar la relación entre los actores del SNCTA. Actualmente hay acceso a información sobre la línea de base de proyectos, sobre la Agenda Dinámica Nacional I+D+i, sobre modelos productivos recomendados para cultivos y actividades específicas, recomendaciones tecnológicas de distinta índole, sobre medición de redes, conexión con la biblioteca agropecuaria de Colombia (BAC) y facilidades tecnológicas para conectar una red nacional de asistentes técnicos y facilitar la consulta de estos con expertos para la solución de problemas tecnológicos específicos (Red Linkata).

Uno de los aspectos centrales de la estrategia para lograr la gobernanza del SNCTA ha sido el desarrollo de capital social para la gestión de conocimiento en redes y en sistemas de innovación y los ajustes organizacionales que esto requiere en instituciones clave.

Partiendo del poco desarrollo que el tema tiene en el país y del necesario cambio de paradigma que implica pasar de métodos de transferencia de tecnología lineales a procesos que reconocen que la innovación no es un fenómeno individual sino un fenómeno social y sistémico, Corpoica, en su rol de motor, actor y soporte del SNCTA, asignado en el PND 2010-2014 y fortalecido con la Ley 1731 de 2014<sup>23</sup>, ha desarrollado las metodologías para poner en marcha redes para la gestión de conocimiento y sistemas de innovación, las cuales se han venido implementando en algunas organizaciones de cadena y departamentos del país<sup>24</sup>, con el fin de avanzar en iniciativas para promover el cambio técnico en distintos sectores de la producción.

En el esfuerzo por desarrollar procesos de cambio técnico existen en Colombia diversas experiencias tanto públicas como privadas que han abordado estos procesos bajo modelos de

<sup>23</sup> La Ley 1731 de 2014 contempla la reactivación del sector agropecuario, pesquero, acuícola, forestal y agroindustrial, además de fortalecer a Corpoica, con la asignación anual de recursos del Presupuesto General de la Nación para el desarrollo de sus funciones de apoyo al sector agropecuario en Ciencia, Tecnología e innovación.

<sup>24</sup> Durante el proceso de construcción de la Agenda Nacional I+D+i, Corpoica desarrolló instrumentos de medición de estructuras de cooperación en redes y generó visualizaciones y análisis de diferentes cadenas productivas que se encuentran disponibles en la Plataforma Siembra. Asimismo, se cuenta con metodologías para fortalecimiento de capital social en las redes y para la conformación de sistemas territoriales de innovación.

investigación participativa combinando métodos presenciales de trabajo y soportes virtuales a los mismos. Un ejemplo de este tipo de iniciativas puede encontrarse tanto en los esfuerzos del Consorcio Andino que en los últimos años ha puesto en marcha las “Redes virtuales para la gestión del conocimiento en innovación rural” (<http://consorcioandino.ning.com>)<sup>25</sup>. En donde se pueden encontrar ejemplos de conformación de comunidades virtuales que interactúan de manera permanente y en la que todos sus miembros tienen la posibilidad de hacer aportes al conocimiento de grupo.

Experiencias como las señaladas que parten del trabajo con las organizaciones de base, e iniciativas adelantadas con organizaciones de cadena, deben confluir en la construcción de estrategias que impulsen desarrollos equitativos e inclusivos del sector agropecuario colombiano. Promover la generación de modelos basados en la gestión de conocimiento, la construcción de redes, el aprendizaje inter-organizacional y el fortalecimiento de sistemas territoriales de innovación son retos fundamentales para alcanzar la competitividad sectorial.

## 4 Inversión en ACTi para el sector agropecuario<sup>26</sup>

En los últimos años, la tendencia a incrementar los recursos públicos para CyT agropecuaria que se había presentado a finales del siglo pasado cambió a la baja, hasta llegar a niveles similares a los de principios de la década del noventa (Figura 4.1). Niveles que son muy bajos, incluso frente a los de países en estadios similares de desarrollo.

**Figura 4.1 Participación del gasto en ACTi en el total del gasto público agropecuario**



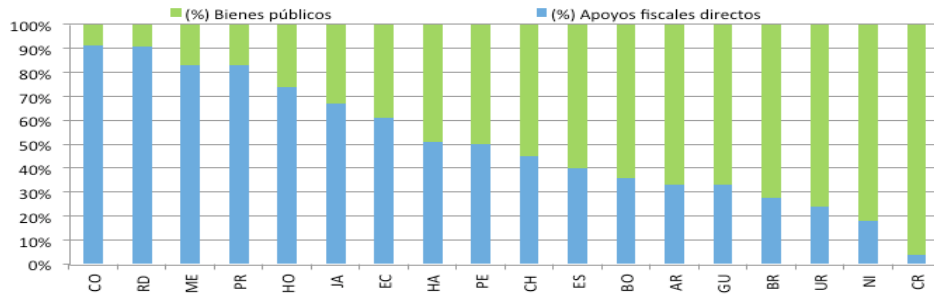
<sup>25</sup> Junguito, Perfetti y Becerra (2014), refiriéndose a la intensidad del gasto en investigación y transferencia de tecnología con relación al PIB, mencionaron: “Este indicador tiende a ascender a cerca del 4 % del PIB en los países más avanzados, frente al 1 % en los países emergentes. En Colombia, dicho indicador es aún más bajo, durante el período 2002-2012, fue de 0,6% en promedio”. Según Romano (2008), en 2006, Colombia invirtió el 0,5 % por ciento del PIB agrícola en I&D agropecuario, cuando el promedio de América Latina y el Caribe fue de 1,19 %.

<sup>26</sup> **Angélica María Londoño Triana**, Econo., MSc., Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: amlondono@corpoica.org.co; **Angélica María Ramírez Beltrán**, I. Agroind., MBA, Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: amramirez@corpoica.org.co; **Luz Aida Moya**, Microb. Bact., MSc, Programa CTi Cs. Agropecuarias, Colciencias. Correo electrónico: lamoya@colciencias.gov.co.

Fuente: Olivera (2010) y Junguito, Perfetti y Becerra (2014).

En Colombia, la participación de los apoyos directos a los productores se duplicó entre 1990 y 2012 en el gasto público sectorial, mientras que los recursos para investigación, desarrollo rural y otros “bienes públicos” disminuyeron (Junguito; Perfetti; Becerra, 2014) en contra de la tendencia latinoamericana, lo que llevó a que Colombia fuera el país que dedica un menor porcentaje de recursos a los mencionados “bienes públicos”, que incluyen, la investigación agropecuaria (Figura 4.2).

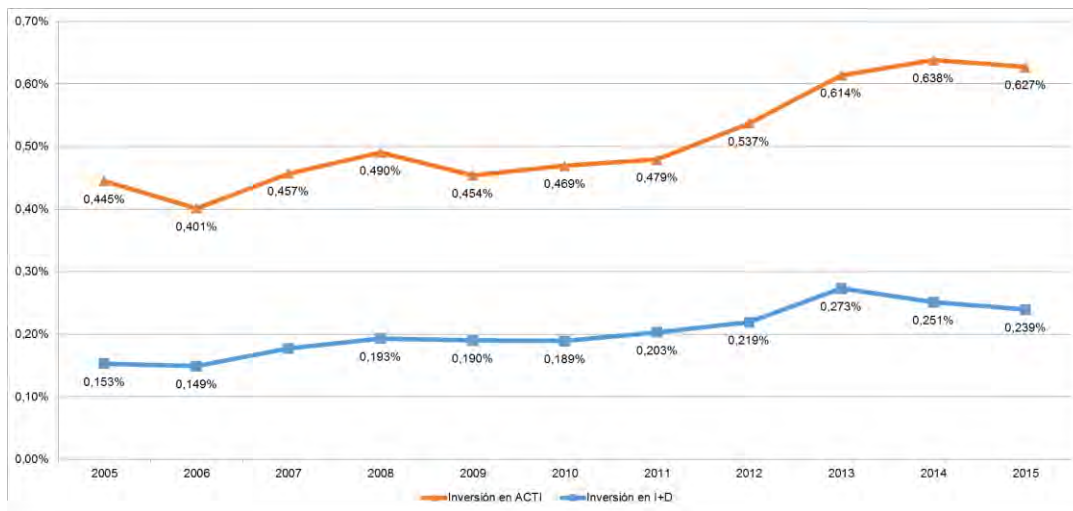
**Figura 4.2 Composición del gasto público agropecuario por países en ALC (2010-2011)**



Fuente: BID (2013).

De acuerdo con el Observatorio de Ciencia y Tecnología (OCyT) (Lucio, 2015), Colombia invierte en promedio menos del 0,5 % del PIB en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTi) (Figura 4.3).

**Figura 4.3 Evolución de la inversión en ACTi como % del PIB, 2000-2015**



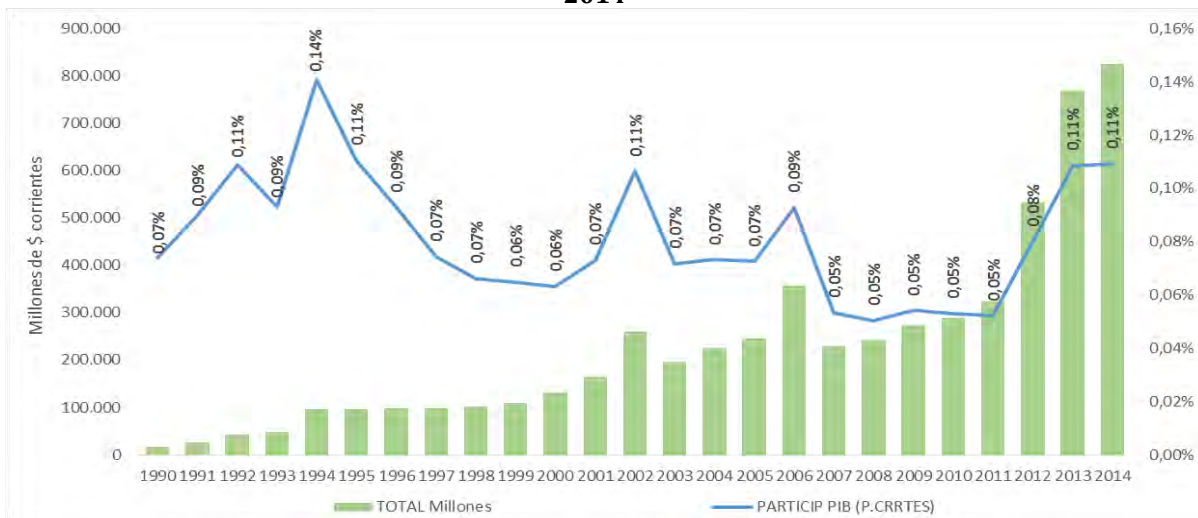
Fuente: OCyT (2015)

Según la encuesta aplicada por el OCyT, la composición de la inversión por tipo de recurso corresponde en su mayoría a recursos públicos, que para el período 2005-2015 representan en promedio el 57 % del total. Las Naciones Unidas recomienda una inversión en I+D del 1 % del PIB para que un país ingrese en la vía del desarrollo (Rodríguez y Espinoza, 2008).

#### 4.1 Indicadores de inversión sectorial en ACTi<sup>27</sup>

Siguiendo la metodología ASTI-IFPRI para construcción de indicadores sobre gastos en I+D+i, en Colombia, para el período 1990-2014, la inversión promedio en ACTi del sector agropecuario ha sido 0,08 % del PIB nacional, presentando tasa de crecimiento promedio anual de -1,36 % (Figura 4.4).

**Figura 4.4 Inversión pública en ACTi agropecuarias como proporción del PIB nacional, 1990-2014**

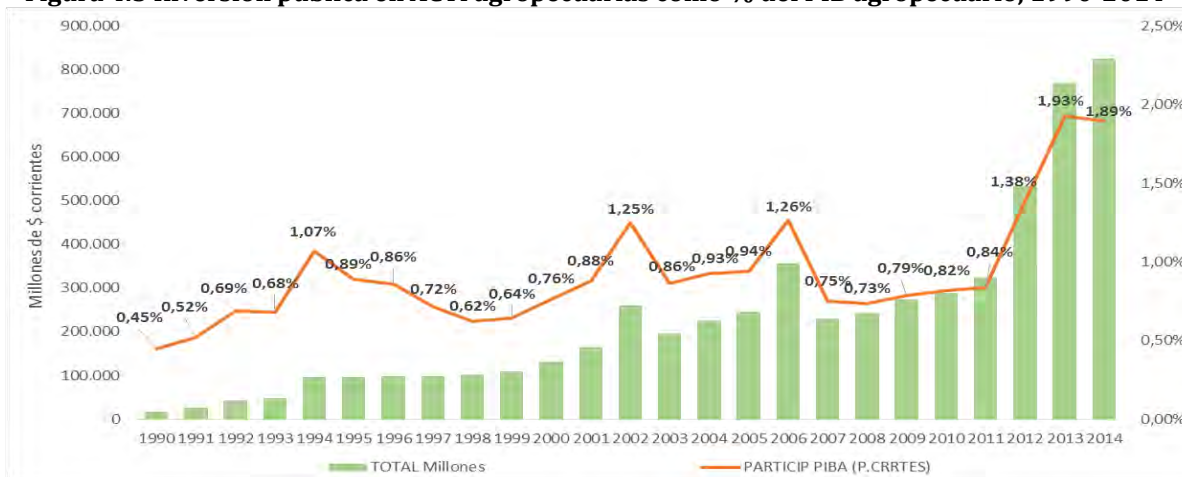


Fuente: Corpoica, Observatorio SNCTA (2015).

<sup>27</sup> De acuerdo con el Manual de Frascati (2002), “La investigación y el desarrollo experimental (I+D) comprenden el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluido el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de esos conocimientos para crear nuevas aplicaciones. El término I+D engloba tres actividades: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental” (Manual de Frascati, 2002, pp. 30). El concepto amplio de ACT ha sido elaborado por la UNESCO según la “Recomendación relativa a la normalización internacional de las estadísticas de ciencia y tecnología” (UNESCO, 1978). Además de I+D, las actividades científicas y tecnológicas comprenden la enseñanza y la formación científica y técnica (STET) y los servicios científicos y técnicos (SCT). Estos últimos servicios incluyen por ejemplo actividades de CyT de bibliotecas y museos, la traducción y edición de literatura en CyT, el control y la prospectiva, la recogida de datos sobre fenómenos socioeconómicos, los ensayos, la normalización y el control de calidad, el asesoramiento a clientes y servicios de asesoría, así como las actividades en materia de patentes y de licencias a cargo de las administraciones públicas (Manual de Frascati, 2002, pp. 16). Las ACTi incluyen los conceptos anteriores y la innovación tecnológica, definida esta como “el conjunto de etapas científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales, incluyendo las inversiones en nuevos conocimientos, que llevan a que intentan llevar a la implementación de productos y de procesos nuevos o mejorados” (Manual de Frascati, 2002, pp. 17).

A precios de 2014, la inversión en ACTi en el sector alcanzó \$825 mil millones en 2014, manteniendo un promedio de \$358 mil millones a lo largo del período de análisis. A precios corrientes, presentó un promedio anual de \$232 mil millones durante 1990 y 2014. Ahora, la inversión en ACTi sectorial como porcentaje del PIB agropecuario para el período 1990-2014, ha representado en promedio el 0,92 % del PIB agropecuario, presentando una tasa de crecimiento promedio anual de 3,16 % (Figura 4.5).

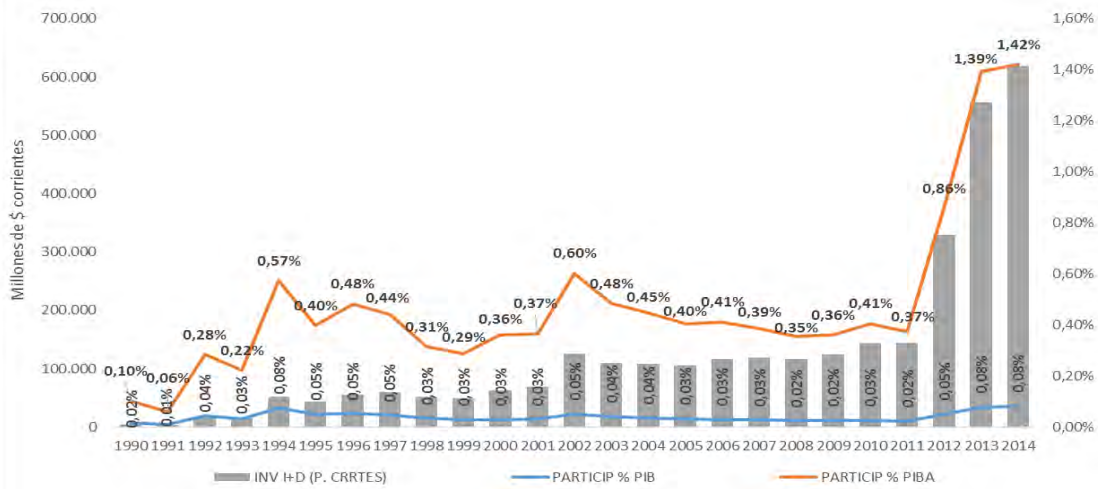
**Figura 4.5 Inversión pública en ACTi agropecuarias como % del PIB agropecuario, 1990-2014**



Fuente: Corpoica, Observatorio SNCTA (2015).

En términos de inversión en investigación y desarrollo - I+D, entre 1990 y 2014 dicha inversión presentó una media de 128 mil millones y creció a una tasa anual de 15,27 %, mientras que la participación en el PIB nacional y en el PIB sectorial fue en promedio 0,04 % y 0,47 %, respectivamente (Figura 4.6).

**Figura 4.6 Inversión pública en I+D en el sector agropecuario como % del PIB total y del PIB agropecuario, 1990-2014**



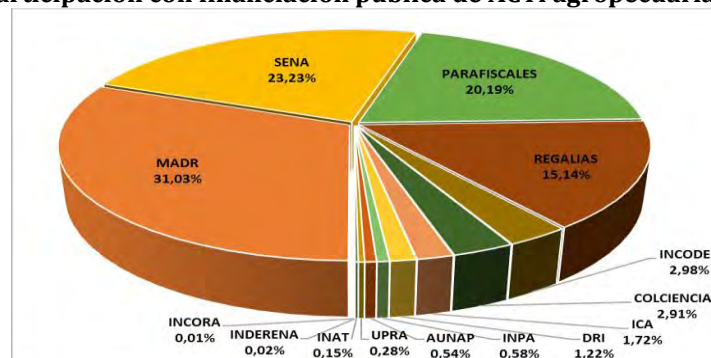
Fuente: Corpoica, Observatorio SNCTA (2015).

De acuerdo con los indicadores ASTi, en 2006 el país invirtió en I+D 0,5 USD por cada 100 USD de producción agrícola, manteniendo en promedio una inversión pública de 0,5 % del PIB sectorial desde 1981. Cifra relativamente baja si se compara con países de la región con una importante vocación agrícola como Uruguay, Brasil, Chile y Argentina, cuyo promedio de inversión pública en ACT sectorial es del 1,99 %, 1,66 %, 1,22 % y 1,27 % del PIB agropecuario, respectivamente, durante igual período. La inversión pública en ACT sectorial del país es equivalente al promedio de inversión realizada por países como Panamá (0,5 %), Tanzania (0,5 %), China (0,5 %), Honduras (0,4 %), Nigeria (0,4 %) e India (0,4 %).

## 4.2 Fuentes de inversión pública de las ACTi del sector

En Colombia, el MADR, el SENA, los Fondos Parafiscales y el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTi) del Sistema General de Regalías (SGR), han sido los principales financiadores de las actividades de I+D+i del sector agropecuario, esencialmente a través de recursos provenientes del Presupuesto General de la Nación (PGN) y de créditos externos (Figura 4.7).

Figura 4.7 Participación con financiación pública de ACTi agropecuarias 1990-2014



Fuente: Corpoica, Observatorio SNCTA (2015).

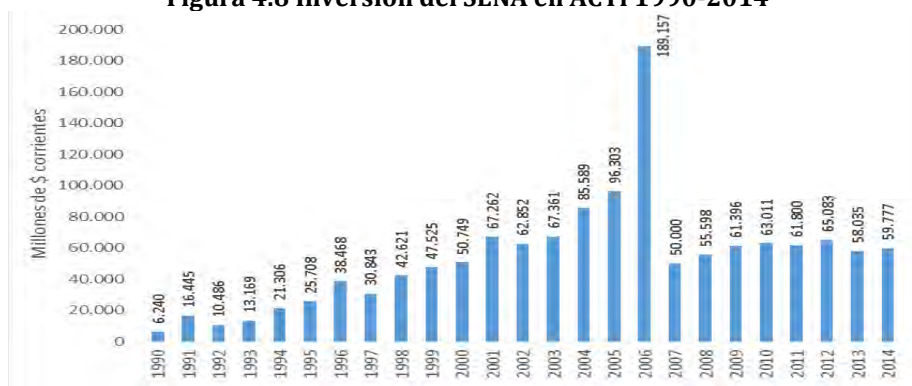
La financiación pública de las ACTi del sector ha presentado una tendencia creciente desde 1990 hasta hoy, sin embargo, es desde 2012 que se vienen registrando los mayores incrementos, respecto al promedio de inversión del período.

Esta variación se explica por el ingreso de los fondos del SGR<sup>28</sup> asignados a proyectos de CTi del sector agropecuario, equivalentes a \$878 mil millones, según las asignaciones aprobadas por el OCAD<sup>29</sup>. En el período 2013-2014 se estiman recursos por \$720 mil millones, cifra casi equivalente a la financiación pública total de 2013, sin embargo, esta cifra puede disminuir significativamente en los próximos años debido, entre otros aspectos, a la baja en los precios del petróleo.

#### 4.2.1 Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA

El SENA es uno de los principales financiadores de las ACTi del sector agropecuario, principalmente en lo que respecta a actividades de formación y asistencia técnica para la población rural. En lo corrido de 1990 – 2014 la inversión del SENA ascendió a \$1,3 billones de pesos, presentando una tasa de crecimiento promedio anual de 7,28 % y un promedio anual de \$53.871 millones, especialmente dirigida a programas de capacitación, asistencia técnica y transferencia de tecnología a la población rural del país (Figura 4.8).

**Figura 4.8 Inversión del SENA en ACTi 1990-2014**



Fuente: Corpoica, Observatorio SNCTA (2015).

#### 4.2.2 Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

El MADR ha financiado programas y proyectos de I+D+i agropecuario, mediante mecanismos de asignación directa y convocatorias públicas. En este último a través del Fondo Concursal, compuesto principalmente por recursos del PGN y recursos internacionales de crédito

<sup>28</sup>Regalía es la contraprestación económica que recibe el Estado por la explotación de un recurso natural no renovable y Sistema General de Regalías (SGR) es el conjunto de ingresos, asignaciones, órganos, procedimientos y regulaciones.

<sup>29</sup>Órgano Colegiado de Administración y Decisión del SGR, mediante el cual se analizan y aprueban los proyectos y montos a ser financiados con recursos del sistema, dispuestos en sus distintas bolsas.

provenientes de agencias como el BIRF y el BID. La inversión promedio en ACTi por parte del MADR para el período 1990-2014 ha sido de \$71.963 mil millones anuales en términos corrientes, presentando un crecimiento promedio anual de 15,24 % (Figura 4.9).

**Figura 4.9 Inversión del MADR en ACTi 1990-2014**



Fuente: Corpoica, Observatorio SNCTA (2015).

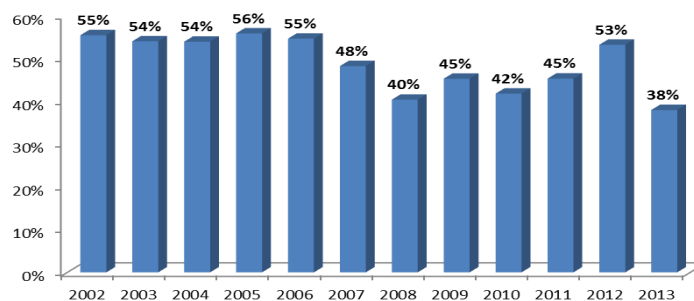
### 4.2.3 Fondos parafiscales

Existen 15 fondos parafiscales sectoriales (café, algodón, arroz, avícola, cacao, caucho, cereales, soya, carne-leche, hortofrutícola, leguminosas de grano, palma, porcícola, tabaco y panela). Se crearon como instrumento de fomento y modernización productiva y comercial por lo que les fue autorizado el uso de los recursos recaudados en desarrollo de la investigación, la transferencia de tecnología, la asesoría y la asistencia técnica.

En el período 2002 – 2013 (exceptuando el Fondo Nacional del Café, FNC), el recaudo total de los Fondos pasó de \$96 mil millones a \$237 mil millones en 2012 y a un presupuesto de \$264 mil millones para 2013<sup>30</sup>, lo que representa una tasa de crecimiento promedio anual de 8,6 % (Figura 4.10).

**Figura 4.10 Participación de la inversión en ACT frente al recaudo parafiscal total 2000-2013 (Precios constantes de 2013)**

<sup>30</sup> Los Fondos ganadero, hortofrutícola, palmero, porcícola, arroceros y avícola fueron los de mayor participación en el recaudo parafiscal total durante el período 2002-2013. En conjunto aportaron el 89,6% del total recaudado.



Fuente: MADR, 2013 en Corpoica, Observatorio SNCTA (2014).

Para la totalidad del período los fondos obtuvieron ingresos por \$2,1 billones, de los cuales \$1,2 billones (48 %) se destinaron a inversión en ACT, relacionados con temas de investigación y capacitación. Es importante anotar que la inversión en ID de origen parafiscal se concentró en orden de importancia, en los fondos ganadero, palmero, arrocero, porcícola, hortofrutícola y avícola, quienes aportaron el 93,5 % del total invertido durante el periodo de análisis, mientras que el 6,5 % restante lo aportan los fondos cerealista, tabacalero, panelero, algodónero, de leguminosas, soya y caucho. Los Fondos Parafiscales, han impulsado el desarrollo competitivo de las diferentes cadenas, especialmente las que ya cuentan con centros de investigación (CENI).

#### 4.2.4 Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías

Con el Sistema General de Regalías (SGR) creado en 2011, se creó también el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTI)<sup>31</sup> al que se destina el 10 % de los recursos percibidos por las regalías en Colombia. El FCTi está orientado a incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad de las regiones, mediante proyectos que contribuyan a la producción, uso, integración y apropiación del conocimiento en el aparato productivo y en la sociedad en general.

A través de este fondo, se han financiado proyectos de CTi para el sector agropecuario y agroindustrial, posicionándose desde entonces como una de las principales fuentes de recursos del país en este ámbito. Prueba de ello son los 108 proyectos de naturaleza agrícola que representan el 40 % de los 271 proyectos aprobados por el FCTi desde la primera sesión de aprobación en 2012 hasta junio de 2016<sup>32</sup>. Dichos proyectos identificados, se encuentran asociados a temas directos agropecuarios, agroindustriales, o indirectos de biotecnología, salud, educación, recursos hidrobiológicos o TIC, entre otros, cuyo valor oscila entre COP 300 millones y COP 64 mil millones, con un valor total promedio de COP 7,84 mil millones (COP 5,97 mil millones solicitados al FCTi y los restantes en contrapartida) (Cuadro 4.1).

#### Cuadro 4.1. Proyectos relacionados con el sector agroindustrial aprobados en el FCTi-SGR

<sup>31</sup>Acto Legislativo 05 de 2011, Ley 1530 de 2012 y Decreto 1075 de 2012.

<sup>32</sup> Cifras basadas en el reporte de 15-06-2016 publicado por el DNP.

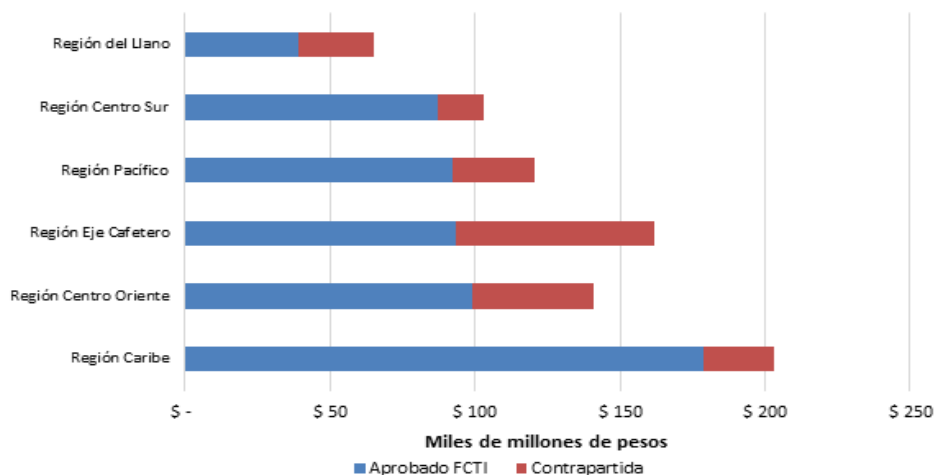
	Proyectos	Aprobado FCTi (miles de pesos)	Otras fuentes (miles de pesos)	Total (miles de pesos)
Total FCTi	271	2.256,102	496,410	2.752,513
Proyectos Agro	108	692,794	216,997	909,791
Participación Agro	40 %	31 %	44 %	33 %

Fuente: Cálculos propios con base en datos Colciencias y DNP reportados a junio de 2016.

Adicionalmente, a raíz de la expedición del Artículo 7 de la Ley 1753 de 2015<sup>33</sup>, Colciencias inició la coordinación de los Planes y Acuerdos Estratégicos Departamentales en CTi (PAED)<sup>34</sup> con 20 acuerdos suscritos por los departamentos en 2015 (en proceso de refrendación en 2016) de los cuales 15 priorizan al menos 3 iniciativas de proyectos relacionados con el sector para invertir sus recursos disponibles en el FCTi. Recursos que, según cifras reportadas por Colciencias, hacen a COP 1.557,724 mil millones de los COP 2.244,455 mil millones asignados entre 2012 y 2015, lo cual significa 59 % de aprobación acumulada y 41 % disponible.

En un análisis más profundo de los proyectos relacionados con el sector agropecuario aprobados entre 2012 y julio de 2014, con 90 proyectos<sup>35</sup>, se identificó que, desde el punto de vista regional, la región Caribe es la que invierte la mayor cantidad de recursos del FCTi 26 % de lo aprobado, en 14 proyectos, pero a su vez, es la que menor cantidad de recursos aporta en contrapartidas con (8,9 % del valor total de sus proyectos) (Figura 4.11).

**Figura 4.11 Relación de inversiones en proyectos del sector por región 2012-2014**



<sup>33</sup> Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país" y se dispone que "Colciencias, en coordinación con el DNP, los Departamentos y el Distrito Capital, estructurarán planes y acuerdos estratégicos departamentales en Ciencia, Tecnología e Innovación, a los cuales se ajustarán los proyectos que se presentarán al Órgano Colegiado de Administración y Decisión del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías".

<sup>34</sup> Colciencias mediante la expedición de la Resolución 445 de 2015, estableció los lineamientos generales para la construcción de los planes y acuerdos estratégicos departamentales.

<sup>35</sup> La base de cálculo para el análisis de proyectos es 90 proyectos del sector aprobados a julio de 2014, que representan el 83 % de los aprobados a junio de 2016.

Fuente: Corpoica, Observatorio SNCTA (2014).

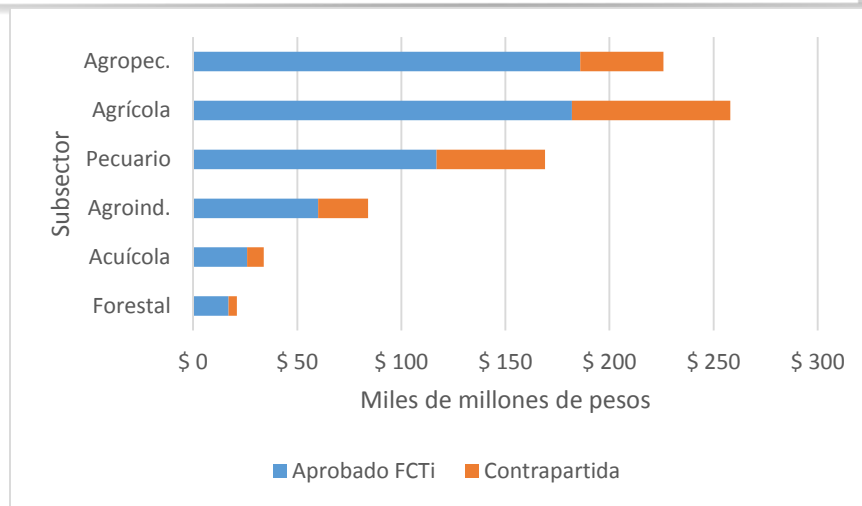
La región Centro Oriente cuenta con \$99 mil millones que representan 17 % de la porción de recursos del Fondo para el sector; la participación de los recursos de contrapartida corresponde al 29,6 % del valor total. En el Eje Cafetero se concentra el 16 % (\$93 mil millones), en 19 proyectos y el aporte de las contrapartidas asciende a 42,3 % del valor solicitado. La Región Pacífico es la cuarta región por recursos del Fondo invertidos en CTi para el sector (\$92 mil millones) y la primera por número de proyectos con 24; los recursos de contrapartida representan el 23,7 % del valor total de sus proyectos. La región Centro Sur con 17 proyectos se lleva el 15 % de los recursos del FCTi agropecuarios (\$87 mil millones); como contrapartida las entidades participantes aportan el 16 % del valor total. Finalmente, la región del Llano con \$39 mil millones que representan el 7 % de lo aprobado para el sector; en relación con la contrapartida de los participantes, es la segunda región que más aporta por cada peso solicitado al FCTi con el 39,6 % del valor total.

Por departamentos, el 50 % del dinero del Fondo de proyectos del sector proviene de 5 de ellos y el 50 % restante corresponde a recursos de 24 departamentos. Aunque los que tienen mayor número de proyectos aprobados son Antioquia, Nariño y Cauca con 13, 11 y 10, respectivamente, es Córdoba el departamento que cuenta con más recursos del FCTi, 13,7 % en 5 proyectos, seguido de Cesar con el 10,9 % en un proyecto, Antioquia con el 10,6 % en 13, Cundinamarca el 7,8 % en 6 y Caquetá el 6,7 % en 3 proyectos.

Al agruparlos por subsector, es el agrícola el que cuenta con mayor número de proyectos (37) que representan el 30 % de las inversiones del FCTi para el sector (\$180 mil millones). Sin embargo, esta cifra se aumenta al considerar que, además de los netamente agrícolas, existen proyectos que desarrollan actividades con materiales de origen agrícola como pecuario a nivel de producción primaria o de agroindustria, clasificados en los subsectores agropecuario (13) o agroindustrial (14). Pese a lo anterior, los 13 proyectos de tipo agropecuario son los que mayor cantidad de recursos demandan (33 %), al desarrollar actividades para fortalecer sistemas productivos integrales a pequeña y mediana escala en amplias zonas geográficas<sup>36</sup> (Figura 4.12).

**Figura 4.12 Relación de inversiones del FCTi por subsector (2012-2014)**

<sup>36</sup> Como una primera aproximación a la articulación de sistemas departamentales de innovación, desde 2014, Corpoica ha venido trabajando en procesos de construcción de núcleos de innovación, entendidos como la expresión de las cadenas, en términos de capacidades y limitaciones, en zonas en las cuales se concentra su producción.



Fuente: Corpoica, Observatorio SNCTA (2014).

De los proyectos financiados por el FCTi se identificaron 13 que desarrollan sus actividades de manera amplia en torno a cadenas agrícolas y pecuarias, con énfasis en procesos agroindustriales, de mercadeo, fortalecimiento de economía campesina, fortalecimiento de capacidades en CTi y medidas de adaptación al cambio y la vulnerabilidad climática (Cuadro 4.2).

**Cuadro 4.2 Proyectos aprobados por FCTi con actividades generales en torno a cadenas agropecuarias**

REGIÓN/DEPARTAMENTO	PROYECTOS	SOLICITADO FCTi	VALOR TOTAL
<b>Región Caribe</b>	<b>2</b>	<b>115.090.373.782</b>	<b>128.383.716.246</b>
CESAR	1	64.541.936.186	77.265.278.650
CÓRDOBA	1	50.548.437.596	51.118.437.596
<b>Región Centro Oriente</b>	<b>3</b>	<b>45.307.000.001</b>	<b>67.698.911.671</b>
BOGOTÁ D.C.	1	6.500.000.001	10.000.000.000
CUNDINAMARCA	1	4.100.000.000	7.184.175.232
CUNDINAMARCA, BOGOTÁ D.C.	1	34.707.000.000	50.514.736.439
<b>Región Centro Sur</b>	<b>4</b>	<b>20.300.894.003</b>	<b>22.707.434.772</b>
CAQUETÁ	1	6.900.000.000	8.790.899.626
HUILA	1	3.600.000.000	3.960.441.143
TOLIMA	2	9.800.894.003	9.956.094.003
<b>Región del Llano</b>	<b>1</b>	<b>5.000.000.000</b>	<b>5.000.000.000</b>
GUAINÍA, META, VICHADA	1	5.000.000.000	5.000.000.000
<b>Región Eje Cafetero</b>	<b>2</b>	<b>4.422.358.398</b>	<b>6.192.358.398</b>
ANTIOQUIA	1	299.999.999	359.999.999
RISARALDA	1	4.122.358.399	5.832.358.399
<b>Región Pacífico</b>	<b>1</b>	<b>2.433.068.640</b>	<b>2.732.403.464</b>
CAUCA	1	2.433.068.640	2.732.403.464

REGIÓN/DEPARTAMENTO	PROYECTOS	SOLICITADO FCTi	VALOR TOTAL
Total general	13	192.553.694.824	232.714.824.551

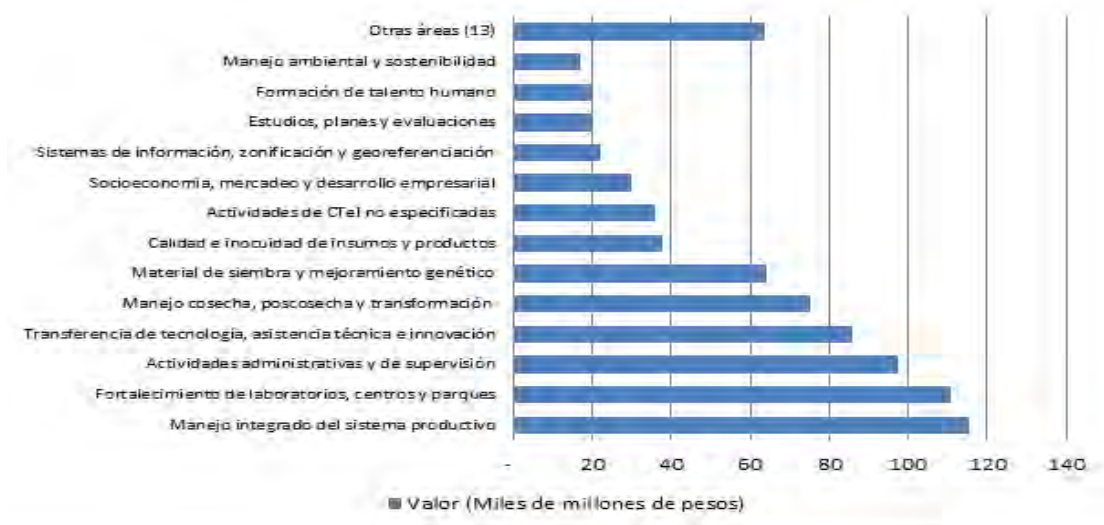
Fuente: Corpoica, Observatorio SNCTA (2014).

Por sus características son proyectos heterogéneos, amplios en cobertura, actividades y en presupuesto. En este último aspecto se destaca que este grupo representa el 14 % de los aprobados afines al sector y capturan el 33 % de los recursos asignados.

De los productos agrícolas, el café tiene 9 proyectos, los frutales 15 y las hortalizas 6. Los proyectos netamente pecuarios son 16 y representan el 20 % de los recursos asignados para el sector. 14 proyectos de carácter agroindustrial representan el 10 % de los recursos de CTi del sector. El subsector acuícola tiene 6 proyectos que representan el 4 % de los recursos y el subsector forestal, cuenta con 4 proyectos a los que se aprobaron el 4 % de los recursos destinados al sector.

Los proyectos proponen todo tipo de actividades que van desde evaluaciones y encuestas para levantamiento de información primaria y creación de líneas base para sistemas productivos o temas transversales (i.e. innovación social, variabilidad y cambio climático), hasta la mejora de materiales genéticos, de procesos de producción y el fortalecimiento de capacidades a productores, investigadores e infraestructura (Figura 4.13).

**Figura 4.13 Clasificación de actividades/áreas en proyectos sectoriales FCTi 2012-2014**



Fuente: Corpoica, Observatorio SNCTA (2014).

Los proyectos aprobados por el FCTi sin excepción alguna, contemplan en mayor o menor grado las ACTi descritas en el *Manual metodológico general, para la identificación, preparación, programación y evaluación de proyectos* de CTi elaborado por Colciencias. Estas actividades son: i) investigación y desarrollo experimental, ii) formación y capacitación científica y tecnológica, iii) servicios científicos y tecnológicos, iv) actividades de innovación, v) administración y otras

actividades de apoyo a la I+D. Esta última, no aplicable según la guía, sin embargo, se encuentra que un alto porcentaje de los recursos tienen que ver con esta categoría.

El 14,5 % de los recursos (\$115 mil millones) se destinan a actividades relacionadas con el manejo integrado de los sistemas productivos; 33 proyectos destinan 14 % de los recursos (\$111 mil millones) al fortalecimiento de infraestructura para el desarrollo de la CTi; actividades de administración y supervisión de los proyectos, ocupan el tercer lugar, con 70 proyectos y 12 % de los recursos (\$97 mil millones); \$86 mil millones (11 %) tiene que ver con transferencia de tecnología, asistencia técnica e innovación; 37 proyectos invierten \$75 mil millones, en actividades relacionadas con manejo cosecha, pos cosecha y transformación de productos; 21 proyectos destinan \$64 mil millones (8 % de los recursos), a adquisición o desarrollo de material de siembra y mejoramiento genético; en relación con la calidad e inocuidad de insumos y productos, el 4,8 % de los recursos (\$38 mil millones) son destinados en 19 proyectos de este tipo; por último, la formación de talento humano que, con el 2,2 % de los recursos (\$14 mil millones), apoya en 25 proyectos.

#### 4.2.5 Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias<sup>37</sup>

La financiación de proyectos por parte de Colciencias se otorga a personas jurídicas a través de las modalidades de recuperación contingente, préstamo de reembolso obligatorio, cofinanciación y mixtos. Frente a los recursos asignados a proyectos con temáticas agropecuarias (617, asignados a través de los Programas de CTi Agropecuarias, Apropiación Social de la Ciencia, Energía y Minería, Mar y Recursos hidrobiológicos, Ciencias Sociales y Humanas, Ciencias básicas, Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat, Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad y Biotecnología), en el período 2002-2013, los proyectos alcanzaron los \$306 mil millones, con una asignación de Colciencias por \$135 mil millones, 44 % del total (Cuadro 4.3).

**Cuadro 3.3 Recursos asignados a proyectos agropecuarios por modalidad de financiación 2002-2013 (millones de pesos).**

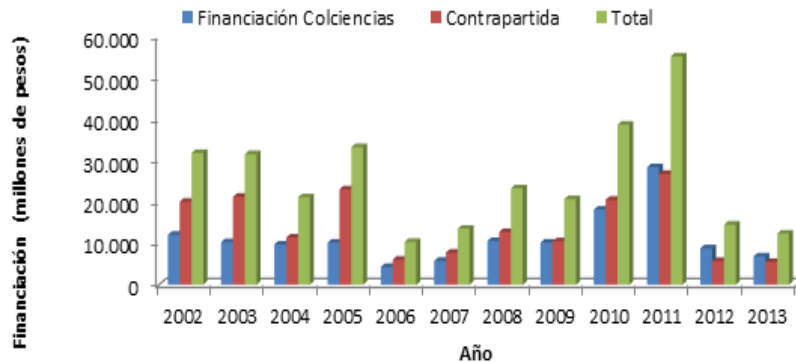
Modalidad	Proyectos	Financiación		Total	Recursos Colciencias
		Colciencias	Contrapartida		
Recuperación Contingente	396	69.320	78.292	147.612	51 %
Cofinanciación	198	56.905	67.687	124.592	42 %
Reembolso Obligatorio	17	8.187	23.353	31.540	6 %
Mixto	2	580	1.748	2.328	0 %
Riesgo Compartido	4	344	335	678	0 %
<b>Total general</b>	<b>617</b>	<b>135.337</b>	<b>171.414</b>	<b>306.750</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Bases de datos Colciencias en Corpoica, Observatorio SNCTA (2014).

La secuencia histórica indica que durante los años 2006 a 2009 (Figura 4.14) hubo una reducción en la financiación por la vía de este fondo, lo cual coincidiría con las convocatorias del MADR de estos años. En tales convocatorias se financiaron temáticas directamente relacionadas con el sector mientras que la de Colciencias se dirigió a otras temáticas de CTi.

<sup>37</sup> Elaborado por Luz Aida Moya, Colciencias.

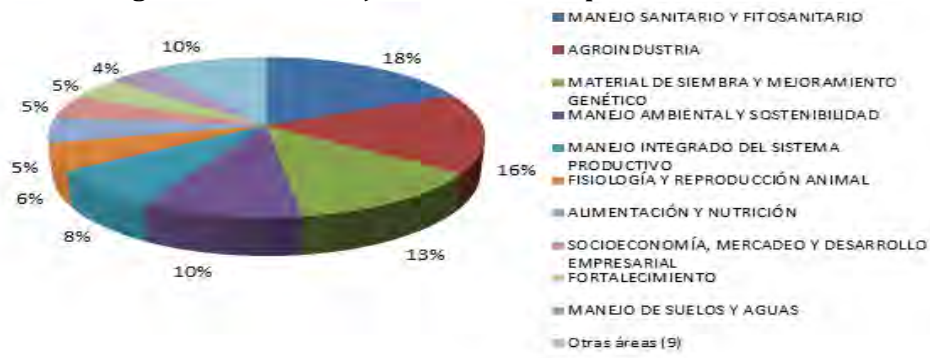
**Figura 4.14 Presupuesto para financiación de proyectos relacionados con temas agropecuarios 2002-2013.**



Fuente: Bases de datos Colciencias en Corpoica, Observatorio SNCTA (2014).

Al analizar esta información financiera por área temática se observa que las mayores proporciones se relacionan con inversiones en I+D+i en temas relativos a manejo sanitario y fitosanitario (18 %), seguido por agroindustria (16 %), manejo de siembra y mejoramiento genético (13 %), manejo ambiental y sostenibilidad (10 %) y manejo integrado del sistema productivo (8 %). Solamente el 4 % está destinado a proyectos sobre manejo de suelos y aguas (Figura 4.15).

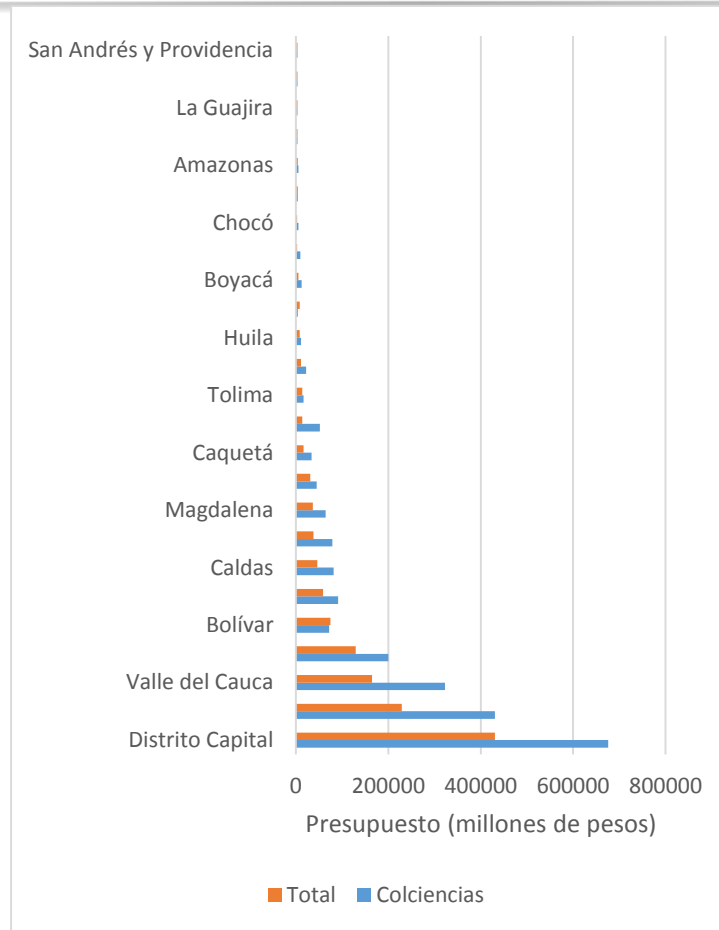
**Figura 4.15 Porcentaje de financiación por áreas temáticas**



Fuente: Bases de datos Colciencias en Corpoica, Observatorio SNCTA (2014).

Desde el punto de vista regional, el mayor presupuesto fue asignado al Distrito Capital, seguido del asignado a Antioquia y Valle del Cauca (Figura 4.16), concentración consecuente con la disponibilidad de capacidades que tiene el país.

**Figura 4.16 Financiación de proyectos por departamentos en el periodo 2011-2013.**



Fuente: Bases de datos Colciencias

#### 4.2.6 Otras fuentes

En materia de inversión pública en CyT sectorial se destaca la participación de otras fuentes como el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER) a cargo del programa de investigación y desarrollo tecnológico de la pesca y la acuicultura durante los años 2003-2007 y 2010-2011, y la Autoridad Nacional de Pesca y Acuicultura (AUNAP), que en 2012 tuvo bajo su responsabilidad este mismo programa.

Entidades ya liquidadas como el INCORA, el INAT y el DRI también han representado una importante participación en la financiación y ejecución de ACTi para el sector agropecuario, especialmente en lo que tiene que ver con capacitación y asistencia técnica.

Como otras fuentes de financiación de CTi sectorial, también vale la pena mencionar las universidades y el sector privado, quienes a través de convocatorias internas financiadas con recursos propios (públicos o privados) promueven el desarrollo de proyectos de investigación

y capacitación de docentes y estudiantes, y las cuotas de fomento o parafiscales, que se destinan a procesos específicos de investigación.

## 5 El papel de la gestión del conocimiento en la CTi<sup>38</sup>

### 5.1 Gestión del conocimiento

Diversas discusiones sobre los procesos de desarrollo endógeno (Gómez, Ibagón y Forero, 2014)<sup>39</sup> pusieron sobre la mesa la importancia de invertir tanto en el fortalecimiento del capital humano, como en la aplicación de conocimientos y sabidurías campesinas en los procesos de desarrollo y la conformación de estrategias que privilegien la generación, absorción, acumulación y socialización del saber como base de un desarrollo competitivo y sostenible. El reconocimiento del conocimiento como un factor asociado al desarrollo, impone gestionarlo como un recurso esencial para la competitividad y la innovación, a través de buenas prácticas que permitan el acceso al conocimiento en el momento adecuado. La gestión del conocimiento (GC), puede ser definida como *“la capacidad de generar, transmitir y consolidar conocimientos que influyen en los resultados de una actividad humana y por lo tanto en su capacidad para generar una posición diferenciada en el entorno en el que se desempeña”* (Corpoica, 2015).

En Colombia, los avances prácticos en el desarrollo de políticas públicas para la puesta en marcha de estrategias de GC parecen ser pobres y es poco lo que se ha investigado en este aspecto con miras a implementar estrategias de GC para la innovación; sin embargo, Colciencias en 2005 estableció como parte de su objetivo *“Fortalecer una cultura basada en la generación, la apropiación y la divulgación del conocimiento...”*, como área de estudio en los programas de ciencia, tecnología e innovación.

Para destacar la importancia del tema, el documento Conpes 3582 de 2009 (Política Nacional de CTi) menciona que el problema central del SNCTI, ha sido la baja capacidad del país para identificar, producir, difundir, usar e integrar conocimiento, entre otras cosas, por la débil institucionalidad, bajo flujo de información, baja articulación y seguimiento, ausencia de focalización y carencia de un sistema de evaluación. Como consecuencia de ello, se formuló una estrategia de fortalecimiento institucional sobre la base de un adecuado sistema de planificación, monitoreo, evaluación y gestión de acciones y políticas de CyT.

De igual forma, la Política nacional de ciencia y tecnología 2016-2025 (CONPES, 2016) en construcción, define como problema principal que “el país y sus regiones no han logrado impulsar el desarrollo económico y social a través de la ciencia, tecnología e innovación, como consecuencia de los siguientes problemas específicos: i) baja generación de conocimiento de alto impacto; ii) insuficientes condiciones para la cooperación entre los sectores público y privado en la identificación, demanda y apropiación del conocimiento y la tecnología; iii) baja

<sup>38</sup> Rubiela Rincón Novoa, MVZ., Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: rrincon@corpoica.org.co.

<sup>39</sup> Gómez R., D.T.; Ibagón M., J.; Forero C., A.C. (2014). Desarrollo Endógeno y Latinoamérica. En Desarrollo con. Soc. Vol. 3, No. 3, Año 2014. Pp. 117-128.

actividad innovadora y de emprendimiento en el aparato productivo; y iv) debilidad en el actual marco de gobernanza para un adecuado desarrollo de la política de CTi.

A falta de información disponible sobre el estado de la GC en el país, se cuenta con algunas observaciones realizadas en el marco de sus actividades de promoción del tema a nivel de las organizaciones del SNCTA, de donde se identifica lo siguiente:

- Faltan incentivos por parte del Estado para que las organizaciones del sector implementen procesos de GC en su interior. No son claras las inter-fases ni los mecanismos de articulación entre las universidades y los actores del sistema.
- No existen suficientes evidencias cualitativas y cuantitativas que permitan identificar el grado de avance y desarrollo de los procesos de GC.
- Son pocas las instituciones de CyT que hacen explícitos los modelos de GC y en aquellas en las que existe, se registra un manejo restrictivo de la información según los niveles jerárquicos.
- Bajo desarrollo de la GC en redes, en especial entre los actores encargados de la investigación y el desarrollo tecnológico con la extensión y la asistencia técnica y el sector productivo. Prima lo individual sobre lo cooperativo.
- No existe un modelo de cultura del aprendizaje, con herramientas definidas y gestión sistemática que permita la sistematización de lecciones aprendidas, disminuir costos en los procesos de aprendizaje organizacional de GC y escasa información basada en estudios específicos.
- Débil construcción e implementación de indicadores y sistemas de monitoreo y evaluación referidos a la GC. No se aplica de manera homogénea a todos los actores del sistema.
- No se ha apropiado el enfoque estructural de la GC en las organizaciones, de modo que el conocimiento sea considerado un factor de creación de valor para la competitividad y los intangibles se cuantifiquen como inventario de recursos y capacidades.
- Se cuenta tanto en el SNCTI, como en el SNCTA con plataformas como herramientas para la GC y la articulación entre actores, que pueden fortalecerse desarrollando la capacidad para promover esquemas de GC, sobre todo en las regiones más apartadas y débiles del país.

## 5.2 Asistencia técnica

Los diagnósticos recientes realizados en el país sobre el tema de asistencia técnica “*Análisis de las reformas a los SETTA*” (Tami, et al., 2013) y CONPES de Política nacional de CTi 2016-2015<sup>40</sup>, han mostrado las dificultades para que el servicio de asistencia técnica a la pequeña agricultura cumpla con su mandato de ser universal y obligatorio. Para lograr las metas propuestas para la asistencia técnica agropecuaria (ATA) será necesario superar al menos las siguientes dificultades: a) la desigualdad, variedad y desarticulación de capacidades en las distintas dimensiones territoriales, b) la inestabilidad y volatilidad de los arreglos institucionales y su financiamiento por parte del Estado, según las categorías de usuarios definidas en la política c) una baja suficiencia, oportunidad, calidad y pertinencia de la ATA, d) la desarticulación de la

<sup>40</sup> La política de CTi, se basa principalmente en cuatro componentes estratégicos: i) generación de conocimiento, ii) transferencia del conocimiento y tecnología, iii) innovación y emprendimiento iv) gobernanza del sistema.

ATA con los entornos de mercado y entre las empresas y las entidades de soporte como las universidades y centros de investigación, d) niveles bajos de asociatividad y capital social en los productores rurales que no solo dificultan y encarecen la prestación del servicio, sino que se constituye en un obstáculo a la formación de redes de conocimiento y a la generación de sistemas locales de innovación y, e) la falta de conexión entre la oferta y demanda de soluciones tecnológicas y su implementación en el sector productivo, así como el bajo emprendimiento, f) la ausencia de estrategias para realizar un adecuado seguimiento y evaluación de este servicio y de sus efectos y resultados.

La ATA no sólo es un servicio público, sino que es en sí misma un bien público esencial al fortalecimiento de la competitividad sectorial. En este sentido la política pública y sus instrumentos tienen la responsabilidad de garantizar la igualdad del servicio para los pequeños productores del país, por esta razón, las diferencias existentes en la forma como la misma viene siendo prestada a partir de incentivos (directa, gremial y especial) hace particularmente difícil seguir el rastro a la calidad, oportunidad, suficiencia y pertinencia de la misma con respecto a las demandas de los productores en contextos territoriales específicos.

El servicio debe atender la complejidad socio técnica que implica reconocer que los requerimientos asociados a los procesos de innovación no dependen exclusivamente de la entrega de dispositivos tecnológicos. Es claro que la innovación supone reconocer dimensiones organizacionales, de formación de capacidades individuales de alto impacto, de generación de capital social y de articulaciones público-privadas en contextos locales, departamentales y regionales de mercado, todo ello en perspectivas de sistemas de innovación.

La prestación del servicio de ATA bajo modelos de sistemas de innovación establece fuertes demandas a la formación de redes de conocimiento en las cuales el papel de los productores y sus saberes deben ser reconocidos como esenciales a la puesta en marcha y fortalecimiento de estas estructuras. De igual forma, requiere reglas de juego claras que posibiliten afianzar la cooperación e interacción de y entre las instituciones que tienen la responsabilidad de definir las políticas y programas y su ejecución, para promover la CTi y su incorporación al sector productivo, la instrumentalización del marco normativo y mecanismos para su coordinación, definición de roles y competencias, así como la vinculación con otras políticas afines que potencien los esfuerzos por parte del gobierno en la materia.

El servicio de ATA para la pequeña<sup>41</sup> y mediana agricultura debe tener dentro de sus atributos los siguientes: i) contribuir a identificar necesidades específicas de los diferentes usuarios para resolver problemas concretos, ii) orientar y direccionar la toma de decisiones en torno a la incorporación de sistemas productivos, iii) generar insumos para el desarrollo de la investigación científica y tecnológica, así como aumentar la generación de conocimiento científico de alto impacto iv) contribuir al desarrollo de conocimientos locales y a la generación del diálogo de saberes, así como el intercambio de información y la transformación de la misma

<sup>41</sup> Es importante precisar que la asistencia técnica es útil para pequeños productores que tienen una base de activos productivos mínima que pueda mejorar su desempeño y generar ingresos significativos. No es útil para aquellos pobres rurales sin activos a los cuales el Estado debe atender de otras maneras.

en conocimiento, v) incorporar perspectivas de género en la atención a los procesos socio productivos y, vi) hacer evidente la dimensión ambiental de los procesos socio técnicos en el sector, entre otros.

Los atributos señalados marcan el valor que, para el cumplimiento de los mismos, tienen la formación y actualización del capital humano para la generación, absorción y difusión del conocimiento, especialmente del asistente técnico, y la necesidad de reglas y herramientas que son necesarias poner en marcha para la certificación de sus competencias.

La aspiración de configurar la ATA como un servicio gratuito, obligatorio y universal para pequeños y medianos agricultores, usuarios del fondo de tierras, entre otros, definidos en la política pública, que resulte oportuno, pertinente y de calidad, implica una gran complejidad que requiere para su comprensión: (i) una política pública diferenciada y con enfoque territorial que contemple su instrumentalización y complementación a partir del Decreto 2364 de 2015 con referencia a la ATA y el SNCTA, (ii) una fuerte base de información y estadísticas articuladas nacionalmente (iii) fortalecer las capacidades, (iv) un adecuado sistema de seguimiento y evaluación que dé cuenta de lo que ocurre en los territorios, entre otros.

## 6 Capacidades en recurso humano e infraestructura<sup>42</sup>

### 6.1 Introducción

La Ciencia, la Tecnología y la Innovación (CTi) han sido identificadas por la sociedad colombiana como fuente de desarrollo y crecimiento económico para todos los sectores de la economía, incluido el agropecuario; utilizar esta vía de desarrollo en el sector requiere de una política de Estado con estrategias que incrementen la capacidad del país para generar y usar conocimiento científico y tecnológico para el campo. Para lograrlo es necesario articular los esfuerzos del Sistema de Educación Superior y Terciaria y del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación (OCyT, 2011) y fortalecer las capacidades físicas y organizativas de las instituciones vinculadas al Sistema.

Para construir una propuesta de estrategias fue necesario conocer y analizar la situación actual de la educación en el sector agropecuario en todos los niveles; y de las capacidades en ciencia y tecnología, a través de la definición de una serie de indicadores, para cuantificar las capacidades en CTi que posee el sector. En este diagnóstico se presenta la información de las políticas e incentivos con las que dispone el país para el fortalecimiento de capacidades, información de graduados por nivel de formación, tanto en las áreas afines al sector como el total nacional, la información nacional de programas de formación, becas y créditos otorgados y apoyos a los CDT y centros de investigación del sector. Adicional a esto se tomó la información de CTi reportada por parte de Colciencias, En relación con los grupos de investigación registrados y reconocidos en la convocatoria del año 2012, la cual fue actualizada con los resultados de las

<sup>42</sup> Carlos Alberto Contreras Pedraza, I. Ind, Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: calcontreras@corpoica.org.co

convocatorias 2013, 2014 y 2015 de donde se extrajo la información referente al sector agropecuario y se analizaron los cambios en los resultados, con el fin de construir información sectorizada en CTi la cuál era incipiente. Adicionalmente se comparó la situación del sector frente a referentes en la región en temas de CTi con el fin de identificar brechas que complementaron la formulación de las estrategias.

## 6.2 Antecedentes de políticas e incentivos en la formación de capacidades

La revisión de los antecedentes normativos y de política permitió identificar la inexistencia de una ley única para el Sistema de Educación Nacional y la desarticulación entre algunos organismos gubernamentales e instituciones centrales. Los distintos niveles y modalidades de educación en Colombia están respaldados por un marco normativo complejo e insuficiente, lo que lleva a que los procesos, responsables y objetivos no estén alineados con un propósito común de país al que el sistema educativo debe servir (CESU, 2014). También se identificó una serie de programas e iniciativas que en varios casos no permean en el tiempo y las cuales en algunos casos de desarrollan de forma desarticulada entre las instituciones que hacen parte del sistema. Por otra parte, los incentivos de becas y apoyos de los diferentes programas no poseen una articulación con las áreas requeridas de formación en el país, son incentivos que se otorgan por demanda y en las carreras que los beneficiarios elijan. En general existen una serie de instrumentos que deben ser evaluados a la luz de lo requerido por el SNCTA, con el propósito de robustecerlos o redefinirlos. Por otra parte, es necesario articular todos estos instrumentos con lo propuesto en la política de CTi y con lo definido en el PECTIA. Resulta necesario unir esfuerzos entre las instituciones formuladoras de políticas de educación, formación y desarrollo agropecuario y rural como el MEN, el SENA y el MADR y las instituciones encargadas de la administración de los incentivos y recursos para formación como Colciencias e ICETEX, con el objetivo de focalizar recursos y acciones a implementar.

Por otro lado, se encontró que El SENA es una de las instituciones con mayor presencia nacional, sobre todo en las zonas rurales, donde han desarrollado diferentes programas de formación y capacitación para el sector agropecuario, sin embargo, ésta depende directamente de MinTrabajo, y solo recientemente ha empezado a articularse con el MEN, identificándose como una Institución de Educación Superior (IES). Esta institución debe ampliar la cobertura de los programas, con calidad y pertinencia, en articulación con el MADR y sus entidades asociadas también, puede aumentar la flexibilidad y oportunidad en la atención con formación, proyectos productivos y el fortalecimiento al productor y los esquemas asociativos para la producción, comercialización y generación de bienestar social a través de la actividad agropecuaria.

## 6.3 Situación de la educación rural en Colombia

En términos generales, si bien existen experiencias educativas significativas en el sector rural, su sistematización y análisis, con el fin de eventuales réplicas o escalamientos, es escasa. De igual forma, la información estadística sobre el tema resulta insuficiente para comprender de manera cabal, tanto las dinámicas de formación de recurso humano en sus diferentes niveles, como las interacciones y correlaciones de esos procesos con fenómenos asociados al desarrollo de la CTi sectorial. En este sentido se hizo el esfuerzo por poder identificar datos sectoriales de

formación en la población rural donde se observan esfuerzos por garantizar cobertura en las zonas rurales, sin embargo aún existe una brecha notoria con el sector urbano; sumado a esto los aspectos de calidad docente e infraestructura son una de las grandes problemáticas en las zonas rurales, las cuales inciden en la calidad de la educación, así mismo aspectos que inciden en la calidad de vida de esta población influyen en las tasas de deserción, las cuales son mayores en cerca del 20 % que en las zonas urbanas.

Al analizar el entorno educativo en la zona rural, se evidencia con la información disponible que el sistema educativo nacional todavía no tiene la capacidad de garantizar la totalidad de la población rural el goce pleno del derecho a la educación, así mismo la influencia de los problemas de orden público, las altas tasas de deserción, falta de infraestructura educativa entre otros ha afectado tanto a estudiantes como maestros y directivos en el desempeño de sus actividades (MEN 2015a).

El índice de analfabetismo de la población rural mayor de 15 años ascendía al 12,4 %, mientras que en las zonas urbanas es del 5,2 %. (DANE, 2014), evidenciándose una brecha social notoria. Esto puede ser explicado por las tasas de cobertura de la educación en el país, las cuales según (MTC, 2015), en las zonas rurales es baja en básica secundaria (55 %) y media (25 %), especialmente en las zonas de mayor dispersión poblacional, mientras en las zonas urbanas, esta cobertura es superior en aproximadamente 20 puntos en cada nivel de formación.

En lo que respecta a finalización de los niveles de formación, según DANE (2014), el 96 % de los jóvenes urbanos que inician estudios y el 88 % de jóvenes rurales, culminan la básica primaria. Por el contrario, en el nivel básico (novenio grado), el 74 % de los urbanos concluye mientras que el (50 %) de los jóvenes rurales culmina. Por su parte, los jóvenes entre 15 y 24 años también presentan diferencias importantes en la escolaridad alcanzada por, la cual es de 8,1 años entre los de centros poblados y zonas rurales dispersas y 10,2 años para los de áreas urbanas; en el rango datario entre los 35 años y más se observa en las zonas rurales que tienen en promedio 4,1 años de escolaridad, cifra que significa menos que los años de la primaria, mientras que quienes residen en áreas urbanas alcanzan 8,5 años (DANE, 2014).

En Colombia, de acuerdo a los datos de MEN (2016) existen 32.030 colegios distribuidos en el país, de los cuales el 70,1 % (22.739) se encuentran en funcionamiento. Como colegios rurales se identifican 8.386 instituciones, de las cuales el 96 % se encuentran activos. El departamento con mayor cantidad de colegios rurales es Nariño con 2.097 instituciones, lo que representa el 26,1 % del total nacional. En Colombia los colegios se pueden clasificar por especialidad, existiendo dentro de las categorías los de tipo agropecuario<sup>43</sup>, de los cuales, los que se encuentran activos, el 81,4 % tiene carácter rural. Se identificaron 1.233 colegios con énfasis agropecuarios, de las cuales el 98 % se encuentran activas como se presenta en el Cuadro 6.1. Esto significa que solo el 3,77 % de los colegios reconocidos en el país están activos y con énfasis agropecuario, una tasa baja considerando que la agricultura es la principal fuente de sustento de la población rural. Los departamentos con mayor cantidad de colegios agropecuarios son

<sup>43</sup> En Colombia los colegios se pueden diferenciar por rural y urbano. Adicionalmente los clasifican en académico, técnico, comercial, agropecuario, entre otros. Esta sección aborda los colegios rurales y los colegios agropecuarios.

Cauca y Valle con 119 instituciones cada uno, con una participación del 9,8 % del total nacional cada uno.

**Cuadro 6.1. Distribución colegios agropecuarios por departamento**



Departamento	Colegio Agropecuario	Colegio Rural	Participación total colegio agropecuario
Valle del Cauca	119	536	9,84 %
Cauca	119	265	9,84 %
Magdalena	93	197	7,69 %
Boyacá	79	287	6,53 %
Nariño	76	2.097	6,29 %
Bolívar	69	231	5,71 %
Antioquia	67	779	5,54 %
Resto del País	587	3.636	48,55 %
<b>Total</b>	<b>1209</b>	<b>80.28</b>	<b>100,00 %</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MEN(2016c)

Sumado a las problemáticas de cobertura y deserción, los colegios rurales y agropecuarios poseen otra serie de dificultades como calidad, infraestructura, entre otros. Estudios como el de Jaramillo et al. (2014) analizan el tema de la calidad docente de estas instituciones, encontrando para el año 2011, según los datos de la resolución 166<sup>44</sup>, que más del 41 % de los docentes rurales de primaria no cuentan con un título universitario, donde incluso un número considerable de éstos solo tienen Bachillerato como máximo nivel. En el nivel educación media se encontró que el 22 % de docentes que se rigen mediante la Ley 2277 no cuentan con título universitario al igual que el 10 % de los que se rigen por la Ley 1278.

Esta situación evidencia una brecha con relación a otros países de referencia como Singapur, Finlandia, Canadá (Ontario) y Corea del Sur, donde todos tienen en común que los docentes son profesionales universitarios con más de cuatro años de formación, mientras en Colombia cerca de la tercera parte de los docentes en primaria y casi una cuarta parte de los docentes en secundaria tienen menos de cuatro años de formación terciaria (Jaramillo et al. 2014). Otro de los aspectos analizados en estas instituciones fue la infraestructura, la cual según los resultados de MEN (2015) en la zona rural adolece de un gran atraso con respecto a la de la zona urbana, en materia de calidad, donde un alto porcentaje de las escuelas rurales y de las cabeceras de los municipios funcionan en condiciones de precariedad, por insuficiencia y mal estado de las instalaciones, carencia de baterías sanitarias y otros servicios, falta de acceso a agua potable, carencia o insuficiencia de habitaciones para los docentes, entre otros.

En la medida que aumenta el nivel de formación, las brechas de cobertura y acceso son más marcadas entre la población rural y urbana, en donde a pesar de los esfuerzos del estado, la oferta de formación aún se concentra en las grandes ciudades, haciendo que los programas implementados para que la población rural acceda a la educación, impliquen su traslado desde

<sup>44</sup> Para entender la descripción de las características de los docentes es importante saber que los maestros en Colombia están regulados por dos decretos ley diferentes. El primero de ellos es el Decreto Ley 2277 de 1979 y el segundo el Decreto Ley 1278 del 2002.

sus zonas de origen a las zonas urbanas, lo cual incentiva en muchos casos que esta población no retorne.

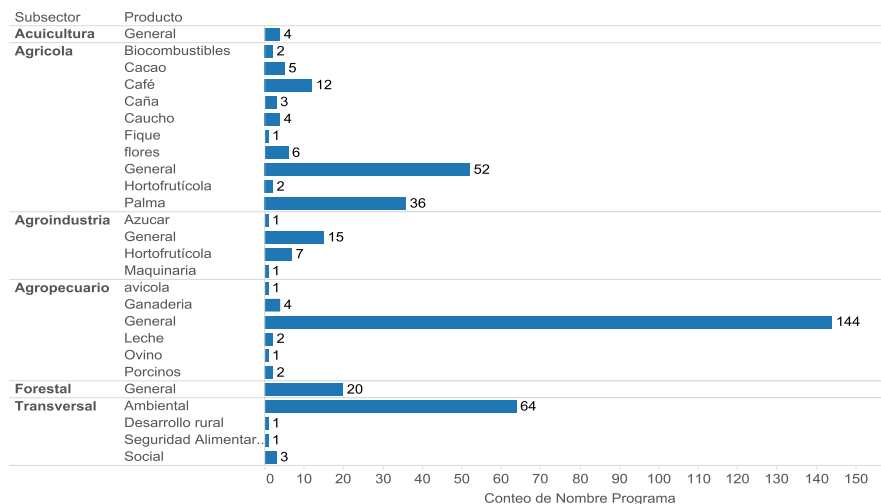
## 6.4 Situación de la formación técnica, técnica laboral y tecnológica

De acuerdo con Hernández y Becerra, 2013 (citados por MEN, 2015), las actividades agropecuarias y las nuevas actividades del sector rural, reclaman fortalecer la formación de personas con alta y especializada formación técnica y profesional para elevar la productividad y poner al alcance del país los desarrollos más avanzados, sin embargo, en la educación terciaria, la cobertura alcanzada es mínima y la oferta para las zonas rurales y de gran dispersión poblacional es limitada. Según datos de MEN (2015), en 2013, mientras que en la zona urbana el 29,7 % de los jóvenes mayores de 17 años obtenía un título en educación superior, en la zona rural, sólo lo hacía el 5,1 %. En Colombia se identificaron para el año 2015 un total de 716 programas de formación técnica, tecnológica y técnicos laborales, los cuales se detallarán a continuación.

### 6.4.1 Formación para el trabajo en el sector agropecuario

Se identificaron en educación para el trabajo en el año 2015 un total de 394 programas de formación con afinidad al sector agropecuario, con 2587 estudiantes matriculados. Estos programas están distribuidos en temas agropecuarios 39 %, agrícola 31 %, agroindustria 6 %, forestal 5 %, acuicultura 1 % y en temas transversales como ambiental, agroturismo, manejos aguas y suelo, entre otros con 18 %. Estos programas están concentrados principalmente en los departamentos de Antioquia (75), Cesar (43), Meta (40) y Córdoba (29) (Figura 6.1), observándose que solo abarcan de manera específica unos cuantos productos, viéndose una ausencia de programas técnicos laborales específicos en muchas cadenas del sector.

**Figura 6.1. Distribución programas de formación técnica laboral afines al sector**

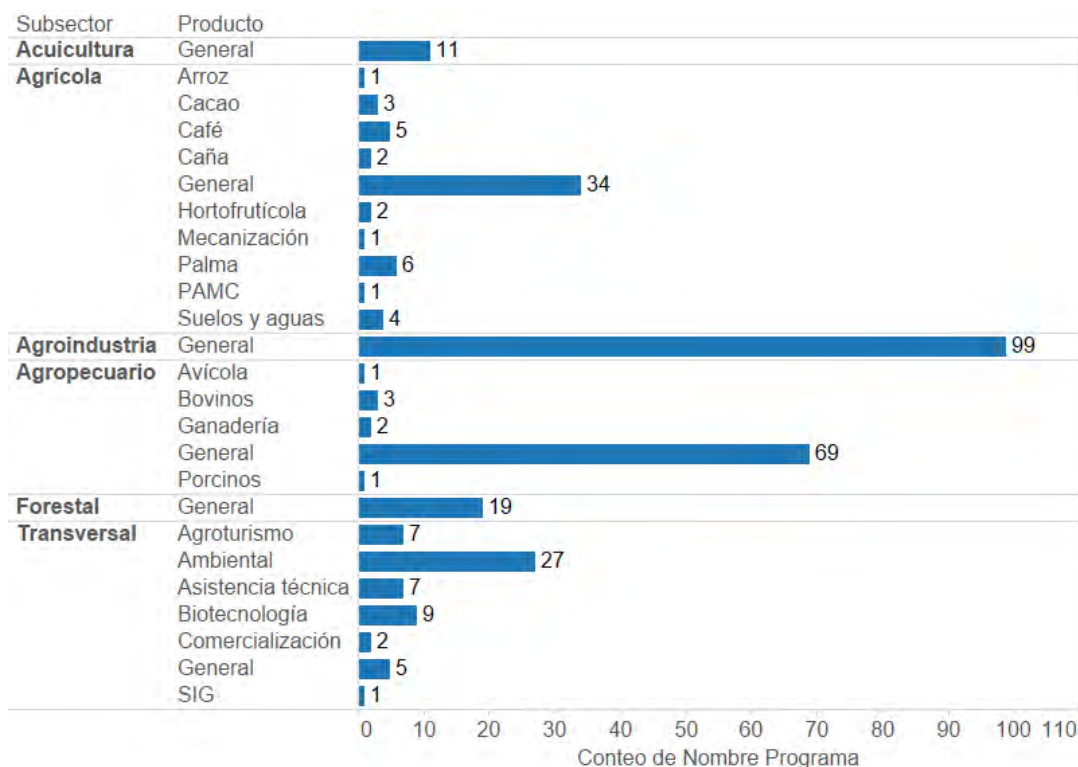


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MEN(2016d), software de análisis Tableau

### 6.4.2 Formación técnica y tecnológica en el sector agropecuario

La formación técnica profesional presenta un total de 89 programas, concentrados en agroindustria 27,2 %, agrícola 25 %, agropecuario 21,5 %, forestal 7,9 %, acuícola 4,5 % y transversal con 13,6 %. Estos se concentran en los departamentos de Santander (13), Bogotá (13) y Caldas (12). Para formación tecnológica se identificaron 236 programas, siendo el SENA la institución con mayor cantidad de oferta con 49 programas seguido de la Universidad de Antioquia (15), Universidad del Valle (11) y el Tecnológico de Antioquia (11); en relación con el enfoque, agroindustria con el 32 % es el principal (Figura 6.2).

**Figura 6.2. Distribución programas de formación técnica y tecnológica afines al sector**



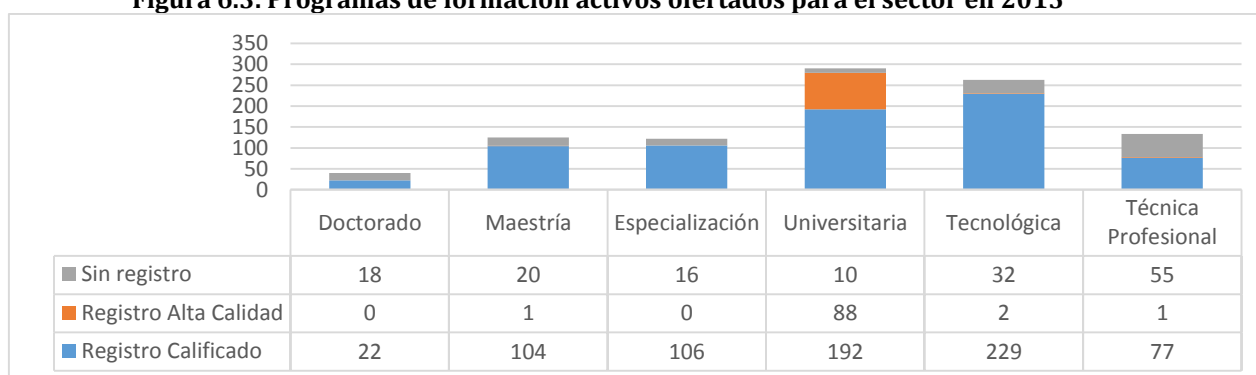
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MEN(2016d), software de análisis Tableau

Es de resaltar la labor del El SENA, la cual ha sido una de las instituciones más importantes en la formación de trabajadores de las áreas rurales de Colombia, inicialmente con atención móvil en las zonas rurales y posteriormente con la creación en la década de los 60 de los centros agropecuarios. En la actualidad existen 32 centros agropecuarios ya agroindustriales, distribuidos en todo el país, con la capacidad de atender en sus instalaciones y fuera de ellos a las comunidades rurales, mediante estrategias de formación flexibles y enfocadas a fortalecer además del componente tecnológico, las capacidades de comercialización, gestión de crédito y promover las organizaciones solidarias campesinas.

## 6.5 Situación de la formación en niveles universitarios y posgrado

En lo que respecta a programas de formación en todos los niveles registrados por el MEN, se identificó un total nacional de 1.772 programas con afinidad al sector en el año 2015, de los cuales se encuentran activos 973 distribuidos en seis niveles de formación. Lo que representa una participación del 8,05 % en el total nacional de programas de formación. El 71 % de los programas ofertados activos corresponde a los niveles tecnológicos, técnico profesional y profesional, siendo este último el que mayor concentración tiene con el 30 %. Por su parte, los programas de posgrados participan con el 30 % del total de programas, en los que se evidencia una baja oferta a nivel de doctorado, con solo el 4 %, y en áreas de conocimiento como medicina veterinaria, e ingeniería agrícola, forestal y afines se registra un programa ofertado, identificando una falencia en la oferta de doctorados para el sector, requiriendo fortalecer con alianzas estratégicas la formación de profesionales del sector a nivel de doctorado en otros países con oferta en áreas estratégicas para responder a las necesidades de CTi (Figura 6.3).

**Figura 6.3. Programas de formación activos ofertados para el sector en 2015**



Fuente: Elaborado por el Corpoica a partir de información del SNIES<sup>45</sup> Fecha de consulta y actualización: 8 de marzo de 2016. Incluye la información de los programas del SENA

Para el análisis de estudiantes matriculados y graduados afines al sector se analizaron todos los programas registrados ante el Ministerio de Educación Nacional y se seleccionaron aquellos que tienen relación y aportan a la formación de capacidades del sector, debido a que en estudios previos solo se consideran los programas de los núcleos básicos de conocimiento - NBC - de agronomía, medicina veterinaria, y zootecnia, sin considerar NBC como ingeniería agronómica, pecuaria y afines, ingeniería ambiental, sanitaria y afines, ingeniería agrícola, forestal y afines, ingeniería agroindustrial, alimentos y afines, entre otras que forman capacidades en el sector.

En lo referente a estudiantes matriculados, en el año 2013 se registraron un total de 2.037.886 estudiantes de todos los niveles de formación de los cuales los programas afines al sector participan con el 6,2 % del total. Para el sector se evidencia un crecimiento constante de estudiantes matriculados en todos los niveles de formación de pregrado y posgrado pasando de 51.836 estudiantes en el año 2000 a 126.52 en el 2013, lo que equivale a un crecimiento del

<sup>45</sup> <http://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-article-212400.html>

144 % en 13 años. Este crecimiento es el resultado de las políticas gubernamentales que facilitan el acceso a la educación superior, la mejora de la economía de los hogares y la mejora de la oferta de programas por parte de las IES.

En relación con los programas de posgrado es de resaltar la tasa de crecimiento de los niveles de doctorado y maestría los cuales han pasado de 18 y 419 estudiantes respectivamente en el año 2000 a 679 y 3.220 respectivamente en el año 2013, por su parte los estudiantes de especialización presentaron una tendencia decreciente hasta el año 2007. En lo relacionado con los NBC con mayores estudiantes matriculados, en el año 2013 se observa que agronomía es el de mayor concentración de estudiantes con 16,4 % seguido de administración con 10,4 % y biología con 10,2 %. En el nivel de doctorado el principal NBC es biología, microbiología y afines con el 61,7 % de estudiantes matriculados, seguido de agronomía con 29,3 %.

En lo relacionado con los NBC con mayor número de estudiantes matriculados, en el año 2013 se observa que ingeniería agroindustrial, alimentos y afines es el de mayor concentración de estudiantes con 15,3 % seguido de agronomía con 14,9 % y administración con 13,4 % como se observa en el Cuadro 6.2. En el nivel de doctorado el principal NBC es biología, microbiología y afines con el 60 % de estudiantes matriculados, seguido de agronomía con 30,6 %.

**Cuadro 6.2 Estudiantes afines al sector matriculados por NBC año 2013**

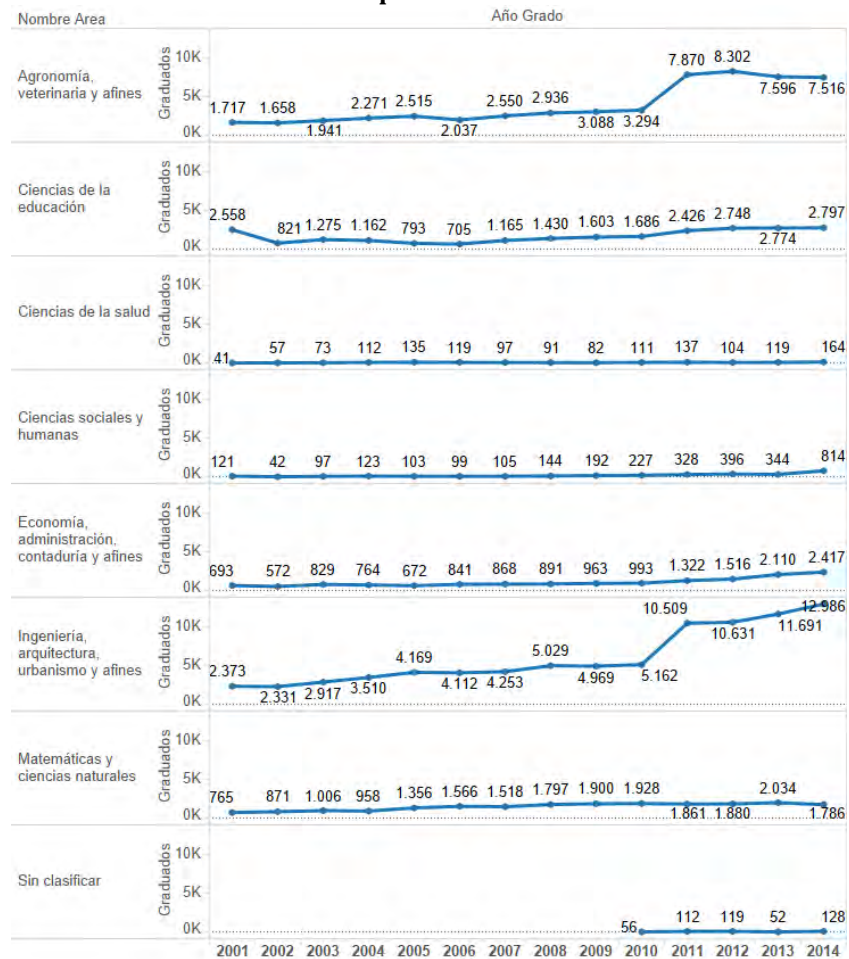
Núcleo Básico de Conocimiento	Participación año 2013
Agronomía	16,4 %
Administración	10,4 %
Biología, microbiología y afines	10,2 %
Educación	10 %
Ingeniería ambiental, sanitaria y afines	10 %
Zootecnia	9,7 %
Medicina veterinaria	9,2 %
Ingeniería agroindustrial, alimentos y afines	8,3 %
Ingeniería agronómica, pecuaria y afines	6,7 %
Ingeniería agrícola, forestal y afines	6,1 %
Otros NBC	2,8 %

Fuente: Elaborado por el Corpoica, a partir de datos del MEN-SNIES-OLE. Fecha de consulta y actualización: 10 de agosto de 2016

En lo que respecta a graduados, durante el periodo 2001-2014 se formaron en Colombia un total de 173.530 (5,8 %) técnicos profesionales, 562.360 (18,8 %) tecnólogos, 1.609.445 (53,7 %) profesionales universitarios, 574.223 (19,2 %) especialistas, 71.776 (2,4 %) magísteres y 2.254 (0,08 %) doctores, observándose un incremento sostenido en todos los niveles de formación en el periodo 2001 a 2014, en el que, por ejemplo, en maestría se pasó de 1811 egresados en 2001 a 11.342 en 2014, y en doctores de 33 a 258, en el mismo periodo. Los graduados afines al sector presentan una tasa creciente en todos los niveles de formación, en donde se pasó de 8.268 en el año 2001 a 28.608 en el año 2014, y la proporción con respecto al total nacional paso del 5,96 % en 2001 al 8,32 % en 2014, sin embargo, la participación respecto al total de graduados en el país en los 13 años es baja, siendo del 7,5 % para los programas de pregrado y del 4,6 % para posgrado.

Por nivel de formación, en el sector la concentración de graduados es profesionales universitarios 56,8 %, tecnológico 26,4 %, especialización, 10,8 %, técnico profesional 2,3 % mientras que los programas de doctorado y maestría solo registran un 0,2 % y 3,44 %, respectivamente, lo que evidencia un reto para el país de aumentar la cantidad de graduados en estos niveles, para mejorar sus capacidades en actividades de CTi, considerando que la formación doctoral tiene por objeto la cualificación de investigadores con capacidad de realizar y de orientar en forma autónoma procesos académicos e investigativos en áreas específicas de un campo del conocimiento.

**Figura 6.4. Graduados en áreas afines al sector agropecuario en IES colombianas, 2001 - 2014, por NBC**



Fuente: Elaborado por Corpoica, a partir de datos del MEN-SNIES-OLE. Fecha de consulta y actualización: 10 de agosto de 2016. Software de análisis Tableau.

En lo relacionado con los NBC con mayor número de estudiantes graduados en el periodo de análisis, se observa ingeniería ambiental, sanitaria y afines es la de mayor concentración de

graduados con 22,4 % seguido de agronomía con el 12,8 %, educación con 11,6 %, biología y afines con el 10 %, ingeniería agroindustrial, alimentos y afines con 7,6 % y medicina veterinaria con 7,1 %. Cabe resaltar el crecimiento de los graduados en el NBC de ingeniería ambiental, el cual pasó de 672 graduados en 2001 a 8.915 en 2014 (Figura 6.4). A nivel de posgrados las principales áreas son biología en doctorado y maestría con 248 y 2.458 graduados respectivamente e ingeniería ambiental en especialización con 10.329 graduados, lo que equivale al 46,4 % del total de graduados en áreas afines en este nivel de formación.

Adicionalmente, la mayor concentración de graduados afines al sector se encuentra en Bogotá con el 25,7 % del total nacional, seguido de Antioquia con 12,8 % y Valle del Cauca con el 7,2 %. Es de resaltar que, del total de graduados en doctorado, el 86,6 % está concentrados en Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca, así como los graduados de maestría, con el 80 %, en estos mismos departamentos; esta concentración de capacidad, sumada a la baja cantidad de personal formado en este nivel, plantea un reto grande para el sector, con miras a atender las necesidades en las demás regiones del país.

En relación con la vinculación laboral, se evidencia una brecha notoria de los egresados afines al sector respecto al promedio nacional, siendo un factor desestimulante de las nuevas generaciones para acceder a formarse en estos programas, así mismo la brecha salarial identificada entre hombres y mujeres, presenta grandes retos al país, para encaminar acciones que disminuyan estas brechas de género. De acuerdo con lo reportado por el OLE en 2015<sup>46</sup>, el salario reportado por los egresados vinculados a las empresas asociadas al sector de agricultura, silvicultura y pesca, presenta un incremento en el 2013 del 21,6 % respecto los reportado en el 2012, sin embargo al analizar el ingreso promedio de los egresados por programas relacionados con el sector agroindustrial, este se encuentra por debajo del promedio nacional en todos los niveles, excepto para el caso de los doctorados, donde las cifras están por encima del promedio nacional. Esto refleja la necesidad de aportar mayor tecnificación al campo dado el alcance para generar nuevos empleos y favorecer a población vulnerable.

En el 2013 la mayor brecha respecto al promedio nacional se presenta en los del nivel de especialización y maestría de los NBC analizados con el 18,4 % y 22,5 % respectivamente. Al analizar el salario promedio por sexo en 2013, se observa que existe una brecha salarial entre hombres y mujeres en todos los niveles de formación afines al sector, siendo los niveles de maestría y doctorado donde se presenta la más amplia con el 16 %, lo cual es un indicio de que a iguales condiciones académicas a las mujeres se les paga menos. Esta situación genera una dificultad para lograr la incorporación de recurso humano calificado, ya que el desincentivo de la diferencia salarial entre este sector y otros es notoria.

Otro de los temas abordados en el diagnóstico fue la comparación con referentes regionales en CTi sectorial, donde se identificó que el capital humano altamente calificado en Colombia es bajo en comparación con el promedio de América Latina. Para analizar las capacidades nacionales en comparación con otros referentes, se tomó como base el trabajo de (Trigo,

<sup>46</sup> Información consultada en <http://www.graduadoscolombia.edu.co/> el 10 de marzo de 2016

Pomareda, & Federico, 2012), el cual fue financiado por el IICA con el objetivo realizar un análisis de la situación de los Institutos de Nacionales de Investigación cum Innovación Agropecuaria y afines en América Latina (INIA)<sup>47</sup> con el fin de dar directrices para que estos puedan responder cada vez mejor a las exigencias en la agricultura y ser más relevante de los sistemas de innovación agrícola. En 2012 se graduaron 6,6 doctores por millón de habitantes, mientras que se registraron en Brasil (70,6) y México (43,7) doctores graduados por millón de habitantes, es decir que Brasil presentó 10 veces el número de personas con doctorado frente Colombia y México 8 veces (RICYT, 2015)<sup>48</sup>. El sector agropecuario reportó en el 2013 un total de 805 investigadores de acuerdo a los resultados de la encuesta ASTi, lo cual da un indicador estimado entre 20-21 investigadores agropecuarios por millón de habitantes, de este total 173 son doctores. Embrapa en Brasil reporta 2125 doctores.

### **6.5.1 Conclusiones de la situación de formación para el sector**

Los distintos niveles y modalidades de educación en Colombia están respaldados por un marco normativo complejo e insuficiente, lo que lleva a que los procesos, responsables y objetivos no estén alineados con un propósito común de país al que el sistema educativo debe, así mismo la inexistencia de una ley única para el sistema de Educación Nacional, y en la desarticulación entre algunos organismos, ha conducido a desarrollar sus acciones muchas veces de manera independiente sin considerar las acciones llevadas a cabo por otras instituciones, por lo que se hace necesario generar instancias de coordinación institucional con el fin de articular esfuerzos.

Por otro lado, El SENA es una institución que depende directamente de MinTrabajo, y solo recientemente ha empezado a articularse con el MEN, identificándose como una Institución de Educación Superior – IES. Así mismo El SENA debe trabajar de manera articulada con el MADR en el desarrollo de sus programas de formación para el sector, con el fin de darle pertinencia a su accionar, y de esta forma responder a las necesidades del sector. El SENA es una de las instituciones con mayor presencia nacional, sobre todo en las zonas rurales, donde han desarrollado diferentes programas de formación y capacitación para el sector agropecuario.

Sumado a la articulación institucional, El SENA debe ampliar la cobertura de los programas, con calidad y pertinencia, en articulación con el MADR y sus entidades asociadas, los gremios del sector y demás instituciones; por otra parte puede aumentar la flexibilidad y oportunidad en la atención con formación, proyectos productivos y el fortalecimiento al productor y los esquemas asociativos para la producción, comercialización y generación de bienestar social a través de la actividad agropecuaria.

En la medida que aumenta el nivel de formación, las brechas de cobertura y acceso son más marcadas entre la población rural y urbana, en donde a pesar de los esfuerzos del estado, la oferta de formación aún se concentra en las grandes ciudades, haciendo que los programas implementados para que la población rural acceda a la educación, impliquen su traslado desde sus zonas de origen a las zonas urbanas, lo cual incentiva en muchos casos que esta población

<sup>47</sup> Para Colombia, históricamente el IICA ha considerado a Corpoica como INIA

<sup>48</sup> Citado por DNP (2015). Conpes Política de CTI 2016-2025 - Borrador

no retorne. El sector presenta una tasa promedio de crecimiento anual de los graduados afines superior al promedio nacional; así mismo, se observa una tasa de crecimiento superior en los programas de posgrados, frente a los de pregrado, demostrando un interés del país en fortalecer sus capacidades para el sector; no obstante, estas tasas de crecimiento siguen siendo insuficientes cuando se analiza la proporción de graduados respecto al total nacional.

Por nivel de formación, los magíster y doctores del sector tienen una baja participación en el total nacional, lo que evidencia un reto para el país de aumentar la cantidad de graduados en estos niveles, para mejorar sus capacidades en actividades de CTi, considerando que la formación doctoral tiene por objeto la cualificación de investigadores con capacidad de realizar y de orientar en forma autónoma procesos académicos e investigativos en áreas específicas de un campo del conocimiento. Adicionalmente, la mayor concentración de graduados afines al sector se encuentra en la región Andina, lo que plantea un reto grande para el sector, con miras a atender las necesidades en las demás regiones del país.

Este panorama presenta mayores retos para el sector cuando se profundiza en los NBC de los doctores y magíster, encontrándose que el sector presenta una proporción muy baja de graduados en estos niveles, con respecto a otras áreas del conocimiento, es de resaltar que los NBC de zootecnia, ingeniería agrícola, forestal y afines, ingeniería agroindustrial, alimentos y afines, ingeniería agronómica, pecuaria y afines no reportan ningún graduado en el nivel de doctorado en el periodo de análisis, por lo que se hace entonces necesario que las entidades que actualmente poseen oferta en estos NBC, continúen fomentando la formación en estas áreas, para lo que se requiere fortalecer en los programas de formación existentes y aumentar la oferta en aquellos niveles y NBC donde se presenta escasez o inexistencia en el país.

En relación con la vinculación laboral, se evidencia una brecha notoria de los egresados afines al sector respecto al promedio nacional, siendo un factor desestimulante de las nuevas generaciones para acceder a formarse en estos programas, así mismo la brecha salarial identificada entre hombres y mujeres, presenta grandes retos al país, para encaminar acciones que disminuyan estas brechas de género.

## 6.6 Instituciones de I+D+i del sector agropecuario

En Colombia las capacidades para el desarrollo de la I+D están concentradas en Instituciones de Educación Superior (IES), centros de investigación y de desarrollo tecnológico los cuales poseen la mayor cantidad y calidad de investigadores, grupos de investigación y de infraestructura de CTi disponible. En el sector agropecuario existen alrededor de 176 instituciones de CyT, 7 centros de investigación, 5 centros de desarrollo tecnológico, 790 grupos afines al sector y 216 laboratorios certificados por el ICA; esta capacidad se encuentra concentrada principalmente en Bogotá, Antioquia y Valle. El país no dispone de información sobre las características y la capacidad de la infraestructura física disponible la cual se encuentra en proceso de levantamiento y análisis.

De las 176 instituciones de CyT señaladas, la mayor parte se encuentran concentrada en los departamentos de Bogotá D.C. con 58 instituciones (33 %), Antioquia con 23 (13,1 %), Valle del

Cauca con 16 (9,1 %) y Santander con 9 (5,1 %). Departamentos como San Andrés y Providencia, Amazonas, Guainía y Vichada no registran este tipo de instituciones y entidades como la Universidad Nacional de Colombia que poseen sedes en San Andrés y Providencia y Amazonas, no registra ningún grupo de investigación vigente. Los demás departamentos del país registran entre una y 10 instituciones de CyT afines al sector.

## 6.7 Grupos de investigación

En relación con los grupos de investigación, de acuerdo a Colciencias (2016), en Colombia se registran en la plataforma Scienti más de 16 mil grupos de investigación, de los cuales, 6.768 registros de GrupLAC que fueron avalados por las instituciones para participar en la Convocatoria 737 de 2015. De los registros avalados, 4.638 fueron reconocidos como Grupo de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación. Se resalta que 5.796 registros de grupos estuvieron inscritos al proceso de clasificación y 4.458 cumplieron con las condiciones para reconocimiento. La distribución de la categorización de grupos es la siguiente: Grupos A1: 408, Grupos A: 549, Grupos B: 952, Grupos C: 1.939 y Grupos D: 610.

El Cuadro 6.3 relaciona los grupos registrados y avalados en 2016, donde se observa que el 31 % de los grupos reconocidos pertenecen a las Ciencias Sociales, el 20 % a las Ciencias Naturales, 17 % a las Ciencias Médicas y de la Salud, 18 % a las ingenierías y tecnologías, 8 % a las humanidades y un 5,4 % a las Ciencias Agrícolas, evidenciando una baja participación de este último. Los 249 grupos asociados al área de ciencias agrícolas se ubican principalmente en los departamentos de Bogotá con el 23 %, Antioquia 12 %, Valle 10 % y Caldas 6,4 %, confirmando la concentración evidenciada anteriormente en las instituciones, programas y graduados.

**Cuadro 6.2 Grupos de investigación según área de conocimiento, medición convocatoria 737 de 2015**

Área de Conocimiento	A1	A	B	C	D	No Inscrito	Total
Ciencias Agrícolas	32	30	52	98	26	11	249
Ciencias Médicas y de la Salud	78	69	172	343	93	34	789
Ciencias Naturales	124	120	202	377	68	51	942
Ciencias Sociales	167	71	300	595	263	56	1452
Humanidades	39	17	55	189	56	12	368
Ingeniería y Tecnología	109	101	171	337	104	16	838
Total	549	408	952	1939	610	180	4638

Fuente: Resultados convocatoria reconocimiento grupos 2015, consultado en [www.colciencias.gov.co](http://www.colciencias.gov.co)

En relación con las áreas adscritas de los grupos de ciencias agrícolas, el 59 % registró agricultura, silvicultura y pesca, 28 % ciencias veterinarias, 5 % ciencias animales y lechería, 5 % otras ciencias agrícolas y 3 % biotecnología agrícola. La producción de estos grupos estuvo enfocada en productos de formación de recurso humano con 8.726, apropiación social de conocimiento con 7.523, nuevo conocimiento con 4.703 y desarrollo tecnológico e innovación con 409; este último equivale al 2 % del total de productos reconocidos para los grupos, lo cual es un porcentaje muy bajo de productos que tengan impacto para el sector, observándose una tendencia marcada hacia los otros tipos de productos que reconoce Colciencias.

En Colombia existen otros Programas de Ciencia y Tecnología y áreas del conocimiento que su campo de aplicación puede aportar soluciones al sector. Este es el caso de Biotecnología, Ciencia, Tecnología e Innovación del Mar y de los Recursos Hidrobiológicos, Ciencia, Tecnología e innovación en Ambiente, Biodiversidad y Hábitat, y Ciencias Básicas, entre otros, razón por la cual se analizaron los grupos de investigación relacionados con estos programas, tanto en principal como en programa secundario.

En el Cuadro 6.4 se presenta el consolidado de 1456 grupos de investigación reconocidos en 2012 y 2013, y su categorización de acuerdo a la convocatoria 2014, que fueron identificados con algún grado de afinidad al sector trabajando en áreas como biología, química, medicina, medio ambiente, las cuales pueden aportar soluciones a las demandas identificadas en el sector. En los resultados de la convocatoria 643 de 2014, 666 grupos que habían sido identificados previamente no fueron reconocidos por Colciencias. Para el año 2016, la convocatoria 737 identifica preliminarmente<sup>49</sup> 717 grupos reconocidos con algún grado de afinidad del sector.

**Cuadro 6.4 Grupos de investigación según el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología, PNCyT, medición 2015, con afinidad al sector agroindustrial**

Programa Nacional de Ciencia y Tecnología	A1	A	B	C	D	Reconocido	Total 2015	Reconocido 2013	Reconocido 2012
Biotecnología	7	15	19	35	5	5	86	22	28
CTi en Ciencias Agropecuarias	37	32	60	96	24	8	257	84	66
Ciencias del Mar y los Recursos Hidrobiológicos	6	12	12	15		4	49	14	9
CTi en Ambiente, Biodiversidad y Hábitat	7	9	30	46	10	11	113	19	122
CTi en Educación								5	5
CTi en Salud		1	2	7	1	1	12	24	24
Ciencias Básicas	19	17	25	56	12	6	135	51	67
CTi en Ciencias Humanas, Sociales y Educación	3	5	3	11	4	2	28	34	33
CTi en Ingeniería	3	6	7	9	3		28	21	19
Electrónica, Telecomunicaciones e Informática								2	2
Investigaciones en Energía y Minería		1	2	4			7	7	8
No Aplica	1				1		2	0	0
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>98</b>	<b>160</b>	<b>279</b>	<b>60</b>	<b>37</b>	<b>717</b>	<b>283</b>	<b>383</b>

Fuente: Elaborado por Corpoica a partir de información suministrada por los administradores de la plataforma Colciencias-Scienti, y la consulta de la plataforma Scienti. Fecha de consulta resultados 2012 en noviembre 28 de 2013 y resultados convocatoria 2013 y 2014 consultadas en [www.colciencias.gov.co/scienti](http://www.colciencias.gov.co/scienti), Fecha consulta enero 24 de 2014, mayo 4 de 2015, julio 20 de 2016.

De los 790 grupos de investigación reconocidos en el año 2014 afines al sector, 188 pertenecen a la Universidad Nacional lo que equivale al 17,52 % del total de grupos, seguido de la Universidad de Antioquia con 41 (3,82 %) y la Universidad del Valle, Corpoica y Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia con 25 cada una. Los grupos están concentrados en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia, y Valle, donde se encuentran también capacidades

<sup>49</sup> Los resultados de esta convocatoria aún son materia de análisis y depuración para tener la información completa del sector según los productos de los grupos

en infraestructura como laboratorios, por lo que se hace igualmente necesario confrontar las capacidades en relación con las áreas de experimentación que también son de gran importancia en el sector agropecuario.

## 6.8 Investigadores reconocidos afines al sector

Para los resultados de la convocatoria 693 de 2014, de acuerdo a (Colciencias, 2015), se categorizaron 8.280 investigadores, 269 más que en la convocatoria 640 de 2013. De estos investigadores, el 12,8 % fueron categorizados como Senior, 24,9 como Asociado y 62,3 % como Junior; la mayor cantidad de investigadores pertenecen a las ciencias naturales con el 28 %, seguido de ciencias sociales con un 24 %; ingenierías y tecnologías 19 %; ciencias médicas y de la salud 17 %; humanidades 6 %; y las ciencias agrícolas un 5 % a. Respecto a la distribución de los investigadores para el área de ciencias agrícolas se clasificaron 56 investigadores como Senior, 110 como Asociado y 270 como Junior, siendo los temas de agronomía y ciencias veterinarias los de mayor cantidad de investigadores.

Por otra parte, los resultados de la “Encuesta nacional de ciencia, tecnología e innovación agropecuaria OCyT-Corpoica- ASTi”, cuya primera versión se realizó en 2014, identifican en el país para el año 2013 un total de 2.614 personas dedicadas a las actividades de CTi en las instituciones de investigación del sector sin incluir las IES, en donde los investigadores participan con el 31 % del personal técnico de apoyo con el 32 % y el apoyo administrativo con el 31 %; de este conjunto, solo el 2,3 % pertenece al sector privado. En relación con el nivel de formación de los investigadores del sector, el 22 % son doctores, el 33,9 % magísteres y el 44 % profesionales. A nivel de doctorado, Corpoica es la entidad con mayor cantidad de investigadores cuyo número asciende a 75. En lo que respecta al género de los investigadores, el 37 % son mujeres, siendo el nivel de doctorado el de menor participación con 33 % investigadoras. El rango de edad de los investigadores muestra que el 40,9 % superan los 40 años, sin embargo, si solo se analiza el nivel de doctores se observa que el 47,5 % de ellos son mayores de 50 años, viéndose una necesidad de que las instituciones donde laboran estos investigadores planteen estrategias para abordar el cambio generacional.

En relación con las áreas de influencia por parte de los investigadores, se observa en el Cuadro 6.5 que los investigadores trabajan en una gran diversidad de temas siendo otros recursos naturales con el 8,8 % el de mayor concentración, seguido por mejoramiento genético animal y vegetal con 8,4 % y 8,3 %, respectivamente. Temas de poscosecha muestran una baja proporción de investigadores, con menos del 3 %, siendo un área de interés para la agregación de valor a los productos del sector agropecuario colombiano.

**Cuadro 6.3 Distribución investigadores del sector por área temática ASTi 2014**

Área temática	Doctorado	Maestría	Profesional	Total
Otros temas relacionados con las cosechas	1	7	4	12

83

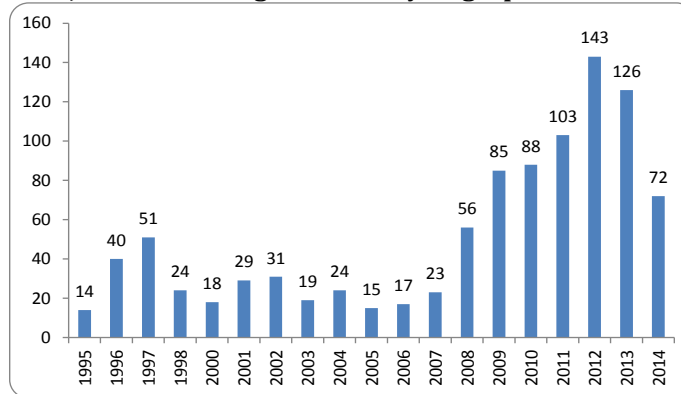
Área temática	Doctorado	Maestría	Profesional	Total
Almacenamiento y procesamiento en las granjas	4	6	6	16
Otras	4	12	18	34
Poscosecha fuera de las granjas	4	7	10	21
Sistemas de explotación agrícola	4	8	8	20
Datos socioeconómicos	5	16	18	39
Seguridad alimentaria	5	7	6	18
Agua	7	14	17	38
Gestión de los animales	7	10	9	26
Ingeniería agrícola	7	15	22	44
Suelo	7	14	18	39
Otros temas relacionados con el ganado	8	13	12	33
Agronomía	9	23	29	61
Control de plagas y enfermedades de las cosechas	9	19	27	55
Pasto / nutrición animal	10	13	12	35
Mejora genética de las cosechas	11	20	36	67
Control de plagas y enfermedades de animales	12	21	19	52
Mejora genética de los animales	15	28	24	67
Formación / aumento de capacidad	24	9	25	58
Otros recursos naturales	25	13	33	71
<b>Total</b>	<b>177</b>	<b>273</b>	<b>355</b>	<b>805</b>

Fuente: Encuesta nacional de ciencia, tecnología e innovación agropecuaria OCyT-Corpoica-ASTi 2014. Cálculos: Observatorio del SNCTA y OCyT, No incluye universidades

## 6.9 Becas, créditos y becas-créditos para jóvenes investigadores, maestría y doctorado

Complementando el análisis de las capacidades en CTi que cuenta el país, se profundizó en el análisis de las becas y créditos otorgados por Colciencias, Icetex y otras instituciones que dan apoyo a la formación de recurso humano. En la Figura 6.5 se presentan los programas de jóvenes investigadores de Colciencias que tienen como objetivo que profesionales jóvenes establezcan vínculos con grupos, centros de investigación y desarrollo tecnológico que los involucre en sus actividades, con el objeto de promover la apropiación de los métodos y los conocimientos del quehacer científico y tecnológico, orientados por la metodología de “aprender haciendo”.

**Figura 6.5 Jóvenes investigadores PNCyT Agropecuarias 1995-2014**

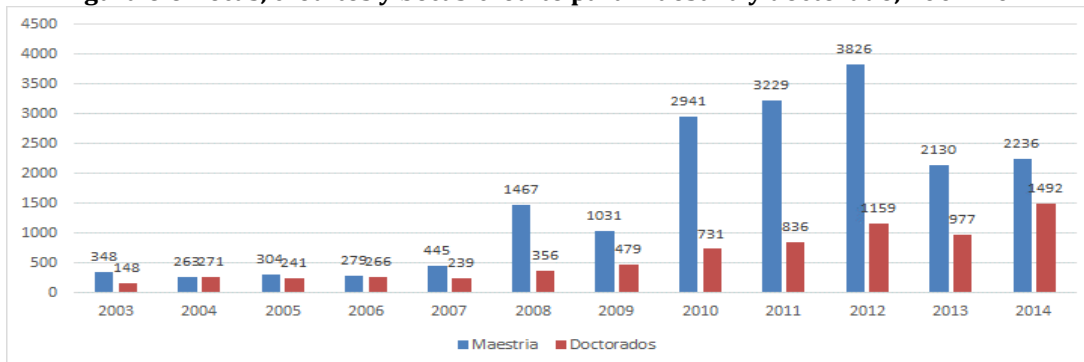


Fuente: Elaborado por Corpoica a partir de (Colciencias, 2012) y (OCyT, 2015)

El programa de agropecuarias ha sido beneficiado del apoyo a 978 jóvenes investigadores entre 1995 y 2014 lo que equivale al 11,8 % del total otorgado en este mismo lapso de tiempo. Así mismo se observa que el programa tuvo un crecimiento entre 1995 y 1997 donde participaba con más del 30 % de los beneficios, sin embargo, al inicio de la década del año 2000 se evidencia una reducción tanto en el número de beneficios como en el porcentaje de participación. Sin embargo, se evidencia un incremento a partir del año 2008, el cual esta correlacionado con el incremento general de los incentivos otorgados en este programa.

En relación con las becas y créditos otorgadas para la formación en programas de maestría y doctorado, se evidencia un crecimiento importante desde al año 2008 como se muestra en la Figura 6.6, lo cual está relacionado con las políticas e incentivos llevadas a cabo por el gobierno para fortalecer las capacidades del país. Este crecimiento se hace más evidente en los programas de maestría el cual pasó de otorgar 445 beneficios en 2007 a 3.826 en 2012, mientras que en doctorado se pasó de 239 en 2007 a 1.159 en 2012. En el año 2013 se puso en marcha la estrategia de aumentar el número de doctores en el país, focalizando los recursos principalmente a este nivel, por lo que se evidencia una reducción llamativa de las becas otorgadas en maestría.

**Figura 6.6 Becas, créditos y becas-crédito para maestría y doctorado, 2002-2012**



Fuente: (OCyT, 2015)

Analizando por nivel de formación y área OCDE, el Cuadro 6.6 muestra que el área de ciencias agrícolas ha sido beneficiada de 446 de los 17.898 incentivos otorgados entre el año 2005 y 2014 para formar magíster, lo que equivale al 2,49 % del total lo que es una cifra muy baja considerando la importancia del sector, cabe aclarar que esta cifra puede ser mayor dado que la información reportada por el ICETEX no está discriminada por área del conocimiento.

**Cuadro 6.6 Becas, créditos y becas-crédito para maestría según área OCDE**

Áreas OCDE OECD field	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total <sup>1</sup>
Ciencias naturales y exactas Natural sciences	12	21	19	165	57	45	63	88	78	118	666
Ingeniería y tecnología Engineering and technology	33	47	74	206	301	234	219	296	463	283	2.156
Ciencias médicas y de la salud Medical and health sciences	3	5	11	67	24	35	22	49	45	59	320
Ciencias agrícolas Agricultural sciences	5	7	6	21	19	40	10	102	112	124	446
Ciencias sociales y humanidades Social sciences and humanities	65	93	186	1.004	622	649	445	1.049	983	893	5.989
Sin clasificar Unclassified	186	106	149	4	8	1.938	2.480	2.242	449	759	8.321
<b>Total</b>	<b>304</b>	<b>279</b>	<b>445</b>	<b>1.467</b>	<b>1.031</b>	<b>2.941</b>	<b>3.239</b>	<b>3.826</b>	<b>2.130</b>	<b>2.236</b>	<b>17.898</b>

Fuentes: Banco de la República, British Council, Colciencias, Colfuturo, Comisión Fulbright Colombia, Ecopetrol, Fundación Mazda, ICETEX y MAEC-AECID.

Cálculos: OCyT

\* La información de las becas y créditos del ICETEX para los años 2010, 2011, 2013 y 2014 no se diferencia por área de conocimiento. Information for Icetex is not available by field of science in 2010, 2011, 2013 and 2014.

<sup>1</sup> El total se refiere al número de apoyos, no al número de personas; puede haber personas con más de un apoyo. The totals refer to the number of scholarships granted and not to the number of people.

Fuente: (OCyT, 2015)

El Cuadro 6.7 muestra los beneficios en el nivel de doctorado, en donde el área de ciencias agrícolas ha sido beneficiada con 337 incentivos entre el año 2004 y 2014, lo que equivale al 5 % del total de becas otorgadas, siendo, al igual que en maestrías, una cantidad pequeña, considerando la importancia del sector agropecuario en la economía de país.

Durante el año 2013, Colciencias, con el objeto de apoyar la formación de investigadores de excelencia e incrementar la capacidad nacional en investigación e innovación de las instituciones del SNCTI, abrió la convocatoria 617 “para conformar bancos de elegibles para formación de alto nivel para la ciencia, la tecnología y la innovación”. Dicha convocatoria unificó cuatro apoyos: becas doctorales nacionales, becas doctorales exterior, jóvenes investigadores y semilleros de investigación, adicionalmente se aumentaron las condiciones para su otorgamiento, entre las que se encuentran que las universidades extranjeras estén dentro de las primeras 500, inglés, título de maestría, condiciones óptimas para la investigación. Como resultados de esta convocatoria, los cupos asignados para formación a nivel de doctorados nacional fueron 516, cupos a nivel de doctorado en el exterior 141.

**Cuadro 6.4 Becas, créditos y becas-crédito para doctorado según área OCDE**

Área OCDE OECD field	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total <sup>1</sup>
Ciencias naturales y exactas Natural sciences	52	59	45	96	107	127	116	252	220	413	1.487
Ingeniería y tecnología Engineering and technology	97	99	75	67	140	134	205	284	294	297	1.692
Ciencias médicas y de la salud Medical and health sciences	17	17	19	44	47	82	126	116	76	181	725
Ciencias agrícolas Agricultural sciences	9	9	4	11	31	19	56	59	74	65	337
Ciencias sociales y humanidades Social sciences and humanities	35	49	65	138	154	176	185	237	291	447	1.777
Sin clasificar Unclassified	31	33	31	0	0	193	148	211	22	89	758
<b>Total</b>	<b>241</b>	<b>266</b>	<b>239</b>	<b>356</b>	<b>479</b>	<b>731</b>	<b>836</b>	<b>1.159</b>	<b>977</b>	<b>1.492</b>	<b>6.776</b>

Fuentes: Banco de la República, Colciencias, Colfuturo, Comisión Fulbright Colombia, Ecopetrol, Fundación Mazda, ICETEX y MAEC-AECID

Cálculos: OCyT

\* Las becas y créditos del ICETEX para el año 2011 a 2014 no reportan información de área OCDE.

Information for Ictetex in 2011 to 2014 is not available by field of science.

<sup>1</sup> El total se refiere al número de apoyos, no al número de personas; pueden haber personas con más de un apoyo.

The totals refer to the number of scholarships granted and not to the number of persons.

Fuente: (OCyT, 2015)

Adicional a la convocatoria 617, en cuanto a doctores se firmó el convenio 479 de 2013 con \$2.443 millones de Colciencias y \$2.256 millones de contrapartida, mediante el cual se financió la formación de 15 doctores en el exterior con Fullbright. Así mismo, a través del convenio de cooperación conjunta Colciencias-Colfuturo se apoyó la formación de 156 doctores y 956 beneficiarios de maestrías (COLCIENCIAS, 2014)

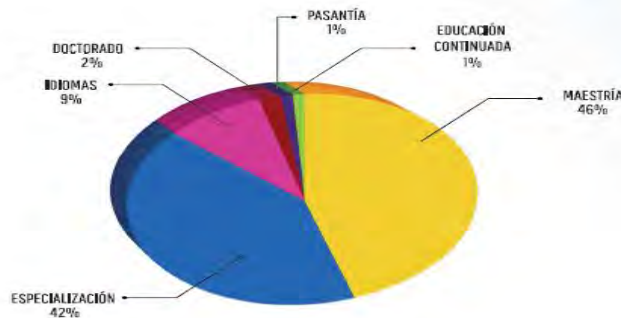
En el año 2013 Colciencias estructuró programa para facilitar el regreso de científicos de alto nivel al país, el cual contempla la incorporación de los científicos a las mejores universidades de Colombia, a las empresas que los requieran y a los centros de desarrollo tecnológico vía estancias posdoctorales. Este programa arranco en el año 2014 con la convocatoria 656-2014 “es tiempo de volver”, mediante 2 modalidades, la primera dirigida a universidades, centros de investigación y CDTs, y la segunda a empresas y otras entidades del SNCTI. El 26 de septiembre de 2014 se dio la lista de elegibles, la cual contempla 102 doctores en la modalidad 1 y 40 en la modalidad 2.

Para el sector se identificaron 102 candidatos con perfiles afines al sector, de los cuales 31 residen de Colombia, 18 en Estados Unidos, 12 en España, 7 en Argentina. Con relación a las especialidades, 19 de los candidatos se enfocan en sanidad vegetal, 15 en áreas sociales, 13 en agroclimatología, 11 en poscosecha, entre otros. Corpoica es la entidad con mayor cantidad de preseleccionados para el sector con 33; dicha entidad espera poder vincular un total de 40 doctores al final del año (CORPOICA, 2014)

Icetex es otra de las entidades con programas de apoyo en la formación de capacidades mediante créditos y becas. En el año 2013 se adjudicaron 88.713 nuevos créditos por un valor de \$308.555 millones, representando un incremento del 4 % respecto al 2012 (ICETEX, 2014). Para pregrado se otorgaron 73.917 créditos, siendo las carreras de derecho, medicina, psicología, contaduría e ingeniería industrial las de mayor demanda, es de resaltar que 15 programas constituyen más del 50 % de las adjudicaciones, y que no se evidencia participación de los programas afines al sector.

Para posgrados se adjudicaron 12.478 créditos en 2013, 54 % más que en 2012 (8.088), por un valor de \$110.303 millones. El 67 % de los créditos fueron para posgrados en el país, 22 % en el exterior, 9 % para idiomas. El 48 % de las adjudicaciones fueron destinadas para programas de maestría y doctorado como se observa en la Figura 6.7, lo que contribuye a la política de apoyo a la CTI (ICETEX, 2014). El principal país de destino para posgrados es España con el 28 %, seguido de Chile con el 14 %, Argentina con el 9 %, cabe destacar que estos destinos son de lengua española, y de acuerdo a diferentes encuestas a interesados en becas y estudios en el exterior, un gran porcentaje de los interesados no manejan la segunda lengua; esto se ve argumentado al analizar los destinos de los créditos para estudios en idiomas, donde los principales son Australia con el 50 %, Estados Unidos con 19 % y Reino Unido con 11 %.

**Figura 5 Créditos otorgados para posgrado por el Icetex 2013**



Fuente: (ICETEX, 2014)

Durante el año 2015, Icetex recibió 102.364 solicitudes de crédito, de las cuales se constituyeron en demanda calificada 96.248 solicitudes discriminadas por modalidad. Con los recursos disponibles fue posible para Icetex aprobar 81.475 nuevos créditos por valor total de \$335.890 millones en crédito, discriminados por línea como se observa en el Cuadro 6.8.

**Cuadro 6.8 Créditos Icetex 2015 otorgados según modalidad**

Modalidad	Cant	% Número de	Vr Crédito	% Vr Crédito	Vr Subsidio	Vr Alianza
PREGRADO	71.511	88%	219.834.702.414	65%	13.904.402.426	4.510.473.002
POSGRADO PAIS	6.308	8%	47.181.003.230	14%		45.702.810
CREDITO EXTERIOR	2.960	4%	67.866.222.048	20%		
MI PC	696	1%	1.008.450.000	0,3%		
<b>Total</b>	<b>81.475</b>	<b>100%</b>	<b>335.890.377.692</b>	<b>100%</b>	<b>13.904.402.426</b>	<b>4.556.175.812</b>

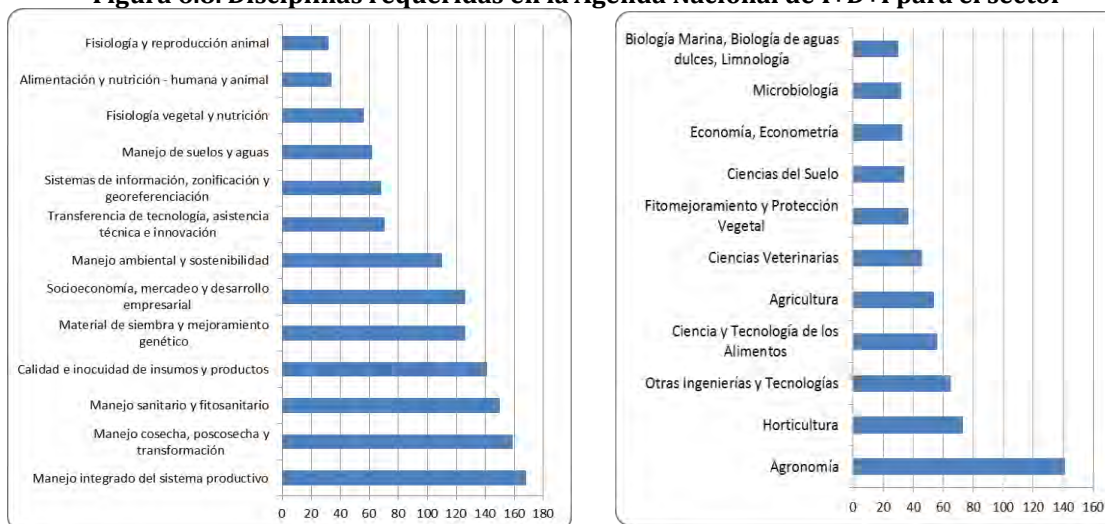
Fuente: (ICETEX, 2016)

Como se pudo evidenciar, en Colombia existen diferentes incentivos para la formación de capacidades los cuales son administrados principalmente por Colciencias y el Icetex, sin embargo, no se evidencia una articulación entre dichas instituciones, así como un plan nacional de becas que de directrices en las áreas del conocimiento que se requiere formar, ya que actualmente depende, en la mayoría de las ocasiones, del interés del candidato. Así mismo se encontró que un gran porcentaje de los beneficiarios de becas de maestría y doctorado escogieron países de lengua castellano, lo que induce a que un gran porcentaje de los profesionales colombianos no dominan la segunda lengua, lo que restringe muchas veces el acceso a estos incentivos.

## 6.10 Disciplinas identificadas para atender la Agenda Nacional de I+D+I

Se analizaron las demandas de investigación por cadena productiva identificadas en la Agenda de investigación, las cuales tienen asociada un área temática y unas disciplinas requeridas para su atención. Estas se cruzaron con la oferta de graduados en el país, haciendo énfasis en los graduados en posgrado. La Figura 6.8 muestra el conteo de áreas temáticas (derecha) y de las disciplinas requeridas (izquierda) por demanda.

**Figura 6.8. Disciplinas requeridas en la Agenda Nacional de I+D+I para el sector**



Fuente: Elaborado por el observatorio a partir de información de [www.siembra.gov.co](http://www.siembra.gov.co).

Se observa que la mayor concentración de las demandas de la agenda está en las áreas de manejo integrado del sistema productivo, con el 29,4 % de las demandas, seguido de manejo de cosecha, poscosecha y transformación, con 27,8 %, y manejo sanitario y fitosanitario, con 26,3 %, las cuales requieren disciplinas básicas como agronomía y agricultura, horticultura, ciencia y tecnología de alimentos y ciencias veterinarias, ingenierías agrícola, mecánica, industrial entre otras, y disciplinas especializadas como fitomejoramiento y protección vegetal, ciencias del suelo, microbiología y biología marina, de aguas dulces y limnología, para su atención.

En relación con las áreas de formación en alto nivel se observa de acuerdo a los resultados de la encuesta ASTI 2014, y los resultados de los diagnósticos realizados para el sector, que el país posee en contraste con la demanda del sector reflejada en la Agenda de I+D+I, una baja masa crítica de doctores y magíster en las áreas de **cosecha y poscosecha**, donde se requieren especialistas en las áreas de ingenierías y agronomía en temas de tecnologías en siembra, mecanización en cosecha y poscosecha, agregación valor, mecanización del suelo, mecanización con énfasis en agricultura de precisión, entre otros, con énfasis en pequeños productores; en el área de **agronomía**, se requieren mejoradores genéticos, especialistas en manejo de suelos y agua, mejoramiento genético en especies forrajeras, manejo de sistemas productivos frutas y hortalizas, cultivos de ciclo corto, agrometeorología con énfasis en evaluación de riesgos agroclimáticos; en las áreas de **biotecnología agrícola** y **bioquímica** el sector demanda especialistas con énfasis en bioprospección de metabolitos, producción de bioproductos, entre otros.

En relación con las **ciencias animales** se requiere recurso humano calificado en producción animal, con énfasis en bovinos y ovinos, fisiología animal con énfasis en producción animal y mejoramiento genético; en las **ciencias sociales** es necesario sociólogos rurales, especialistas en el tema de posconflicto, así mismo se requiere abordar temas de gestión del conocimiento, transferencia de tecnología. Otras áreas requeridas por el sector son socioeconomía con énfasis en economías campesinas e ingenieros con énfasis en desarrollos TIC para el sector.

## 7 Acceso a recursos genéticos y propiedad intelectual agrícola<sup>50</sup>

### 7.1 Acceso a recursos genéticos y recursos derivados

#### 7.1.1 Introducción

Cuando se habla de recursos genéticos, se hace referencia al material de naturaleza biológica que contenga información genética de valor real o potencial<sup>51</sup>. Mientras que, si se habla de acceso, se hace referencia a la obtención y utilización de los recursos genéticos conservados en condiciones *ex situ* e *in situ*, de sus productos derivados o, de ser el caso, de sus componentes intangibles, con fines de investigación, prospección biológica, conservación, aplicación industrial o aprovechamiento comercial, entre otros (Decisión 391, 1996).

De acuerdo con los diferentes tratados y convenios de los cuales Colombia hace parte, junto con las correspondientes políticas y normas nacionales, los recursos genéticos son propiedad del Estado, motivo por el cual, cualquier persona, natural o jurídica, que quiera acceder a ellos debe suscribir un contrato (Consejo de Estado, 1977). No obstante lo anterior, no requieren suscribir

<sup>50</sup> **Angélica María Ramírez Beltrán**, I. Agroind., MBA, Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: amramirez@corpoica.org.co.

<sup>51</sup> El material genético es todo material de origen vegetal, animal, microbiano o de otro tipo, que contenga unidades funcionales de la herencia (Decisión 391 de 1996).

contrato de acceso las actividades que se realicen sobre los recursos genéticos y productos derivados de especies introducidas en sus formas silvestre, domesticada, cultivada o escapada de domesticación y los de origen humano o las investigaciones científicas básicas que se adelantan en el marco de un permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines no comerciales y que involucren actividades de sistemática molecular, ecología molecular, evolución y biogeografía. (MADS, 2014).

### **7.1.2 Contexto normativo internacional**

En el contexto internacional se cuenta con tratados, acuerdos y protocolos que han sido trascendentales para promover entre los países normas y medidas para la conservación y el acceso sostenible y equitativo de los recursos genéticos y recursos derivados, entre los que se encuentran los siguientes:

#### **7.1.2.1 Convenio de las Naciones Unidas sobre diversidad biológica**

El Convenio de las Naciones Unidas sobre diversidad biológica (1993) fue el primer tratado internacional con normas jurídicas vinculantes respecto al acceso a recursos genéticos, con el objetivo de promover medidas hacia la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos (Naciones Unidas, 1993).

#### **7.1.2.2 La Decisión CAN 391**

La Decisión Comunitaria Andina 391 de 1996 establece que los países miembros ejercen soberanía sobre sus recursos genéticos y sus productos derivados determinando las condiciones de su acceso, conservación y utilización sostenible (SIC). Cualquier persona que desee utilizar o desarrollar ingredientes activos contenidos en las plantas y los microorganismos, que constituyen la base para la investigación en la industria farmacéutica y la industria alimentaria en todo el mundo, debe tener autorización y debe firmar un contrato de acceso con el Estado. La norma comunitaria reconoce expresamente los derechos a los que los nativos, los afrocolombianos y comunidades locales tienen derecho con respecto a sus conocimientos tradicionales, innovaciones y prácticas asociados a los recursos genéticos y productos derivados de los mismos (SIC); (DLA Piper, 2013). La reglamentación respecto al acceso a recursos genéticos en Colombia, está enmarcada dentro de la legislación de la Decisión 391 de la CAN de donde el país es miembro.

#### **7.1.2.3 La Decisión CAN 486**

La Decisión 486 de 2000 de la Comisión de la Comunidad Andina establece que una solicitud de patente de invención debe contener, entre otros requisitos formales, la copia del contrato de acceso cuando los productos o procedimientos cuya patente se solicita han sido obtenidos o desarrollados a partir de recursos genéticos o de sus productos derivados de los que cualquiera de los países miembros es país de origen.

#### **7.1.2.4 Protocolo de Nagoya**

El Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al Convenio sobre la Diversidad Biológica se adoptó el 29 de octubre de 2010 (Naciones Unidas, 2011) y entró en vigor el 12 de octubre de 2014. Colombia fue el primer país en firmar este protocolo (en febrero de 2011) que sirvió como marco regulador global para la utilización de los recursos genéticos en lo que se refiere a la investigación y desarrollo sobre la composición o bioquímica del material genético.

#### **7.1.2.5 Tratado internacional sobre recursos fitogenéticos (TIRFG)**

El Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura fue adoptado en noviembre de 2011 durante una de las sesiones de conferencia de la FAO con el objeto de garantizar la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización en armonía con el Convenio sobre la Diversidad Biológica, para una agricultura sostenible y la seguridad alimentaria (FAO, 2009).

### **7.1.3 Contexto político y normativo nacional**

En el contexto nacional, se han definido varias normas y directrices como respuesta al vacío existente en la materia para aplicar los tratados y normas internacionales en el propio territorio, así como hacerlas más claras, entendibles y expeditas, entre las que se destacan:

#### **7.1.3.1 Documento CONPES 3697 de 2011**

El acceso a recursos genéticos tiene un lineamiento político a partir de la expedición del CONPES 3697 de 2011<sup>52</sup> construido con el objeto es crear las condiciones económicas, técnicas, institucionales y legales para atraer recursos para el desarrollo de empresas y productos comerciales basados en el uso sostenible y en la aplicación de la biotecnología sobre los recursos biológicos, genéticos y derivados de la biodiversidad (DNP, 2011).

#### **7.1.3.2 Decreto Ley 3570 de 2011**

El Decreto Ley 3570 de 2011 modifica los objetivos y la estructura del MADS y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En el Artículo 16 otorgó a la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos entre otras, la función de “adelantar el trámite relacionado con las solicitudes de acceso a recursos genéticos, aceptar o negar la solicitud, resolver el recurso de reposición que se interponga y suscribir los contratos correspondientes”.

#### **7.1.3.3 Decretos 1375 y 1376 de 2013**

Por medio de los Decretos 1375 y 1376 expedidos por el Ministerio de Medio Ambiente en 2013, el Gobierno colombiano derogó el Decreto 309 de 2000 y reglamentó las colecciones

<sup>52</sup> Política para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad.

biológicas y el permiso de recolección de especímenes de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial, permitiendo a los investigadores ahorrar tiempo y dinero (Agencia de Noticias UN, 2013).

#### **7.1.3.4 Resolución 1348 de 2014**

La Resolución 1348 de 2014, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establece las actividades que configuran accesos a los recursos genéticos y sus productos derivados para la aplicación de la Decisión Andina 391 de 1996 en Colombia (MADS, 2014).

#### **7.1.3.5 Ley 1753 de 2015**

Ley 1753 de 2015, Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, en su Artículo 252, otorga un plazo de dos (2) años para que soliciten el contrato de acceso, quienes a la entrada en vigencia de esta ley hayan realizado o se encuentren realizando actividades que configuren acceso a recursos genéticos o sus productos derivados.

#### **7.1.4 La institucionalidad**

En Colombia, la entidad gubernamental designada como autoridad nacional competente para dar trámite a las solicitudes de acceso a los recursos genéticos es el **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible** (Decreto 730 de 1997). Dentro del Ministerio, es la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, la principal responsable por el proceso, aunque también tienen competencia la Subdirección de Educación y Participación y la Oficina de Negocios Verdes y Sostenibles en la emisión del dictamen técnico y la negociación del contrato.

Otras entidades a las que eventualmente deberá recurrirse son el **Ministerio del Interior**, para certificar presencia o no de comunidades étnicas y solicitar consulta previa, de ser necesario; la **Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)**, entidad adscrita al MADS creada en 2011, cuando se vayan a realizar actividades de recolección; las **Corporaciones Autónomas Regionales** o los **Parques Nacionales Naturales** de Colombia: cuando las actividades de recolección se pretendan desarrollar en áreas especiales (ANLA, 2014). Así mismo, una vez iniciada la investigación, los especímenes recolectados, deberán depositarse en una colección nacional que se encuentre en el **Registro Único Nacional de Colecciones Biológicas (RNC)** que coordina el **Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH)** (ANLA, 2014), y la información asociada a los especímenes recolectados, deberá suministrarse semestralmente al **Sistema de Información en Biodiversidad de Colombia (SIB)**, 2016). En ciertos casos, el material se encuentra disponible en **bancos de germoplasma**, en cuyo caso habrá que hacer la solicitud correspondiente para acceder al material.

### 7.1.5 Contratos de acceso a recursos genéticos

El proceso para solicitar y suscribir el contrato de acceso a los recursos genéticos o productos derivados, debe presentarse antes de realizar el acceso y comprende la admisión y evaluación de la solicitud, la cual, una vez aprobada, da paso a la negociación del contrato<sup>53</sup>.

La presentación ante el MADS inicia con la entrega del formato de solicitud del contrato de acceso a recursos genéticos<sup>54</sup>, el proyecto, la hoja de vida del responsable técnico y del equipo de trabajo, carta de la institución nacional de apoyo (Decisión 391 de 1996, Art. 26 y 43), el certificado de presencia o ausencia de comunidades étnicas del Ministerio del Interior, la autorización de colecta del recurso biológico expedido por la ANLA (contrato accesorio) y el documento de identidad de la persona natural o jurídica. Si la documentación está completa, se emite el auto de inicio y se evalúa la solicitud. Con base en la evaluación se emite un concepto técnico y legal y se acepta o niega el acceso por medio de una resolución motivada que, en el caso de ser favorable, continúa hacia la elaboración y negociación del contrato de acceso a los recursos genéticos. Una vez realizados los acuerdos, se hace una resolución de perfeccionamiento de conocimiento público. Durante la ejecución, la entidad ejecutora deberá presentar informes de seguimiento semestral (MADS, 2015).

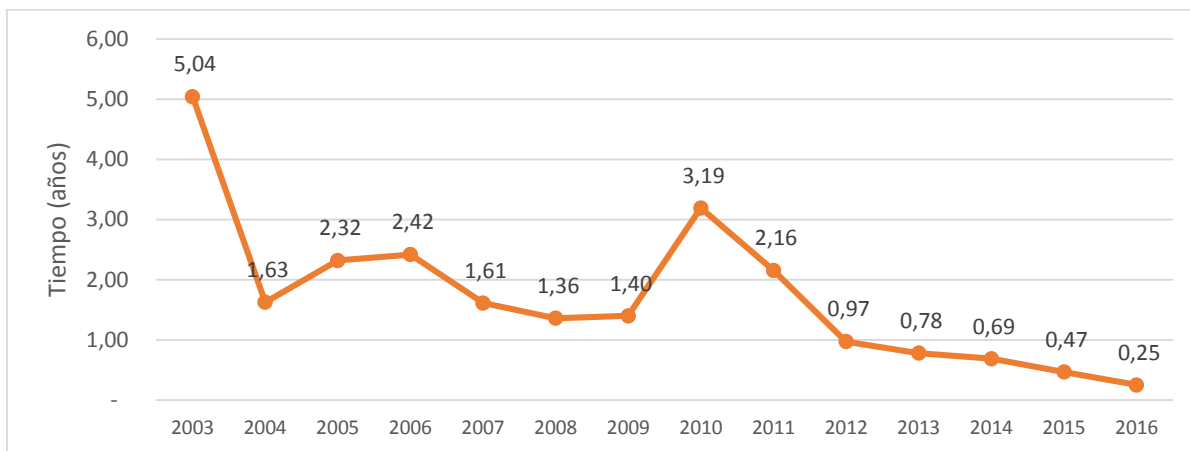
El tiempo estimado, desde la radicación de la solicitud hasta la suscripción del contrato de acceso, en 2016 es de 90 a 120 días hábiles (MADS, 2015). Sin embargo, en la práctica, los procesos han sido típicamente largos y complejos de realizar (1,85 años el tiempo promedio entre 2003 y 2015 sin contar el perfeccionamiento del contrato). Durante los diez (10) primeros años de entrada en vigencia la Decisión 391 en 1996, se radicaron trece (13) solicitudes de accesos; las dos (2) primeras llegaron en 2003 y tardaron 8,6 y 1,5 años, en ser tramitadas hasta su contrato<sup>55</sup>. Entre 2006 y 2011 aumentó progresivamente el número de solicitudes radicadas, pese a que los tiempos de trámite seguían siendo largos (28 meses en promedio), con la consideración de que también pueden prolongarse con la expedición de los permisos previos para su radicación y dependiendo del tiempo de respuesta de los usuarios cuando la información no es clara o está incompleta (Figura 7.1).

<sup>53</sup> Mediante las Resoluciones 414 y 415 de 1996 el MADS adoptó los modelos de la Decisión 391 para tramitar las solicitudes de Acceso a RG y con la Resolución 620 de 1997 estableció el procedimiento interno.

<sup>54</sup> Resolución 414 de 1996.

<sup>55</sup> Sin contar el tiempo de perfeccionamiento del mismo.

**Figura 7.1 Tiempo promedio de duración del trámite para la suscripción de contratos de acceso a recursos genéticos, 2003-2016**



B.C. Contratos en seguimiento o liquidados. Tiempo desde radicación hasta contrato. No incluye el perfeccionamiento del contrato.

Fuente: Cálculos propios con base en reporte MADS, corte a julio de 2016.

En 2012, el tiempo promedio de las solicitudes radicadas estuvo por primera vez por debajo de doce (12) meses, y a partir de ese momento tuvo reducciones significativas hasta cumplir, en 2015, con la firma de los contratos dentro del límite establecido. Esta tendencia se presentó, probablemente como consecuencia de la expedición del Conpes 3697 y el Decreto 1376. Con este último en particular, se definió la modalidad de *contrato marco* que benefició a las universidades, los centros de investigación y los investigadores reconocidos por Colciencias, al otorgar un permiso por diez (10) años para realizar sus investigaciones, permitiendo la reducción de tiempo, costos operativos y gestión.

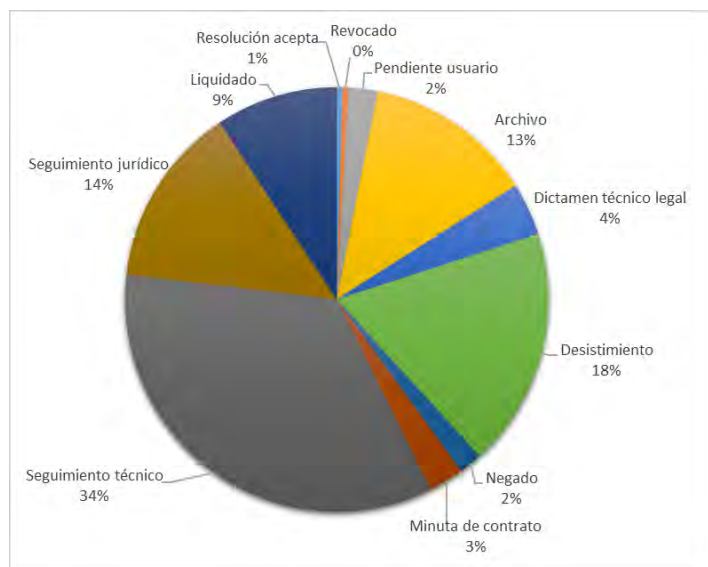
La reducción en el tiempo de trámite podría también atribuirse a los esfuerzos institucionales por llenar los vacíos existentes años atrás, relacionados con el desconocimiento de las normas y la falta de guías claras sobre los procedimientos, y a la curva natural de aprendizaje por parte de funcionarios e investigadores. Al respecto, desde el 2013, y con un enfoque más regional durante el 2015, el grupo de recursos genéticos del MADS realizó presentaciones y talleres sobre el trámite de contrato de acceso a recursos genéticos y sus productos derivados en diferentes universidades del país<sup>56</sup>, así como talleres en coordinación con otras instituciones relacionadas con el trámite tales como el Ministerio de Interior, IAvH, la ANLA y la SIC<sup>57</sup>, en los que participaron representantes de la academia, de las autoridades ambientales locales, empresas e investigadores (MADS, 2016). En este mismo sentido, el MADS y Colciencias se han articulado con los investigadores, brindando acompañamiento desde la estructura de los proyectos, para que, al momento de tener un producto o procedimiento protegible, el contrato

<sup>56</sup> Entre estas universidades se encuentra La Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Antioquia, Universidad del Valle, Universidad de la Sabana, Universidad Santo Tomás en Bucaramanga, Universidad Javeriana y Universidad Externado.

<sup>57</sup> Talleres que realizados en las ciudades de Medellín, Manizales, Cali y Bogotá.

de acceso no sea un obstáculo y, por el contrario, permita el desarrollo a partir de la bioprospección y garantizar la conservación y uso sostenible de los recursos genéticos y sus productos derivados, al tiempo (MADS, 2016).

**Figura 7.2 Estado de las solicitudes de contrato de acceso radicadas entre 2003 y 2016\***



(\*) Corte a julio de 2016.

Fuente: Cálculos propios con base en reporte MADS, corte a julio de 2016.

En total, el MADS recibió 225 solicitudes de contratos de acceso a recursos genéticos para el periodo 2003 - 2016<sup>58</sup>, de las cuales se encuentran en el proceso 9 %, se negó el acceso a 2 % se materializaron 57 %<sup>59</sup> (129 contratos), y se retiraron sin finalizar el trámite 31 %<sup>60</sup>. El mayor número de solicitudes desistidas se presentó en 2013 (30 de 55 radicadas ese año) (Figura 7.2).

Con el actual marco normativo, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible logró pactar distribución de beneficios monetarios en cinco (5) contratos (regalías), dos (2) suscritos con universidades y tres con empresas del sector real y ha pactado distribución de beneficios no monetarios en los todos contratos que ha celebrado a la fecha.

### 7.1.6 Consulta previa

La consulta previa tiene por objeto analizar el impacto económico, ambiental, social y cultural que pueda ocasionarse a una comunidad indígena, afrocolombiana o local, por la utilización de los recursos naturales que se encuentran en su territorio. Se debe solicitar ante el Ministerio del Interior, una certificación de presencia de grupos étnicos en el área de influencia del proyecto, indicando claramente las coordenadas geográficas y las actividades a realizar, para

<sup>58</sup> Con corte a julio de 2016.

<sup>59</sup> Cuentan con auto de inicio y contrato de acceso y se encuentran en seguimiento o liquidados.

<sup>60</sup> Archivo o desistimiento.

obtener un concepto cartográfico, geográfico y espacial<sup>61</sup> con base en el cual se identifica si se requiere, o no, consulta previa con grupos étnicos.

El tiempo de respuesta actual, oscila entre 15 y 45 días hábiles, al cabo de los cuales se emite la notificación. Para proyectos en los que se certifique presencia de grupos étnicos, se deberá solicitar el inicio de la consulta previa (Ministerio del Interior, 2016), cuyo tiempo de respuesta es indeterminado. La consulta es obligatoria y se debe presentar antes del inicio de la ejecución del proyecto, debiendo reportarse en los informes de seguimiento semestral. En diferentes escenarios, los investigadores han manifestado los inconvenientes con los trámites para solicitar los permisos, lo cual puede desestimular los convenios de cooperación interinstitucional o el desarrollo de investigaciones en territorios específicos; en el caso de la consulta previa, por ejemplo, muchos de ellos optan por realizar el proyecto en sitios donde no se requiera (Agencia de Noticias UN, 2013) (Agencia de Noticias UN, 2012).

### 7.1.7 *Colecta de materiales:*

La colecta de materiales biológicos requiere el consentimiento de las autoridades ambientales competentes para el otorgamiento de los permisos de estudios con fines de investigación (MADS, 2015), a saber:

- *Corporaciones Autónomas Regionales* o de Desarrollo Sostenible o los Grandes Centros Urbanos, cuando las actividades de recolección se vayan a desarrollar exclusivamente en sus respectivas jurisdicciones;
- *Parques Nacionales Naturales de Colombia*, cuando las actividades de recolección se pretendan desarrollar exclusivamente al interior de las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales.
- *El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)*, para proyectos en los que se pretenda recolectar especímenes de especies amenazadas, vedadas o endémica<sup>62</sup>.

El permiso será otorgado por la *Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)*, cuando se vayan a realizar actividades de recolección en jurisdicción de dos o más de las autoridades citadas. En cada caso se deberá diligenciar y tramitar un formato de solicitud de autorización de colecta. Este, puede realizarse bajo la modalidad individual o marco, en cuyo último caso, podrá tener una vigencia de hasta diez (10) años, aunque el trámite para su expedición sigue siendo prolongado, pudiendo tardar varios meses o incluso años (casos Resolución ANLA 1463 de 2014; Resolución ANLA 0152 de 2015).

Los especímenes recolectados, deberán depositarse en una colección nacional que se encuentre en el Registro Único Nacional de Colecciones Biológicas (RNC)<sup>63</sup> que coordina el **Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH)** (ANLA, 2014),

<sup>61</sup> En ocasiones se requiere la verificación en campo con la presencia del solicitante y las autoridades de las comunidades.

<sup>62</sup> En el caso de especies vedadas a nivel regional se consultará a la Corporación Autónoma Regional.

<sup>63</sup> El RNC es un instrumento que busca consolidar y difundir la información básica sobre las colecciones biológicas del país.

entidad científica de naturaleza mixta, adscrita y vinculada al MADS<sup>64</sup>. En la actualidad, el país cuenta con 203 colecciones biológicas en el RNC, que custodian cerca de seis (6) millones de ejemplares en 24 departamentos y 97 entidades titulares (González, y otros, 2016). La información asociada a los especímenes recolectados en cada proyecto, deberá suministrarse semestralmente al Sistema de Información en Biodiversidad de Colombia (SIB, 2016)<sup>65</sup>.

### 7.1.8 Bancos de germoplasma

La vasta diversidad en microorganismos, fauna y flora del país es altamente reconocida. De acuerdo con las cifras reportadas por el Servicio de Información en Biodiversidad (SIB, 2016), Colombia cuenta con 311 tipos de ecosistemas continentales y costeros, ocupa el primer lugar en diversidad de aves y orquídeas; el segundo en diversidad de plantas, anfibios, peces dulceacuícolas y mariposas; tercero en diversidad de reptiles y palmas y cuarto en diversidad de mamíferos. No obstante, aproximadamente 798.269 especies de plantas y 350 de fauna se encuentran amenazadas.

La posibilidad de perder los recursos genéticos es permanente, en particular por riesgos antrópicos, lo cual ha motivado a buscar medios de conservación, cuyas primeras iniciativas a nivel mundial se gestaron en la **FAO** en la década de los setenta, mientras que para la región se marcaba un hito con el establecimiento de los tres centros internacionales del **Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional** (CGIAR, por sus siglas en inglés), cuando se promulgaban los recursos genéticos como patrimonio de la humanidad, a saber: el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (**CIMMYT**) establecido 1965, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (**CIAT**) en 1967 y el Centro Internacional de la Papa (**CIP**) en 1971, que en conjunto, conservan un número importante de accesiones de trigo, maíz, papa, camote, frijol y yuca (Alarcón et al. 1998, citado por (Franco, 2008). En la región, los principales bancos de germoplasma, se crearon en la misma década, el Sistema Nacional de Conservación de Germoplasma (**NPGS**) de Estados Unidos y el de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (**EMBRAPA**).

En Colombia, existen bancos de germoplasma, principalmente de recursos fitogenéticos, las colectas de los fitomejoradores iniciaron en 1942 y pasaron a manos del ICA tras su creación en 1962, donde se manejaban como colecciones de trabajo en las investigaciones hasta 1994 cuando se separó la investigación de su naturaleza misional y se creó Corpoica para tal fin (ICA, s.f.). Desde entonces, el Gobierno colombiano, amparado en el Convenio sobre biodiversidad biológica (Naciones Unidas, 1993) en donde se promulga la soberanía de los países sobre sus recursos genéticos, facilitó la conformación del **Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura (SBNG)**, el cual figura en cabeza del ICA y es

<sup>64</sup> Creada por el Artículo 19 de la Ley 99 de 1993.

<sup>65</sup> El SIB es una iniciativa nacional creada en el 2000 para brindar acceso libre a información sobre la diversidad biológica del país, liderado por un Comité Directivo conformado por el MADS, la Universidad Nacional de Colombia y los 5 institutos de investigación del Sistema Nacional Ambiental (SINA): INVEMAR, SINCHI, IIAP, IDEAM e IAvH. El SIB se aloja en el IAvH, encargado de asegurar la disponibilidad de información (SIB, 2016).

manejado por Corpoica por medio de un convenio de Cooperación Técnica y Científica (Valencia, Lobo, & Ligarreto, 2010).

El SBNG realiza la conservación, caracterización y promoción de los bancos de germoplasma animal, de microorganismos y vegetal, en estado de semilla, *in vitro* o en campo. La política para la adquisición, manejo y entrega de recursos biológicos en bancos de germoplasma del SBNG fue formalizada recientemente mediante la Circular 001 de 2016 de Corpoica.

#### **7.1.8.1 Banco de germoplasma animal**

Corpoica tiene a su cargo el manejo y la conservación del banco de germoplasma animal de las razas criollas bovinas, porcinas y ovinas, basada en la gestión técnica para el mantenimiento de los animales. Durante 2015 se conservaron 10 razas criollas colombianas, ubicadas en los centros de investigación de los departamentos de Antioquia (raza bovina Blanco orejinegro y raza porcina Sampedreño), Córdoba (razas bovinas Costeño con cuernos y Romosinuano y raza porcina Zungo, Meta (raza bovina Sanmartinero y raza porcina Casco de mula), Nariño (razas ovinas Criolla y Mora) y Valle del Cauca (raza bovina Hartón del Valle). Así mismo, se realizaron 12 caracterizaciones genéticas sobre las razas conservadas en el Banco de germoplasma animal y se colectaron y conservaron 5.500 muestras de material genético *In vitro* (semen, embriones y óvulos) de bovinos y ovinos (ICA, 2016).

#### **7.1.8.2 Banco de germoplasma de microorganismos**

Este banco, conformado en el año 1996, se derivó de un conjunto de colecciones de trabajo desarrolladas por el ICA para procesos de investigación. Actualmente conserva cerca de dos (2) mil accesiones distribuidas en cinco (5) colecciones o subsistemas, dos de interés agrícola y dos de interés pecuario, a saber: (i). microorganismos con interés en control biológico, (ii) microorganismos biofertilizantes, (iii) microorganismos con interés en nutrición animal, (iv) microorganismos con potencial en salud animal, bacterias y virus y (v) microorganismos con potencial en salud animal, ectoparásitos y hemoparásitos (Corpoica, 2016).

Para asegurar la calidad de las accesiones, se realizan con una periodicidad anual pruebas de viabilidad, pureza y actividad biológica bajo condiciones *in vivo*.

#### **7.1.8.3 Banco de germoplasma vegetal**

Del total de accesiones vegetales que posee Colombia, mantenidas en condiciones *ex situ*, 70 % se maneja en Corpoica y el 30 % restante corresponde a bancos activos de diversos taxones. En general, en Colombia existen bancos de germoplasma donde se conservan las especies en la modalidad *ex situ*, lo que complementa procesos de mantenimiento *in situ*, que incluyen materiales en fincas de los productores (Valencia, Lobo, & Ligarreto, 2010).

Dentro del grupo de otros bancos activos, de acuerdo con (Valencia, Lobo, & Ligarreto, 2010), en 2010, los bancos de germoplasma vegetal bajo condiciones *ex situ* estaban siendo manejados por 18 entidades nacionales (8 públicas, 6 privadas, 1 mixta) y el CIAT, en Palmira. El CIAT, conserva tres (3) colecciones mundiales correspondientes a taxones de seguridad alimentaria

y forrajes. La de yuca con 33 especies y 6.632 accesiones, la de fríjol con 42 especies y 37.800 accesiones y la de forrajes con 734 especies y 23.140 accesiones (Ochoa, 2016).

El SBNG, por su parte, conserva más de 30 mil accesiones en 58 especies o grupos de especies (frutales, cacao, raíces y tubérculos, palmáceas, especies permanentes, hortalizas, cultivos transitorios y de agroindustria, especies silvestres y promisorias), mediante 3 sistemas de conservación: *Semilla* (en Antioquia - C.I. La Selva y Cundinamarca - C.I. Tibaitatá), *In vitro* (en Cundinamarca - C.I. Tibaitatá) y *Campo* (en 9 departamentos, Magdalena - C.I. Caribia, Córdoba - C.I. Turipaná, Antioquia - C.I. La Selva, Valle del Cauca - C.I. Palmira, Nariño - C.I. El Mira, Tolima - C.I. Nataima, Cundinamarca - C.I. Tibaitatá, Meta - C.I. La Libertad y Santander - C.I. La Suiza) (Corpoica, 2016).

## 7.2 Propiedad intelectual

### 7.2.1 Introducción

La propiedad intelectual, según la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, se refiere a las creaciones del intelecto humano como invenciones, descubrimientos, obras literarias y artísticas, símbolos, nombres e imágenes utilizados en el comercio, cuyos derechos protegen los intereses de los creadores. En el caso particular de la propiedad intelectual agrícola, hay connotaciones económicas y comerciales muy importantes porque limita o posibilita competir, generando impactos sobre la dirección del cambio técnico agrícola, el ambiente (en especial los recursos naturales) (Alarcón & Astudillo, 2000)<sup>66</sup> y es una herramienta importante para la gestión de proyectos en centros de investigación como parte fundamental de los logros misionales en función del beneficio del sector agropecuario y el fortalecimiento de la transferencia de tecnología protegible.

Según la (OECD, 2015), la protección de la propiedad intelectual, junto con las redes de conocimiento y la inteligencia de mercados, estimulan la innovación, facilitan el trabajo colaborativo entre los actores de la innovación<sup>67</sup> y su fortalecimiento puede proporcionar incentivos adicionales al sector privado para invertir en I+D agrícola<sup>68</sup> y es una herramienta de incentivo a la producción de y creación intelectuales para contribuir al logro de grados superiores de productividad y competitividad (CONPES, 2008). Es así, como esta organización recomienda continuar robusteciendo el sistema de derechos sobre la propiedad intelectual, profundizando en los esfuerzos realizados para compartir información y ayudar a gestionar los derechos de propiedad intelectual de los investigadores (OECD, 2015).

De otro lado, ha existido preocupación de los productores agropecuarios, en particular a raíz de las negociaciones para firmar tratados de libre comercio, de que la protección de la propiedad intelectual pueda hacer menos competitivo el sector por un aumento de precios en

<sup>66</sup> Alarcón y Astudillo, 2000.p13.

<sup>67</sup> OECD, 2015. p.249.

<sup>68</sup> *Ibíd.*, p.42.

los insumos protegidos o por el bloqueo al acceso de innovaciones para los investigadores de organizaciones públicas o sin fines de lucro (Pardey, Wright y Nottenburg, 2011 citados por (Chaparro Giraldo, 2013); (Núñez, Carvajal, & Bautista, 2013); (DLA Piper, 2013); (Portafolio, 2005)). A la vez que surgió la inquietud por la protección de la materia viva, los recursos genéticos y el conocimiento tradicional (Roffe & Santa Cruz, 2006).

## 7.2.2 Contexto normativo internacional

### 7.2.2.1 La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI)

En el ámbito internacional, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), entidad especializada de las Naciones Unidas establecida en 1967 que cuenta con 189 países miembros, entre ellos Colombia; es la encargada de “llevar la iniciativa en el desarrollo de un sistema internacional de propiedad intelectual equilibrado y eficaz, que permita la innovación y la creatividad en beneficio de todos” (OMPI, s.f.). En tal sentido, es la principal referencia mundial en propiedad intelectual, cuenta con un foro de política en el que se plasman las normas internacionales y ofrece servicios de cooperación, infraestructura, capacitación y asistencia técnica, a través de los canales gubernamentales propios de cada país.

### 7.2.2.2 El Acuerdo de la OMC sobre Propiedad Intelectual (ADPIC)

El Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio, (ADPIC o TRIP, por su sigla en inglés), negociado en la Ronda Uruguay (1986-1994), sienta las bases de la propiedad intelectual en el sistema multilateral de comercio, entre los países miembros de la OMC y es un referente en las legislaciones nacionales (OMC, 2016); (IICA, 2010). Hasta la adopción del ADPIC, la normativa internacional de la propiedad intelectual estuvo circunscrita fundamentalmente a los tratados administrados por la OMPI, que no sólo eran independientes entre sí, sino que aparecían desvinculados de las disciplinas del comercio, no contaban con un mecanismo de solución de diferencias y cada país establecía las modalidades y duración de sus patentes. (Roffe & Santa Cruz, 2006)

### 7.2.2.3 El Convenio de París sobre Propiedad Industrial

Este convenio internacional, adoptado en 1883, fue el primer paso importante para ayudar a los creadores a proteger sus obras intelectuales en otros países (OMPI, s.f.). Sienta las bases para el *período de prioridad* que se ve reflejado en la mayoría de legislaciones de patentes del mundo, el cual consiste en que una vez solicitada una patente en un país determinado, el solicitante cuenta con doce meses para presentar esa misma solicitud en otro país sin perder la novedad. De esa manera conserva la fecha de prioridad de la primera solicitud (IICA, 2010).

### 7.2.2.4 El Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT)

El Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT, por sus siglas en inglés), firmado en 1970, permite buscar protección para una invención, en varios países a la vez, simplificando

dicho proceso al presentar la solicitud<sup>69</sup> ante la oficina nacional de patentes del Estado Contratante de nacionalidad o de domicilio del solicitante o, a elección de éste, ante la Oficina Internacional de la OMPI, en Ginebra (OMPI, s.f.).

#### 7.2.2.5 *El Convenio UPOV*

El Convenio de la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV, por sus siglas en francés), fue adoptado en París en 1961 y revisado en 1972, 1978 y 1991. Su propósito es proteger las obtenciones vegetales con un derecho de propiedad intelectual. Cubre a los países miembro de la UPOV protegiendo las creaciones que cumplan con las condiciones de novedad, distinguibilidad, homogeneidad y estabilidad (UPOV, 2016). La UPOV contempla dos excepciones al derecho de obtentor, la de los *fitomejoradores* que brinda la posibilidad de utilizar una variedad protegida como base para generar otras y comercializarlas. Y la de los *agricultores* que les permite guardar semilla de su cosecha para su próxima producción (IICA, 2010).

#### 7.2.2.6 *La Decisión CAN 345*

La Decisión Comunitaria Andina 345 de 1993, establece el régimen común de protección a los derechos de obtentores de variedades vegetales con el fin de reconocer y garantizar la protección de los derechos del obtentor de nuevas variedades vegetales mediante el otorgamiento de un Certificado de Obtentor; fomentar las actividades de investigación en el área andina y; fomentar las actividades de transferencia de tecnología al interior de la Subregión y fuera de ella.

#### 7.2.2.7 *La Decisión CAN 486*

La Decisión Comunitaria Andina 486 de 2000, establece el régimen común sobre propiedad industrial, aplicable a todos los países miembros de la Comunidad Andina. Esta Decisión incorpora el Acuerdo ADPIC, el Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (PCT), la Convención de París sobre Propiedad Industrial y el Convenio UPOV. Tiene su regulación en los decretos reglamentarios (SIC)

### 7.2.3 *La institucionalidad*

La propiedad intelectual se divide en dos ramas, *derecho de autor*, que se aplica a las obras literarias y artísticas y las obras realizadas por medios tecnológicos como programas informáticos y bases de datos electrónicas, y la *propiedad industrial* que se refiere a la invención, entendida como una nueva solución (idea) a un problema técnico y abarca las patentes de invención, las marcas, los diseños industriales las indicaciones geográficas (OMPI, S.F.) y los derechos de obtentor de variedades vegetales (DOV). En Colombia, existen principalmente tres entidades públicas previstas para la protección de la propiedad intelectual otorgada por los derechos derivados de la misma:

---

<sup>69</sup> Pueden presentar dicha solicitud los nacionales o residentes de los Estados Contratantes del PCT.

i) la *Dirección Nacional del Derecho de Autor (DNDA) - Unidad Administrativa Especial*, adscrita al Ministerio del Interior y encargada del diseño, dirección, administración y ejecución de las políticas gubernamentales en materia de derechos de autor y derechos conexos<sup>70</sup> (Colombia, 1991);

ii) la *Delegatura de la Propiedad Industrial de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC)*, adscrita al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y encargada de fomentar el sistema de propiedad industrial como fuente de información tecnológica y herramienta de competitividad y decidir sobre las solicitudes de marcas y signos distintivos, patentes y nuevas creaciones y productos con denominación de origen (SIC, 2011). Para ello cuenta, entre otras herramientas, con el Centro de información tecnológica y apoyo a la gestión de la propiedad industrial (CIGEPI) donde se brinda atención especializada en propiedad industrial y servicios de información tecnológica<sup>71</sup> y el Programa de asistencia a inventores (PAI)<sup>72</sup> y;

iii) el *Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)*, adscrito al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, responsable de la gestión y ejecución del régimen común de protección a los derechos de obtentor de variedades vegetales (Colombia, 1994).

### Figura 7.3 Sistema de Propiedad Intelectual

<sup>70</sup> Los derechos de autor describen los derechos de los autores sobre sus obras, mientras que los derechos conexos brindan protección a quienes, sin ser autores contribuyen con creatividad, técnica u organización, en el proceso de poner las obras a disposición del público como editores, intérpretes o radiodifusores.

<sup>71</sup> Como parte de los servicios de información tecnológica, la SIC realiza informes de vigilancia tecnológica, habiendo publicado a junio de 2016, 47 boletines y alertas tecnológicos entre los que se encuentran 21 relacionados con temas agroindustriales (ver Anexo 2).

<sup>72</sup> Programa seleccionado desde abril de 2015 por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) y el Foro Económico Mundial, para lanzar su plan piloto, en el cual los innovadores de escasos cuentan con asesoría gratuita por parte de abogados especializados en propiedad industrial.



Fuente: (CONPES, 2008)

Así mismo, se organizó el Sistema Administrativo Nacional de Propiedad Intelectual (SPI) (Figura 7.3) y se creó la Comisión Intersectorial de Propiedad Intelectual (CIPI)<sup>73</sup> mediante el Decreto 1162 de 2010, con el fin de coordinar las actividades estatales y de los particulares para lograr un nivel adecuado de protección, uso y promoción de los derechos de propiedad intelectual (Colombia, 2010).

De otra parte, se destaca el trabajo realizado por la Red Especializada de Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIREN) de donde nació en 2008 la Red del Servicio Compartido de Propiedad Intelectual en el Sector Agropecuario (SECOPIAGRO) con el auspicio de Colciencias y la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI), conformado por diversos centros de investigación y universidades<sup>74</sup> para articular en el país las redes de manejo de la propiedad intelectual para el fortalecimiento de la capacidad de investigación específica del sector, mediante asesoría especializada y actividades de divulgación, capacitación y formación. Entre 2008 y 2015 la red SECOPIAGRO ha fomentado el desarrollo de registros de PI con patentes (15 concedidas y 24 en trámite), denominaciones de origen (4 de la Federación Nacional de Cafeteros) y variedades vegetales (19 de Cenicaña y 18 de Fedearroz)<sup>75</sup>.

<sup>73</sup> La CIPI se encuentra presidida por el MCIT y hacen parte de ella con voz y voto: DNP, Colciencias y 11 ministerios. Con voz, pero sin voto: DNDA, DIAN, ICA, INVIMA, SIC y SENA.

<sup>74</sup> Conforman SECOPI AGRO: Ceniagua, Cenibanano, Cenicafé, Cenicaña, Ceniflores, Conif, Cenipalma, Corporación Colombia Internacional (CCI), Corpoica, Corporación Biotec, Bioinnova, CIAT, Universidad de Caldas, Universidad de Ciencias Aplicadas (UDCA), Universidad del Tolima, Universidad del Quindío, Universidad Autónoma de Manizales, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Tecnológica de Pereira, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y la Universidad del Magdalena.

<sup>75</sup> Información suministrada por CENIREN mediante comunicación personal el 26 de mayo de 2016.

Otros importantes actores en las relaciones de propiedad intelectual en el sector agropecuario, los constituyen las entidades internacionales de cooperación y desarrollo, destacándose al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) por sus proyectos y documentos que al efecto han adelantado (DLA Piper, 2013).

#### 7.2.4 Formas de protección de la propiedad intelectual

En el caso del sector agroindustrial, las formas más comunes de protección son las patentes y los derechos de obtentor de variedades vegetales. Aunque existen otras formas de protección registrables y no registrables, que no han sido suficientemente aprovechadas, las cuales se describen a continuación:

##### 7.2.4.1 Patentes

###### 7.2.4.1.1 El sistema de patentes colombiano

La Ley de patentes de Colombia fue implementada específicamente bajo la Decisión Comunitaria Andina 486 de 2000, reglamentada parcialmente con el **Decreto 427 de 2001** y adicionalmente, la SIC expide la Circular Única que contiene el conjunto de directrices que guían a los usuarios acerca de la manera como se deben adelantar los trámites de propiedad industrial (SIC, 2001).

Sobre “el tiempo necesario para la concesión de una patente, dependerá del procedimiento de registro y de varios factores que varían de un país a otro. En países en los que no se lleva a cabo el examen de fondo de la solicitud de patente, por lo general el procedimiento es de pocos meses. Sin embargo, en países en los que la oficina de patentes lleva a cabo un examen de fondo para verificar si la patente cumple con los criterios de patentabilidad relativos a la novedad, la actividad inventiva y la aplicación industrial, todo el procedimiento, desde la solicitud a la concesión, llevará generalmente más de 12 meses, y en numerosos casos más de 18” (OMPI, 2016).

En el caso particular de Colombia, desde la promulgación de sus leyes y tratados, el tiempo de examen de las patentes ha reducido a una tercera parte, pasando de 62 meses en 2004 a 22 en 2016<sup>76</sup>, situando a la oficina de patentes de Colombia como la tercera más rápida del mundo, pues pasó de conceder 22,9 % de las solicitudes en el periodo 2000-2009 a 59,3 % entre 2010 y 2014, según un informe de la agencia de noticias de la Universidad Nacional de Colombia. Por su parte, entre 1996 y 2013, se concedieron 49 % de las solicitudes en Europa y 53 % en Japón (Revista Dinero, 2015).

La reducción del tiempo en el proceso para obtener una patente en Colombia, se explica en gran medida, por la implementación del *Procedimiento acelerado de patentes* (PPH por sus siglas en inglés<sup>77</sup>), que ofrece trámites más ágiles y apoyo a los inventores nacionales en la protección de sus invenciones en el ámbito internacional. La SIC se integró a la tendencia mundial en el

<sup>76</sup> Información suministrada por la SIC en reunión realizada el 26 de mayo de 2016.

<sup>77</sup> Patent Prosecution Highway.

esquema para el estudio de examen de patentes, aprovechando las bondades que brinda la ley a través del PPH en conjunto con la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos de América (USPTO), desde 2012; con la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM), desde 2013; la Oficina de Patentes de Japón (OJP) desde 2014 y con la Oficina de Patentes de Corea del Sur (KIPO) y la Oficina Europea de Patentes (EPO), desde febrero y julio de 2016, respectivamente (SIC, 2016).

El PPH consiste en que los inventores colombianos que hayan presentado la solicitud de patente en Colombia y alguno de los países con los que ha implementado el procedimiento, podrán beneficiarse del estudio realizado en Colombia y solicitar que éste sea tenido en cuenta en la USPTO, la OPEM, la OJP, KIPO o la EPO y que se adelante el examen de la solicitud correspondiente, reduciendo la duplicación de esfuerzos y los tiempos de trámite al estudiar las mismas solicitudes de patente que se presentan en los países (SIC, 2016).

#### 7.2.4.1.2 Requisitos formales

Todas las solicitudes de patentes deben presentarse ante la Dirección de Nuevas Creaciones de la SIC. Las solicitudes deben hacerse en español e incluir el nombre del solicitante, dirección, ciudadanía de los inventores, título, resumen, tipo de patente que se busca, especificaciones, reclamaciones, dibujos, documentos de asignación legalizada si el solicitante no es el inventor, documento de prioridad certificado si no es una solicitud PCT en la fase nacional y poder de abogado. La fecha de recepción por la Oficina de Patentes constituye la fecha de presentación. Las solicitudes completas son publicadas dieciocho meses después de la presentación, en la *Gaceta de Propiedad Industrial*. Una oposición a la posible publicación de la solicitud de patente puede presentarse por cualquier persona dentro de sesenta días de su publicación y el solicitante puede responder a tal oposición.

#### 7.2.4.1.3 Tipos de patentes

En Colombia existen dos tipos principales de protección para las invenciones, cuyos derechos se conceden totalmente al inventor, la **patente de invención**, similar a las patentes de utilidad de los Estados Unidos, que protege todo nuevo producto o procedimiento que ofrezca una nueva manera de hacer algo o una nueva solución técnica a un problema y, la **patente de modelo de utilidad**, similar a las patentes de diseño de los Estados Unidos, que protege toda nueva forma, configuración o disposición de elementos, de algún artefacto, herramienta, instrumento, mecanismo u otro objeto que le incorpore o que le proporcione alguna utilidad, ventaja o efecto técnico que antes no tenía. Los tiempos de protección otorgados al inventor son 20 años para una patente de invención y 10 para un diseño de utilidad.

Son objeto de patente los inventos que consistan en productos, procedimientos, métodos de fabricación, máquinas o aparatos que se obtengan de ellas, por ejemplo, las variedades vegetales, las invenciones relacionadas con microorganismos, los procesos biotecnológicos para obtención de farmacéuticos, medicamentos, bebidas y alimentos para consumo animal o humano, fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, fungicidas o productos con actividad biológica. No hay protección para los descubrimientos, las teorías científicas o métodos matemáticos; seres vivos o una parte de ellos tal como se encuentran en la naturaleza; los procesos biológicos naturales, el material biológico existente en la naturaleza o aquel que pueda ser aislado,

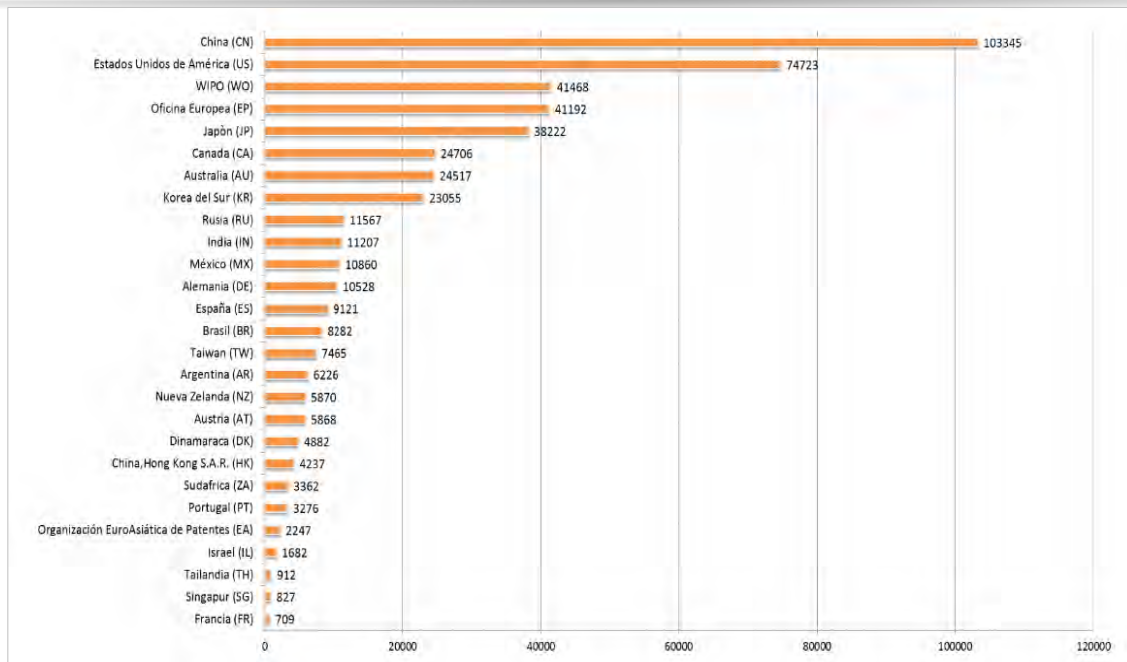
inclusive genoma o germoplasma de cualquier ser vivo; las obras artísticas o literarias; reglas y métodos para la búsqueda de actividades intelectuales, económicas o comerciales; programas informáticos y software. Métodos para la presentación de información no se consideran invenciones y por lo tanto no son patentables (SIC, 2016).

Una infracción en Colombia se produce cuando se hace, ofrece para la venta, uso, importación o realiza los actos de una invención o proceso patentado ilegalmente. Las patentes se aplican mediante la presentación de una acción por infracción para solicitar un mandato judicial o daños con la Corte de Circuito o el sistema penal. En las acciones civiles, un demandante puede solicitar un mandato preliminar válido por la duración del litigio. Una demostración de la infracción debe apoyar la solicitud. Los daños pueden incluir la pérdida de beneficios y los daños reales, enriquecimiento injusto y regalías razonables. En Colombia, un infractor de patente también puede estar sujeto a sanciones penales, entre ellas una pena de prisión de tres a ocho años y multas, situación casi exclusiva de Colombia, que se cree puede ser una herramienta efectiva contra los falsificadores (DLA Piper, 2013).

#### 7.2.4.1.4 Solicitudes presentadas

**Panorama mundial.** China y los Estados Unidos son los primeros países con mayor actividad de solicitud de patentes en sectores tecnológicos agroindustriales con 103.345 y 74.723 solicitudes presentadas solamente en 2014 (SIC, 2016) (Figura 7.4). A nivel mundial, durante ese mismo año, las solicitudes agroindustriales predominantes (> 5.000) fueron biocidas (23.894); horticultura, legumbres, flores, arroz, frutos (21.678); cría; avicultura, piscicultura, apicultura; pesca (19.076); sustancias que repelen (12.621); novedades vegetales (9.874); alimentos para animales (9.150); plantación, siembra, fertilización (6.762); recolección (6.640) y captura o caza de animales (6.121) (SIC, 2016).

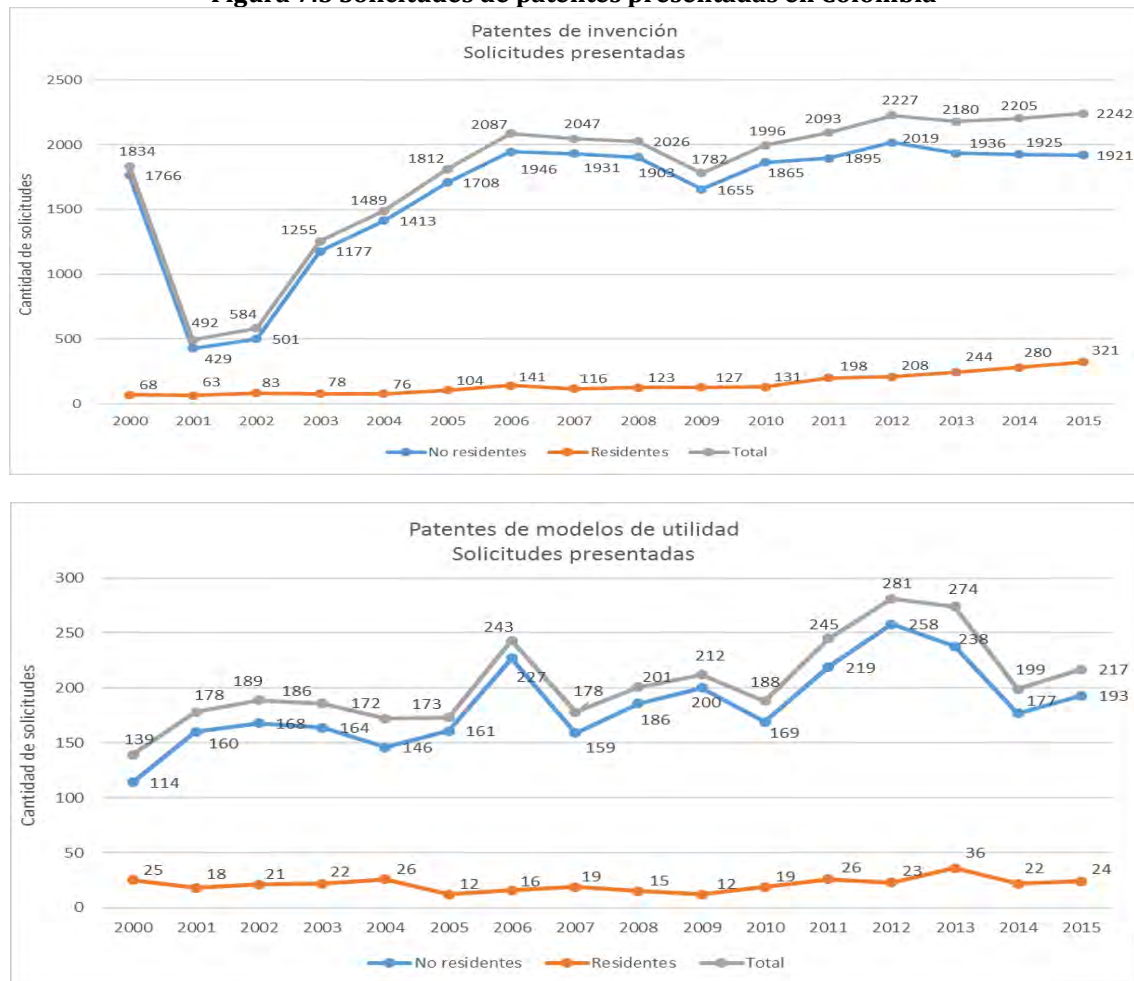
**Figura 7.4 Actividad de solicitud de patentes agroindustriales en oficinas de PI en 2014**



Fuente: SIC, 2016

**Panorama nacional.** De acuerdo con los registros de la SIC, En 15 años, se presentaron en Colombia 2.242 solicitudes de patentes de invención y 217 de patentes de modelo de utilidad, con un crecimiento de 6,55 y 2,73 % entre el 2000 y 2015. Sin embargo, a pesar de la dinámica positiva, el 85,7 % de las solicitudes fueron presentadas por no residentes y tan solo 14,3 % por residentes en el país (Figura 7.5). Los principales países solicitantes en 2015 fueron los Estados Unidos (36 %), Suiza (6,4 %), Alemania (5 %), Japón (3,4 %) y Francia (3,1 %) (SIC, 2016).

**Figura 7.5 Solicitudes de patentes presentadas en Colombia**



Fuente: SIC, <http://www.sic.gov.co/drupal/estadisticas-propiedad-industrial>

Además de las solicitudes de patentes presentadas por nacionales, los indicadores de creación de conocimiento como el coeficiente de invención<sup>78</sup> y los pagos por utilización de la propiedad intelectual<sup>79</sup>, siguen siendo bajos en comparación con otros países referentes en Latinoamérica (Cuadro 7.1), reafirmando la percepción de las empresas innovadoras y potencialmente innovadoras consultadas en la EDIT VII, dónde el 40 % de ellas ven al sistema de propiedad intelectual como un obstáculo para la innovación, por factores como tiempo de trámite excesivo, falta de información sobre beneficios, falta de ideas novedosas, escasa capacidad interna de gestión, entre otros (DANE, 2015). Valor significativo para el sector agroindustrial,

<sup>78</sup> Indicador del nivel de patentamiento de un país dado por el número de patentes por cada cien mil habitantes.

<sup>79</sup> Variable utilizada para medir absorción de conocimiento.

si se tiene en cuenta que cerca del 43 % de las empresas investigadas, son de esta naturaleza (3.762 de 8.835 empresas investigadas en la EDIT VII, se relacionan con la agroindustria alimentaria y no alimentaria)<sup>80</sup>.

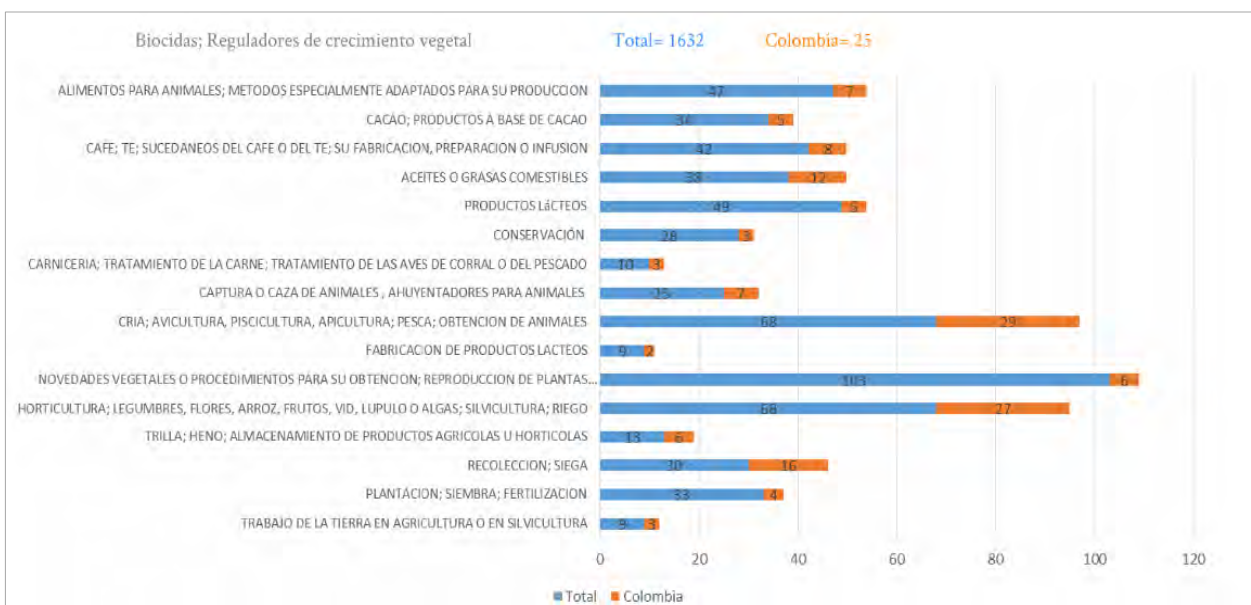
**Cuadro 7.1 Indicadores de creación y divulgación de conocimiento**

Indicador	Colombia	Chile	México	Brasil
Coficiente de invención (2013)	0,53	1,91	1,02	3,96
Pagos por utilización de la propiedad intelectual (% del PIB en 2014)	0,13	0,6	0,15	0,25

Fuente: RICYT (2016) y CPC (2015) en versión borrador del (CONPES, 2016).

Para aumentar el número de solicitudes nacionales, la SIC y Colciencias se unieron para constituir el *Fondo Nacional de Protección* que, con un presupuesto de 750 millones de pesos, busca rastrear tecnologías y procesos susceptibles de ser patentados para lograr que los colombianos presenten al menos 600 solicitudes al año, representando el 30 % en 2018. La finalidad de esta estrategia es brindar apoyo a los departamentos a través de los 18 Centros de Apoyo a la Tecnología y la Innovación (CATI) de la SIC y financiar hasta el 80 % de los costos del trámite (Colciencias, 2016) y (Publicaciones Semana, 2016).

**Figura 7.6 Solicitudes de patentes por sectores tecnológicos (CIP) agroindustriales 2004-2014**



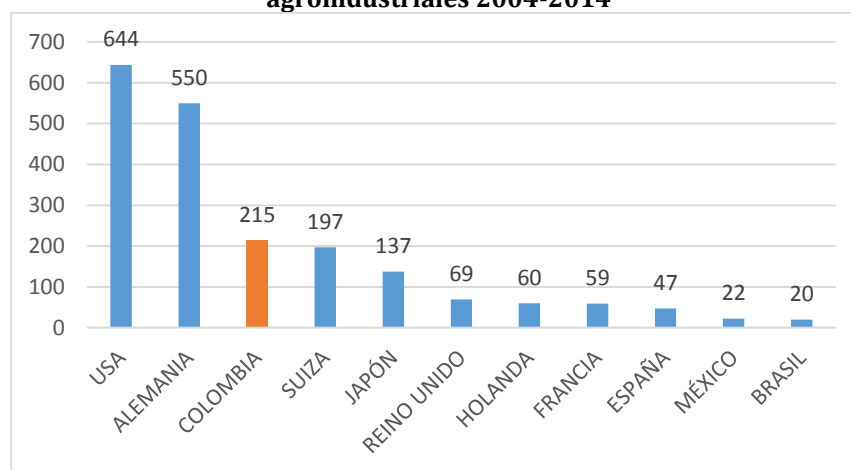
Fuente: SIC, 2016

<sup>80</sup> De 8.835 empresas investigadas en la EDIT VII, 3.762 se relacionan con la agroindustria alimentaria y no alimentaria por su actividad económica, incluyendo las de insumos agropecuarios (fabricación de plaguicidas y otros químicos de uso agropecuario).

Teniendo en cuenta el sector tecnológico registrado en la SIC, entre 2004 y 2014, el sector agroindustrial constituyó el 9 % del total de patentes presentadas durante el periodo, equivalentes a 2.210 solicitudes (2.144 de invención y 66 de modelos de utilidad), siendo las más significativas las de biocidas y reguladores de crecimiento vegetal (1.632), seguidas de las novedades vegetales o procedimientos para su obtención; reproducción de plantas (109); cría; avicultura, piscicultura, apicultura; pesca, obtención de animales (97); horticultura, legumbres, flores, arroz, lúpulo o algas; silvicultura; riego (95) (SIC, 2016)(Figura 7.6).

En relación con el origen, 48 países hicieron solicitudes de patentes en sectores tecnológicos agroindustriales entre 2004 y 2014; 10 de ellos representaron el 91,4 % de las solicitudes y solo 3 más del 60 %; Estados Unidos (29,1 %), Alemania (24,9 %) y Suiza (8,9 %) (Figura 7.7).

**Figura 7.7. Top 10 de países solicitantes de patentes en Colombia en sectores tecnológicos agroindustriales 2004-2014**

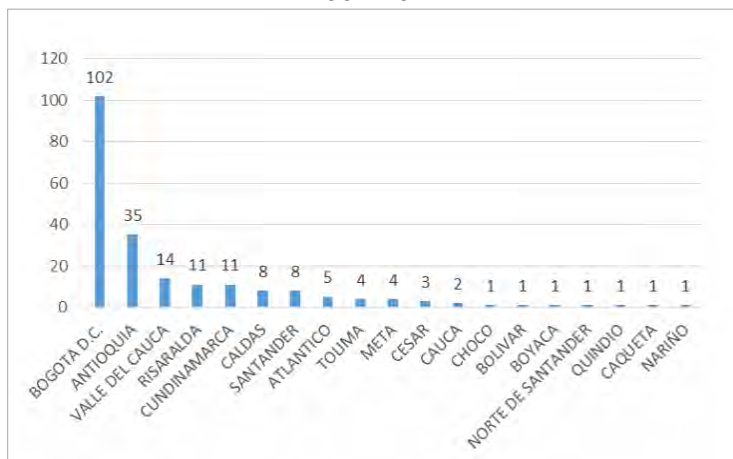


Fuente: SIC, 2016

Las solicitudes de patentes agroindustriales provenientes de residentes en Colombia, por su parte, se originaron en 19 de los 33 departamentos<sup>81</sup>, estando concentradas en Bogotá más del 47 %, seguidas de Antioquia (16,3 %) y Valle del Cauca (6,5 %) (Figura 7.8). Por tipo de solicitante; el 58 % fueron presentadas por 103 personas naturales, 31 % por 41 empresas entre las que se destacan Team Foods Colombia S.A. con 8 y Colcafé S.A.S. con 3; 11 % por 10 universidades sobresaliendo con más de tres la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano con 4, la Universidad Tecnológica de Pereira con 3 y la Universidad Nacional de Colombia con 3 ; un centro de investigación (Cenicafé) figura con una solicitud, representando menos del 1 % (SIC, 2016).

<sup>81</sup> Incluyendo al Distrito Capital.

**Figura 7.8 Solicitud de patentes en sectores tecnológicos agroindustriales por departamento 2004-2014**



Fuente: SIC, 2016

#### 7.2.4.2 Derechos de obtentor de variedades vegetales

Los derechos de obtentor (DOV) son los beneficios legales que obtiene una persona, natural o jurídica, que haya desarrollado o terminado una nueva variedad<sup>82</sup> para su explotación (no se aplica a variedades silvestres). La razón de la protección está fundamentada en que las variedades mejoradas ofrecen una ventaja en la relación costo/beneficio al mejorar cualitativa y cuantitativamente la producción de alimentos, constituyéndose su protección en un incentivo para desarrollar nuevas variedades (ICA, s.f.).

##### 7.2.4.2.1 La protección de las variedades vegetales en Colombia

En Colombia se adoptó y entró en vigor el régimen común de protección a los DOV (Decisión CAN 345) con el Decreto 533 de 1994 que lo reglamentó y estableció al ICA como autoridad nacional competente para la gestión y ejecución del régimen quien, a su vez, mediante la Resolución 1893 de 1995 ordenó la apertura del Registro Nacional de Variedades Vegetales Protegidas y estableció el procedimiento para la obtención del Certificado de Obtentor. Posteriormente, con la Ley 243 de 1995 y el Decreto 2687 de 2002, se acogieron los lineamientos de la UPOV-1978 y la duración de la protección de la UPOV-1991. Así, el derecho de obtentor que se otorga en Colombia es territorial y su duración es de veinticinco (25) años, para las vides, árboles forestales y árboles frutales y de veinte (20) años para las demás especies, contados a partir de la fecha de su otorgamiento (MADR, 2002).

<sup>82</sup> Se entiende por *Variedad* el conjunto de individuos botánicos plantados y mejorados por el hombre que se distinguen por determinados caracteres morfológicos, fisiológicos, citológicos y químicos, que se pueden perpetuar por reproducción, multiplicación o propagación (ICA, 1995).

Este tipo de protección se otorga cuando la variedad es **nueva** (que no haya sido comercializada antes de un año en el propio territorio o cuatro años en otro territorio<sup>83</sup>), **distinguible** (claramente distinta de otras variedades), **homogénea** (que sea uniforme), **estable** (que reproduzca al fenotipo y al genotipo) y cuenta con una **denominación** que constituya su designación genérica (CAN, 1993).

#### 7.2.4.2.2 Requisitos formales

Para solicitar los DOV, se debe enviar una muestra de semillas o plantas al ICA, junto con una solicitud que detalle las características de la variedad. Una vez que el ICA recibe la solicitud, somete la muestra a pruebas para confirmar la información y emite un certificado y lo publica en la *Gaceta de variedades vegetales protegidas*. El ICA deberá pronunciarse en un plazo de tres (3) años para las variedades de ciclo corto y de diez (10) años para las variedades de ciclo mediano y largo, contados a partir de la fecha de presentación de la solicitud de protección. Es decir, la obtención del certificado puede tomar hasta diez años dependiendo del ciclo de crecimiento y los derechos sólo pueden aplicarse después de que haya sido emitido el mismo.

Una entidad extranjera puede solicitar un certificado sólo si hay una presencia colombiana. Antes de que una semilla/planta sea importada o exportada debe verificarse la autenticación de obtentor. La solicitud de concesión de un DOV, así como el DOV podrán ser cedidos o transferidos. El tener publicaciones previas no afecta la elegibilidad para la obtención de un certificado (ICA, 1995).

La violación del DOV tiene consecuencias civiles, comerciales y penales, por los daños ocasionados al *obtentor*, quien no puede recuperar la inversión de su investigación y desincentiva la continuidad en los procesos de mejoramiento para obtener nuevas variedades; al *agricultor* porque genera bajos rendimientos, baja calidad de cosecha, altos costos, baja o nula utilidad en la operación y baja competitividad; a la *industria* quien recibe materia prima de baja calidad y por mezcla varietal aumenta sus costos de operación; al *consumidor*, porque se arriesga a comprar alimentos de mala calidad; al *país*, porque no percibe ingresos como el de certificación ni tributos sobre las rentas brutas de semillas no vendidas y se aumentan los riesgos por problemas fitosanitarios, impidiendo la competencia en el mercado internacional (Caicedo Arias, 2016).

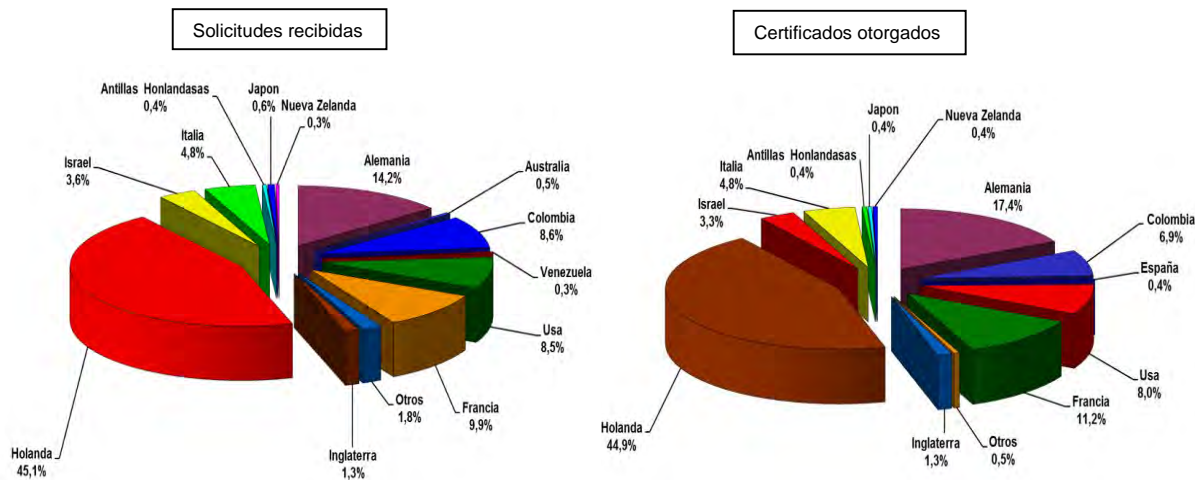
#### 7.2.4.2.3 Solicitudes presentadas

Entre 1995 y 2015, se recibieron en Colombia 1.864 solicitudes de registro de variedades protegidas, de las cuales, solo 8,6 % provenían de entidades colombianas y el 91,4 % de entidades internacionales. De las solicitudes recibidas fueron otorgados 1.136 certificados, esto es, 61 %, de aprobación. Sin embargo, la tasa de aprobación de Colombia fue de 49 %, teniendo en cuenta que de 160 solicitudes se otorgaron 79 (ICA, 2016). Sólo en 2015, se recibieron y analizaron 104 solicitudes correspondientes a variedades de arroz, soya, caña de azúcar y café entre otras y se otorgaron 42 certificados de obtentor (ICA, 2016). El 95 % de las solicitudes provienen de 7 países, siendo el principal Holanda con 45,1 % de los casos, seguido en el top 5

<sup>83</sup> En el caso de árboles y vides son seis años y hay excepción para las variedades de reciente creación (nuevos miembros/extensión de la protección) (ICA).

por Alemania (14,2 %), Francia (9,9 %), Colombia (8,6 %), y los Estados Unidos (8,5 %) (ICA, 2016) (Figura 7.9).

**Figura 7.9 Solicitudes de registro de variedades protegidas recibidas 1995-2015**



Fuente: ICA, 2016

De los certificados emitidos por el ICA entre 1995 y 2011, el 88 % fueron de plantas ornamentales, 5,5 % de cereales, 2,8 % de frutales y 4 % de otros cultivos. En el caso de las solicitudes nacionales, sobre una base de cálculo de 146, el 49 % fueron de arroz, 19 % caña de azúcar, 8 % alstroemeria, 7 % soya, 7 % clavel, 5 % pasto y 5 % otras (cifras suministradas por el ICA en entrevista con Rodolfo Caicedo el 14/jul/2016)<sup>84</sup>.

En relación con la situación del registro, 20 % se encuentran vigentes, 22 % en proceso y 12 % terminaron, mientras que el 38 % restante fueron cancelados, desistidos, expirados o rechazados (cifras suministradas por el ICA en entrevista con Rodolfo Caicedo el 14/jul/2016)<sup>85</sup>.

### 7.2.4.3 Indicación geográfica

Una indicación geográfica es un signo utilizado en productos con un origen geográfico determinado con cualidades o una reputación derivadas específicamente de su lugar de cuna. Esta forma de protección se emplea con frecuencia en productos agrícolas que poseen cualidades derivadas de su lugar de producción y en los que influyen factores geográficos específicos como el clima y el suelo (OMPI, s.f.).

Una **denominación de origen** es un tipo especial de indicación geográfica, que se aplica a productos que poseen una calidad específica derivada exclusiva o esencialmente del medio

<sup>84</sup> Cifras en proceso de revisión por el ICA.

<sup>85</sup> Cifras en proceso de revisión por el ICA.

geográfico en el que se elaboran, por ejemplo “Burdeos” hace referencia al vino producido en esa región de Francia o “Habano” para el tabaco cultivado en la región de La Habana en Cuba (OMPI, s.f.).

Las denominaciones de origen tienen impacto económico, al fungir como instrumentos de negociación que influyen en el precio de los productos y el reconocimiento a nivel internacional; impacto social, por la cohesión y beneficios entre y para los productores, sobre todo si se trata de zonas geográficas poco favorecidas; medioambiental, por la conservación de las áreas geográficas o preservación de técnicas tradicionales; pueden incidir en el desarrollo del turismo, las exportaciones y la competitividad, por la identidad que le imprimen al producto y que representa alto valor agregado en términos de calidad y cualidades especiales relacionadas con la región (CONPES, 2008).

En Colombia, 22 productos cuentan con este tipo de protección, 12 de uso agroalimentario y 10 de uso artesanal (SIC, 2016) siendo el Huila el departamento del país con mayor número de productos que emplean esta protección. De los 22 productos, 19 tienen relación directa con el sector agroindustrial. Entre los *agroalimentarios* se encuentran 5 cafés especiales<sup>86</sup>, 3 variedades de flores, 2 tipos de queso, un frutal y una colación a base de Achira, *Canna indica*. De los productos con usos *artesanales*, 7 emplean fibras naturales como materia prima para su fabricación (Cuadro 7.2).

**Cuadro 7.2 Productos agroindustriales colombianos con denominación de origen**

Uso	Materia prima	Producto
Agroalimentario	Café	Café de Colombia
		Café de Cauca
		Café de Nariño
		Café de Huila
		Café de Santander
	Flores	Clavel de Colombia
		Crisantemo de Colombia
		Rosa de Colombia
	Leche	Queso del Caquetá
		Queso Paipa
Frutal	Cholupa del Huila	
Achira	Biscocho de Achira del Huila	
Artesanal	Palma de Iraca	Sombrero de Suaza
		Sombrero de Sandoná
		Sombrero Aguadeño
	Algodón	Tejeduría Wayuu
		Tejeduría de San Jacinto
Caña Flecha	Tejeduría Zenú	
Fique	Cestería en rollo de Guacamayas	

Fuente: Construcción propia con base en SIC (2016).

<sup>86</sup> El café colombiano ha tenido varios reconocimientos y protección legal en los mercados principales, como Estados Unidos y Canadá (marcas de certificación), Colombia y América Latina (denominación de origen) y la Unión Europea (indicación geográfica protegida PGI) (DLA Piper, 2013).

Según (DLA Piper, 2013), el escaso uso de las denominaciones de origen colombianas protegidas en el territorio nacional y el exterior, puede obedecer, entre otras, a las siguientes razones:

- i. Ausencia de conocimiento de la naturaleza, características y ventajas de esta categoría de signos distintivos.
- ii. Concepción limitada del alcance de identificar un producto con una denominación de origen, motivo por el cual se han desaprovechado oportunidades frente a productos de alcance regional y subregional, lo que agrega mucho más valor, justamente por su especificidad y exclusividad.
- iii. La materia no se conceptualiza en el régimen colombiano desde la óptica de las políticas agropecuarias y de desarrollo rural y desde las políticas de promoción turística, comercial y de competitividad con objetivos definidos dentro de las mismas.
- iv. Desconocimiento o falta de elementos técnicos y tecnológicos (p.e. materiales de referencia o laboratorios de ensayo) para la caracterización técnica de los productos o para su normalización técnica.
- v. Falta de recursos para llevar a cabo los procesos técnicos de determinación inicial o posterior de las características técnicas de los productos o para lograr la participación activa de los pequeños productores.

#### 7.2.4.4 Otras formas de protección

##### 7.2.4.4.1 Derechos de autor y derechos conexos

Los derechos de autor en Colombia tienen por finalidad reconocer una adecuada y efectiva protección a los autores y demás titulares de derechos, sobre las obras del ingenio, en el campo literario, artístico o científico y se rigen por lo definido en la Ley 23 de 1982 y la Decisión CAN 351 de 1993. El Registro Nacional de Derecho de Autor es un servicio gratuito sin ninguna contraprestación económica que se lleva a cabo a través de la Dirección Nacional de Derecho de Autor, cuya finalidad es la de brindar y otorgar a los titulares de derecho de autor y derechos conexos un medio de prueba y de publicidad a sus derechos, así como a los actos y contratos que transfieran o cambien ese dominio amparado por la ley (DNDA, 2016). En el caso del sector, podría aplicarse, por ejemplo, a manuales de instrucciones o prácticas agrícolas, manuales de máquinas o equipos, bases de datos, guías de campo o de un cultivo, artículos científicos<sup>87</sup> y software.

##### 7.2.4.4.2 Marcas

Una marca es una categoría de signo distintivo que identifica los productos o servicios de una empresa o empresario, confiriéndole valor agregado a los productos o servicios con los que se asocia al permitir diferenciarse, construye confianza porque ayuda a garantizar la calidad entre los consumidores, puede ser objeto de licencias y, por tanto, fuente generadora de ingresos, pudiendo llegar a ser más valiosa que los activos tangibles (SIC, 2016). En cuanto a la aplicación,

---

<sup>87</sup> Tener en cuenta que en los artículos científicos no se mencionen formulas, procesos o instrucciones que se puedan protegerse por medio de patente.

el registro y uso de la marca en Colombia es necesario con el fin de bloquear importaciones paralelas (DLA Piper, 2013).

La ley colombiana de marcas es proporcionada por la Decisión CAN 486. Las marcas podrán concederse a personas y empresas. La solicitud se lleva a cabo en la Oficina de Propiedad Industrial de la SIC y consta de una petición, la reproducción de la marca, cualquier poder necesario, comprobante de solicitud y certificado de registro en el país de origen. Una vez presentada la solicitud, primero se revisa por requisitos formales y luego por novedad. Si la Oficina de Propiedad Industrial emite un rechazo, el solicitante puede responder. Una vez que la solicitud sea permitida, la marca queda registrada por diez (10) años, renovables indefinidamente (SIC, 2016).

#### 7.2.4.4.3 Modelos de utilidad

El modelo de utilidad corresponde a un título de protección de determinadas invenciones de menor complejidad técnica y a las que se prevé comercializar solamente durante un período de tiempo limitado. El procedimiento para obtener protección vía modelo de utilidad suele ser más breve y sencillo que el relativo a la solicitud de una patente (OMPI, s.f.). La protección que otorga una patente de modelo de utilidad en Colombia es de diez (10) años contados desde la fecha de presentación de la solicitud en la SIC y para el sector agroindustrial puede ser útil cuando el nivel inventivo no es suficiente para una patente, por ejemplo, en el caso de desarrollar una nueva forma a una herramienta ya existente (IICA, 2010).

#### 7.2.4.4.4 Diseños industriales

Mediante un Registro de Diseño Industrial se protege únicamente la forma de los productos, es decir el aspecto estético de cualquier objeto durante diez (10) años, no renovables. Los diseños industriales hacen que un producto sea atractivo y llamativo; por consiguiente, aumentan el valor comercial del producto, así como sus posibilidades de venta. Se contribuye a fomentar el desarrollo económico, alentando la creatividad en los sectores industriales y manufactureros, así como en las artes y la artesanía (OMPI, s.f.).

#### 7.2.4.5 Métodos no registrables de protección a la propiedad intelectual

Entre los métodos no formales o no registrables de protección se incluyen el secreto industrial, la alta complejidad en el diseño y los acuerdos o contratos de confidencialidad con empresas y/o empleados. Estos últimos se refieren a mecanismos de protección de las ideas que no contemplan la obtención de un registro ni un certificado oficial, motivo por el cual se convierten en una opción beneficiosa porque no requiere pagar honorarios al Gobierno ni divulgación al Gobierno. Además, no tienen limitaciones de duración y pueden transferirse a un tercero. De acuerdo con el DANE (2015), durante el periodo 2013-2014, las 501 empresas industriales encuestadas realizaron 1.086 acuerdos o contratos de confidencialidad con empleados, 673 acuerdos o contratos de confidencialidad con otras empresas, 156 secretos industriales y 54 diseños de alta complejidad.

En el país, destacan entidades como la Federación Nacional de Cafeteros como ejemplo de la identificación de oportunidades de exportación de café, obtención de varios tipos de protección

de la propiedad intelectual y aplicación de los derechos en los mercados comerciales mundiales; al igual que el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) cuyo banco de genes depende de acuerdos de transferencia de material (MTA por su sigla en inglés) para proporcionar protección a las muestras que se envían fuera del país y emplean acuerdos comerciales para productos que puedan requerir un flujo de regalías. Otros sectores agrícolas podrían beneficiarse con estas experiencias.

## 8 Seguimiento y evaluación del SNCTA<sup>88</sup>

### 8.1 Sistemas de seguimiento y evaluación

Los sistemas de evaluación se originaron en los países de la OECD en la década de los 70 (Conpes 3294) donde países como Nueva Zelanda (1975), el Reino Unido (1982) y Australia (1987) implementaron sistemas de evaluación buscando establecer responsables por los resultados de la gestión pública. En Latinoamérica, Uruguay (1987) y Chile (1990) fueron los primeros en establecer sistemas de evaluación como parte de procesos de modernización estatal. Además de Colombia (1993), otros países que cuentan con sistemas en operación son Costa Rica (1994) y Brasil (2000). Desde finales de los años 90, tanto países desarrollados como en desarrollo han impulsado la evaluación a profundidad de programas prioritarios, especialmente los de mayor impacto en el sector social.

### 8.2 Metodologías utilizadas

De acuerdo con el Banco Mundial (BM), existe una serie de instrumentos, métodos y enfoques de seguimiento y evaluación de intervenciones o políticas de CTi donde el enfoque de marco lógico, es la técnica más utilizada por agencias internacionales como el BM y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), mientras que los estudios de caso y el uso de indicadores son ejemplos de los trabajos adelantados por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) a través de los Indicadores Agrícolas de Ciencia y Tecnología (ASTI por sus siglas en inglés *Agricultural Science and Technology Indicators*), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y diversos observatorios, redes y plataformas informáticas de CTi.

Las evaluaciones de impacto por su parte, se vienen desarrollando en el marco de los proyectos financiados con recursos de la banca multilateral, como una exigencia de estos organismos y en algunos centros de investigación como la Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), la Corporación Colombiana

---

<sup>88</sup> **Angélica María Londoño Triana**, Econo., MSc., Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: [amlondono@corpoica.org.co](mailto:amlondono@corpoica.org.co); **Angélica María Ramírez Beltrán**, I. Agroind., MBA, Departamento de Articulación Institucional, Corpoica. Correo electrónico: [amramirez@corpoica.org.co](mailto:amramirez@corpoica.org.co).

de Investigación Agropecuaria (Corpoica) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

No obstante, los esfuerzos y avances de este tipo de organismos en materia de planificación, monitoreo y evaluación, la información que producen se centra en la CTi como un subsector individual, no se encuentran iniciativas dirigidas a monitorear los procesos particulares del sector agropecuario, a excepción de ASTI auspiciados por el IFPRI, siendo el único referente a nivel mundial en la materia.

### 8.3 Planificación, seguimiento y evaluación de la política pública

La Constitución Política de 1991 en su Artículo 343 estableció el mandato de “...diseño y organización de los sistemas de evaluación de gestión y resultados de la administración pública, tanto en lo relacionado con políticas como con proyectos de inversión...” del Gobierno Nacional, que mediante la Ley Orgánica 152 de 1994 facultó al Departamento Nacional de Planeación – DNP, como el ente encargado de esta labor.

Este marco dio origen al Sistema Nacional de Evaluación de Gestión y Resultados – SINERGIA, con el propósito mejorar la efectividad de las políticas, estrategias programas y proyectos del Gobierno, consolidados en el Plan Nacional de Desarrollo – PND, carta de navegación del período presidencial. Por otro lado, a través del documento CONPES 3294 de 2004, se definen el seguimiento al PND, las evaluaciones de políticas estratégicas y la rendición de cuentas, como los ejes de trabajo del SINERGIA, originando el Sistema de Seguimiento a Metas del Gobierno – SIGOB y el Sistema Nacional de Evaluaciones.

Para el 2000, el documento CONPES 3080 encontró debilidades en la operación del SNCTI, reflejadas en la desarticulación de los distintos sectores y actores, además de la falta de información confiable y actualizada como una de las principales causas de esta fragmentación. Además, no se producían indicadores adecuados para hacer seguimiento sistemático e información básica sobre inversión, capacidades, entidades y sus funciones. Posteriormente en 2009, el documento CONPES 3582 mencionó, además, que el problema central del sistema era la baja capacidad del país para identificar, producir, difundir, usar e integrar conocimiento, entre otras cosas, por la débil institucionalidad, bajo flujo de información, baja articulación y seguimiento, ausencia de focalización y carencia de un sistema de evaluación.

En general, el proceso de monitoreo, seguimiento y evaluación en materia de CTi sectorial tiene importantes desbalances, que incluso se originan en la formulación poco rigurosa y sistemática de las políticas, planes, programas y proyectos, debido en parte a la dispersión de instrumentos para su presentación, registro y seguimiento, como por debilidad técnica de algunas de las entidades ejecutoras, dificultando el traslado de información importante como indicadores, líneas base, metas, entre otros, que permita desarrollar un proceso de evaluación de productos, resultados e impactos. Este fenómeno se percibe en la mayoría de los avances de CyT del sector, especialmente en lo que tiene que ver con innovación, donde el registro y suministro de información desde el sector privado es prácticamente inexistente.

Como consecuencia de lo anterior, se formuló nuevamente una estrategia de fortalecimiento institucional para resolver los problemas identificados sobre la base de un adecuado sistema de planificación, monitoreo, evaluación y gestión de acciones y políticas de CyT.

En materia de planificación, con el propósito de mejorar la competitividad de los sectores y las regiones, se han construido agendas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, del orden nacional, regional o sectorial, como un mecanismo apropiado para reconocer y priorizar las problemáticas tecnológicas y no tecnológicas de los sectores, así como para focalizar y asignar recursos de manera eficiente. Dentro de este grupo, los documentos orientadores de que dispone el país son los siguientes:

- a. *Agendas prospectivas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación por cadenas productivas para el sector agropecuario.* Entre 2007 y 2011 el MADR desarrolló una metodología país para la identificación y priorización de demandas tecnológicas y no tecnológicas de 25 cadenas productivas.
- b. *Agenda Nacional del sector agropecuario.* Se consolidó, mediante un proceso liderado por Corpoica, una Agenda Única Nacional de I+D+i para 37 cadenas, donde se identificaron las principales demandas y estrategias para la solución de problemas tecnológicos y no tecnológicos.
- c. *Planes estratégicos departamentales de ciencia, tecnología e innovación – PEDCTI.* Colciencias ha orientado y apoyado la formulación de Planes Estratégicos de CTi de 25 departamentos, como parte de su estrategia de regionalización. Los planes estratégicos están encaminados a lograr un modelo productivo y social sustentado en la generación, uso y apropiación del conocimiento.
- d. *Agenda Nacional de Competitividad.* La Agenda Nacional de Competitividad corresponde a un plan de vuelo conformada por más de 100 tareas de corto, mediano y largo plazo, para generar un crecimiento sostenido de la economía e impulsar un crecimiento por encima del 6 %.

Adicionalmente, se cuenta con la *Estrategia Nacional de Innovación*, que corresponde a una iniciativa gubernamental que recoge los retos planteados en la Locomotora de Nuevos Sectores Basados en la Innovación del Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014, que se fundamenta en tres pilares básicos: capital humano, ciencia y tecnología e innovación empresarial y emprendimiento, complementados por dos factores transversales, el fortalecimiento institucional y la política productiva focalizada.

En materia de monitoreo el país cuenta con una batería de indicadores de desempeño utilizados en el marco del Sistema de Seguimiento a las Metas del Gobierno (SIGOB) del DNP, que incluyen el seguimiento a la política nacional de ciencia, tecnología e innovación nacional y sectorial (agropecuaria). Otra herramienta fundamental que se ha desarrollado son encuestas formales, generalmente coordinadas y publicadas por el DANE. En el caso particular del sector, esta entidad coordinó el desarrollo de un caso piloto entre 2008 y 2009 en el subsector floricultor, con la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT). Sin embargo, los resultados no fueron representativos para el sector.

El Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT), tiene como misión evaluar el estado y las dinámicas de CTi en el país, produciendo metodologías de medición, estadísticas e indicadores (Lemarchand, 2010). Otras entidades involucradas en este aspecto son la Contraloría General de la República y el Departamento Nacional de Estadísticas (DANE). En cuanto a herramientas de monitoreo, se encuentra el Sistema Integrado de Gestión de Proyectos (SIGP), implementado por Colciencias, el MADR y el SENA que cuenta con capacidad para la gestión, seguimiento y evaluación. En su momento el SIGP fue empleado como herramienta para la presentación de proyectos, sin embargo, hoy no son tenidos en cuenta como herramienta de apoyo para el sector.

Como caso particular del sector, se ha desarrollado la *Plataforma Siembra*, herramienta de gestión de conocimiento y soporte de la CTi del sector agropecuario, mediante el diseño y producción de información e indicadores pertinentes. Dicha herramienta cuenta con una base de información sectorial de proyectos, resultados y capacidades de investigación, así como de entidades involucradas en los desarrollos de CTi del sector que conforman el SNCTA. Además, conforma un sistema de monitoreo y evaluación, que mediante la producción de indicadores se propone como instrumento fundamental para hacer seguimiento a la dinámica del SNCTA.

Al igual que lo encontrado en otros países de la región, Colombia cuenta con poca experiencia en aplicar la evaluación, especialmente de impacto, como una práctica común y no se detectan métodos de evaluación sistemáticos, ni mucho menos específicos en CTi para el sector agropecuario y agroindustrial. Uno de los pocos ejercicios recientes en el país se relaciona con la evaluación del Proyecto de Transición de la Agricultura (PTA) recomendada por el Banco Mundial. En resumen, son muy pocos los desarrollos al respecto, debido especialmente a la ausencia de información de calidad en las poblaciones objetivo o incluso al levantamiento apropiado de líneas de base necesarias para hacer evaluaciones objetivas. Para la identificación, preparación y evaluación de proyectos del sector de CTi y de otros que incluyan ACTI, se utiliza el *Sistema integrado de gestión de proyectos (SIGP)*, la generación de indicadores de gestión o desempeño y de producto, y más recientemente la Metodología General Ajustada (MGA) y el Sistema Unificado de Inversión y finanzas Públicas (SUIFP), propuestos por el DNP para proyectos financiados con recursos del SGR.

## 9 Limitantes y oportunidades

### 9.1 De la dinámica del desarrollo agropecuario

#### *Limitantes*

1. El aprovechamiento de la biodiversidad es bajo y existe material vegetal que no está aún adaptado a las condiciones agroclimatólogicas de diversas regiones pertenecientes al trópico alto, trópico bajo e intertrópico, lo que hace que el cambio climático ejerza una influencia significativa en la reducción de la producción agrícola.

2. Hay inadecuado manejo agronómico con uso indiscriminado de agroquímicos que aumenta los costos de producción con la respectiva afectación al medio ambiente y la salud humana. Sumado a esto, se presenta manejo inadecuado de suelos lo que se traduce en pérdida de fertilidad de los mismos.
3. Se presenta subutilización y sobreutilización de suelos aptos para la explotación agropecuaria y concentración y deficiente titulación de tierras que restringen la producción y la inversión, donde las Unidades Económicas de Producción Campesina son las más afectadas disminuyendo sus ingresos y productividad, además de una baja calidad de vida y escasez de alimentos, causando a su vez, disminución de la población rural y aumento de migraciones al sector urbano.
4. Se presenta falta de formación y capacitación y poca conciencia ambiental e incentivos para el manejo sostenible de los recursos ambientales en el sector agropecuario, aunado a que la investigación nacional en sostenibilidad ambiental y seguridad alimentaria es incipiente.
5. Los altos costos de producción en la mayoría de cultivos permanentes y transitorios, los bajos rendimientos, así como la estacionalidad de producción con la subsecuente sobreoferta o déficit de algunos productos, hacen que el precio de los alimentos en algunas ocasiones sea elevado.
6. Existe poco aprovechamiento de economías de escala en regiones donde predominan los pequeños productores, con baja cobertura de servicio de asistencia técnica de calidad, consecuencia directa de la ausencia de un financiamiento continuo y suficiente y una baja integración de los sistemas productivos y canales de comercialización lo que produce fallas limitantes como lo es el papel de los intermediarios.
7. La infraestructura deficiente para la comercialización y almacenamiento agropecuario dificulta la integración de los mercados nacionales y el acceso a los internacionales, donde se presentan restricciones fitosanitarias para la entrada de productos agrícolas nacionales, por ejemplo, a mercados de Estados Unidos y Europa en el marco de los TLC suscritos.

### *Oportunidades*

1. En el contexto agropecuario interno existen oportunidades referentes al tema ambiental con respecto al aprovechamiento de las condiciones climáticas favorables que permiten una producción agrícola diversificada y un mejor establecimiento de cultivos.
2. La oferta de biodiversidad provee un potencial de material genético con oferta de bancos de germoplasma, que unido a la amplia disponibilidad de recursos, constituye una ventaja importante respecto a la penetración en el mercado con productos verdes, exóticos y fitofarmacéuticos. Lo anterior contribuiría a la diversificación de exportaciones con productos de origen tropical poco competidos en el mercado internacional aprovechando el dinamismo comercial donde se pueden aprovechar cambios estructurales en la economía agrícola mundial y fortalecería el potencial exportador en regiones aptas para el desarrollo agrícola con el respectivo aumento del área sembrada y aumento de rendimientos en procesos de transformación productiva, generando productos de calidad con extensión al mercado internacional.
3. El país cuenta con una amplia disponibilidad de recursos hídricos, que explotados con tecnología de última generación potencializa sistemas productivos especializados.

4. Existe un potencial de expansión de tierra cultivable en la altillanura colombiana, convirtiéndose en una de las últimas fronteras agrícolas del país y futura despensa agrícola de alimento, que contribuiría al crecimiento del mercado interno y el aumento de cultivos permanentes en función de las políticas de seguridad alimentaria, donde también se fortalecería el mercado interno con énfasis en un consumo equilibrado.
5. Se dispone de alta variedad de alimentos importantes en la tabla nutricional que pueden ser productos sustitutos en la canasta familiar, en la cual el fortalecimiento de economías de escala en el contexto de la economía campesina ha sido importante para la producción en núcleos territoriales.

## 9.2 De la perspectiva tecnológica del sector agropecuario

### Limitantes

1. Bajo nivel de complejidad y sinergia entre factores claves como diversificación productiva, eficiencia, disminución de costos, portafolio de fuentes de inversión, creación de empresas derivadas (*spin-off*), establecimiento de parques tecnológicos y generación de valor agregado.
2. Las brechas frente a economías de la región como Brasil, Chile y México en generación de conocimiento de CTi es amplia en función de las publicaciones científicas. En Colombia solo el 10,84 % de publicaciones científicas se relacionan con el sector agropecuario.
3. Las áreas con menor cobertura de investigaciones son las más prioritarias en ALC: sostenibilidad ambiental, fortalecimiento sectorial y energías alternativas. La sostenibilidad ambiental ha direccionado investigación en campos como uso sostenible de los recursos genéticos de zonas estratégicas a nivel mundial, pero persisten problemas asociados a los monocultivos y la incidencia de la minería a cielo abierto.
4. Pese a ser una de las más claras ventajas de la región, la focalización de recursos y generación de resultados de CTi en biodiversidad para disminuir el impacto generado a nivel agrícola y pecuario por técnicas y procesos que repercuten en degradación del medio ambiente, contaminación de los suministros de agua, degradación de suelos, pérdida de biodiversidad y de hábitats de vida silvestre y el desplazamiento de la población rural, aún no tiene el alcance requerido.
5. Se han priorizado sectores estratégicos de la economía nacional, pero es necesaria su acotación a megatendencias de investigación.
6. A nivel local se han focalizado esfuerzos en biotecnología y biodiversidad, para el desarrollo de soluciones de CTi a los problemas locales. Sin embargo, hasta ahora son emergentes los esfuerzos en I+D+i en áreas como nanotecnología y TIC acotadas a los requerimientos del sector agropecuario.
7. Principales limitantes identificados por megatendencia de investigación (Cuadro 9.1):

**Cuadro 9.1 Principales limitantes identificados por megatendencia de investigación**

Megatendencia	Limitantes en CTi
Agroenergías	Se requieren programas de fomento a la producción orientada a agroenergías en pequeñas unidades (pequeños productores). Conflicto entre seguridad alimentaria y Biocombustibles

123

Megatendencia	Limitantes en CTi
Biotecnología y biodiversidad	Investigación enfocada a técnicas primarias de transformación
	Falta de cooperación internacional para la transferencia tecnológica
	Falta de coordinación entre lo técnico, lo científico, la valorización de los productos o de las tecnologías generadas y el mercado
	Desarrollo pobre y heterogéneo de la genómica en el sector agrícola colombiano y limitado a algunos cultivos de interés comercial y a relativamente pocos grupos de investigación
	Poco conocimiento sobre liberaciones de plantas transgénicas y su efecto sobre la biodiversidad debido a procesos de hibridación e introgresión que ocasionan contaminación y erosión genética
Seguridad alimentaria	Los volúmenes de cosecha y el manejo de las especies producto de la extracción de la biodiversidad se han basado en requerimientos del mercado más que siguiendo criterios ecológicos
	Estacionalidad de la producción, bajos volúmenes y poca regularidad de producción de frutas y hortalizas.
	Insuficiente disponibilidad de alimentos inocuos, variados y nutritivos
	Producción biocombustibles, cuya expansión puede implicar la afectación de la producción agrícola dedicada a seguridad alimentaria y desplazando a la pequeña producción de bienes de consumo básico
	Dificultad de pequeños productores para alcanzar los parámetros productivos mínimos como consecuencia de la baja escala de producción y deficiente capacidad de acceso al mercado que le impiden alcanzar adecuados márgenes de rentabilidad
Sostenibilidad ambiental, variabilidad y cambio climático	Baja tecnología en la producción de semillas en algunos cultivos
	No se ha incorporado el conocimiento y los saberes de las comunidades nativas y los agricultores sobre el manejo y aprovechamiento de especies potenciales y de uso de la biodiversidad local o regional
	No existe delimitación de las áreas que se encuentran contaminadas (suelos y aguas) tanto por metales pesados (cadmio, cromo, plomo, mercurio, entre otros) como por metaloides (arsénico), y enfocar áreas específicas de investigación para solucionar esos problemas de contaminación
	No se han validado de los límites máximos permisibles de contaminantes (metales pesados y metaloides), en suelos y aguas usados en la agricultura de Colombia.
	Baja generación conocimiento propio y metodologías acordes con la condición de clima, suelo y biodiversidad, que permitan superar las deficiencias y las consecuencias que se derivan del uso de tecnología proveniente de otras latitudes.
TIC	El 25 % de las demandas relacionadas con TIC apuntan a la necesidad de integrar sistemas de información, manejo de volúmenes de datos y computación en la nube al sector. Las principales áreas temáticas en el que tienen las TIC incidencia son en socioeconomía y desarrollo empresarial, sistemas de información, transferencia de tecnología, calidad e inocuidad de insumos y productos, material de siembra y mejoramiento genético
	Poco acceso y/o difusión de las TIC orientadas al mercadeo de productos, acceso a mercados, creación, transferencia y aplicación de conocimiento al alcance del productor, asistencia técnica moderna, etc.

Megatendencia	Limitantes en CTi
	Conectividad, terminales y puntos de acceso, como barrera central, grandes volúmenes de información heterogénea que debe ser sistematizada y dinamizadas, a través de todos los actores.
	Falta priorización de la oferta de tecnologías acorde con las necesidades sectoriales para generar impactos en el corto, mediano y largo plazo. (trazabilidad total, agricultura de precisión, gestión de aguas, robótica aplicada, <i>e-learning</i> , <i>e-commerce</i> , integración móvil, infraestructura, etc)
	Carencia de recursos financieros para asegurar el uso de TIC, altos niveles de analfabetismo e inclusión tecnológica en mujeres y niñas, normas que disuaden a las mujeres y las niñas el uso de la tecnología, la falta de control y la propiedad de la tecnología

### Oportunidades

1. Después de medicina, agricultura y ciencias biológicas, son las temáticas en las que más se genera conocimiento visible a nivel mundial en el país. La producción de artículos científicos desde 2000 hasta 2012 ha presentado una dinámica creciente. Las áreas temáticas muestran cómo se priorizan las necesidades de soluciones en CTi para el sector a nivel nacional, su pertinencia con el entorno global se mide con la acotación de demandas frente a las megatendencias mundiales en investigación, donde de las trece áreas temáticas, hay focalización en material de siembra y mejoramiento genético y manejo sanitario y fitosanitario.
2. La seguridad alimentaria ha alcanzado el status de prioridad en las agendas de política nacional en CyT, particularmente en el sector agropecuario, buscando generar estrategias ante factores como los niveles y volatilidad de los precios de los alimentos, crisis naturales, cambio climático y biocombustibles.
3. La institucionalidad y formalización de las ACTI a nivel de ALC, se enmarcan bajo la figura de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI). La consolidación de un SNI, permite generar las bases, focalizar las directrices y definir los lineamientos que integren, comprometan y responsabilicen a los diferentes actores del mismo.
4. Se cuenta con productos de investigación a nivel colaborativo con países como Estados Unidos, España, Reino Unido y Francia, así como en la región con Brasil y México, que se deben ampliar y fortalecer para el sector agropecuario.
5. La biotecnología ha presentado un desarrollo notorio desde el apalancamiento de la ingeniería genética, principalmente focalizada a incrementar la producción agrícola, cultivos e inventario pecuario más eficiente, menor necesidad en el uso de agroquímicos, así como la promoción al consumidor de alimentos modificados genéticamente.
6. A nivel global la focalización de las actividades de CTi, se ha acotado en megatendencias que abarcan problemas y requerimientos de diversos sectores productivos, en economías consolidadas, emergentes y en crecimiento. Biotecnología, nanotecnología y TIC son a nivel mundial las áreas con un mayor desarrollo y profundidad en términos de actividad y generación de conocimiento científico-tecnológico, lo cual presupone una oferta tecnológica sujeta de ser transferida al contexto nacional.
7. Principales oportunidades identificadas por megatendencia de investigación (Cuadro 9.2):

**Cuadro 9.1 Principales oportunidades identificadas por megatendencia de investigación**

Megatendencia	Oportunidades en CTi
Agroenergías	<p>Estudios que demuestran las bajas emisiones de efecto invernadero de los biocombustibles</p> <p>Oferta de tecnologías para el desarrollo de agroenergías (Ej. Tecnologías para producción de biogás), generación de energía para zonas no interconectadas y alianzas con grupos de investigación internacionales y sector privado.</p> <p>Replica de experiencias exitosas en otros países y avances tecnológicos importantes a nivel internacional</p>
Biotecnología y Biodiversidad	<p>El conocimiento tradicional asociado a la agrobiodiversidad ha permitido el desarrollo de abundantes cultivares que han aumentado la agrobiodiversidad nativa</p> <p>Centros de investigación y universidades públicas y privadas con dotación y capacidades para adelantar investigaciones en tecnologías de punta, lo que permite establecer un programa nacional de capacitación</p> <p>Aprovechamiento de variabilidad genética y servicios ecosistémicos con criterio de sostenibilidad</p> <p>Potencial representado en los bancos de germoplasma animal, vegetal y de microorganismos para el desarrollo de bioproductos para el beneficio del sector agropecuario</p> <p>Protección mediante derechos de propiedad intelectual los componentes caracterizados, los productos obtenidos y los nuevos desarrollos derivados del recurso biológico-genético objeto de estudio</p> <p>Existen iniciativas interesantes para agilizar los procesos de transferencia tecnológica de conocimiento y productos de biotecnología como son la aparición de interfaces tecnológicos y alianzas y la de organismos de apoyo y formación de emprendedores</p>
Seguridad Alimentaria	<p>La posición geográfica y las condiciones tropicales que se ofrecen a la agricultura colombiana constituyen un potencial natural que se expresa en un régimen climático favorable que benefician el desarrollo de más cosechas, el mejor establecimiento de cultivos permanentes y una mayor diversificación de la producción</p> <p>Colombia cuenta con condiciones edafoclimáticas excelentes para el cultivo de frutas y hortalizas, con gran potencial de autosuficiencia en producción</p> <p>Mercado abierto en el área de producción limpia y procesos de certificación en BPA, que se puede aprovechar con la oferta de productos biológicos y material vegetal certificado</p> <p>Oferta excepcional de biodiversidad y recursos genéticos, abundantes fuentes de agua y una generosa dotación de suelos productivos, lo que favorece el desarrollo de sistemas de producción más continuos con una mayor y más rápida producción de biomasa, en comparación con los agro-ecosistemas templados de otras latitudes</p>
Sostenibilidad ambiental, variabilidad y cambio climático	<p>Procesos de zonificación del país, acorde con la función ecológica del territorio, a partir del uso de información para el trabajo interinstitucional</p> <p>Establecer las demandas agroecológicas y el comportamiento eco fisiológico de las especies potenciales, identificadas en función de la biodiversidad</p> <p>Fundamentar la gestión ambiental territorial y construir la corresponsabilidad en el uso, manejo y conservación de la base de recursos naturales</p>
TIC	Fuerte marco normativo con carácter transversal que se convierte en referente para el uso de TIC en el sector agropecuario

Megatendencia	Oportunidades en CTi
	<p>Promoción de formación de talento en electrónica comunicaciones e informática desde el programa nacional de CTi, con un 5,5 % (167) del total de becas asignadas entre 2010 y 2013. Se han financiado 133 proyectos equivalentes a \$127.111 millones que representan el 5,3 % de la inversión total del país en proyectos de CTi</p> <p>Tendencia mundial de e-agricultura, para la integración de TIC en la promoción de la producción agrícola, intercambio de conocimiento, difusión de servicios gubernamentales y asistencia técnica, en un marco de accesibilidad y asequibilidad.</p> <p>Marco referencial de la articulación TIC hacia actores “Arcoiris integral” contemplando, infraestructura (tecnología, estructura y servicios), accesorios y servicios-contenidos.</p> <p>Énfasis en el desarrollo de tecnologías específicas para el sector agro en el marco de las TIC y las TI en: sensores inalámbricos y aplicaciones de redes de recolección y envío de datos en agricultura; mapeo espacial de cultivos; medición de variables en campo; detección foliar de enfermedades, tecnologías RDIF en cadenas de abastecimientos, tecnologías para fortalecer la extensión y asistencia técnica agropecuaria.</p>

### 9.3 De la institucionalidad del SNCTA

#### *Limitantes*

1. Baja articulación para el fortalecimiento de los sistemas de innovación a nivel de cobertura.
2. Se han manejado enfoques de visión a corto plazo, siendo la estrategia idónea complementar con un pensamiento a mediano y largo plazo.
3. Existe un nivel de complejidad en la caracterización de los SIN que ha repercutido en esquemas con diferentes instancias de toma de decisión.
4. A nivel nacional, la institucionalidad del órgano rector de la CTi, alcanza el nivel de departamento administrativo a diferencia de países como Brasil, Argentina, Chile y Costa Rica donde se cuenta con una instancia de nivel ministerial. A nivel regional, es común que el diseño de políticas sea coordinado por un ministerio o secretaria de estado que en algunos casos carecen de una estructura política sólida.
5. Los mecanismos de formación y desarrollo de recursos humanos en CTi no son homogéneos frente a entornos como Brasil, Chile y México.
6. Baja articulación con el sector privado y bajo nivel de fortalecimiento frente a las universidades públicas como actores de ejecución de CTi.
7. No se ha desarrollado una clara definición del SNIA que responda a un esquema articulado.
8. Los INIA han sido poco influyentes en el marco de políticas necesarias para la innovación en la agricultura, tanto para apoyar la investigación, como para fomentar el desarrollo de los sistemas de innovación y se presentan dificultades en el rol de los INIA frente al SNCTA.
9. Pese a contar con un mandato de un SNCTA, en Colombia no se han delimitado sus instancias de acción, evaluación y retroalimentación. Se presenta una dinámica de fortalecimiento del SNCTA similar a Brasil, pero con niveles de respuesta menores.
10. Debilidad institucional en la identificación, formulación, priorización e implementación de las soluciones tecnológicas y no tecnológicas, para las demandas del sector, las cuales tienen connotaciones por cadenas productivas, temáticas propias del sistema, megatendencias, a

través de proyectos de cobertura nacional, que en ocasiones no conversan de manera sinérgica ocasionando duplicidad de esfuerzos.

11. Baja coordinación del accionar de los actores y, especialmente de la gestión de conocimiento en redes (poca coordinación entre la investigación y el desarrollo tecnológico con la extensión y la asistencia técnica).

### *Oportunidades*

1. El marco institucional y normativo de la CTi en ALC ha convergido en la conformación de un fuerte Sistema de CTi, concebido bajo un marco legal que le da un mandato y un accionar estratégico.
2. Se ha logrado concebir el SNI/SNCCTI, bajo los modelos y preceptos de la OCDE, acotados a las especificidades y particularidades de la región.
3. Se cuenta con un marco estructural de base de los SNI para su conformación bajo subsistemas de ejecución, regulación, financiamiento y beneficiarios.
4. La constitución del marco actual de los SNI en los países de la región, facilita el análisis de los mismos, así como la identificación de estructuras particulares para el sector agroindustrial.
5. Los procedimientos, metodologías y criterios en la asignación de recursos económicos, financieros, físicos y humanos y el establecimiento de prioridades y metas suelen estar íntimamente ligados a cada estructura organizacional, siendo cada una de estas un instrumento en sí.
6. En el contexto de ALC, se considera como instrumento estratégico para el desarrollo y competitividad de la región los planes de CTi, así como la constitución de un organismo rector del mismo.
7. Se cuenta con un estamento tripartita en los entornos referentes como lo son un ministerio, un consejo nacional y un estamento de promoción.
8. Se constituye en toda la región la figura estratégica de los institutos nacionales de investigación agrícola/agropecuaria/agroindustrial (INIA).
9. Se busca la integración desde los SNI, de diferentes sectores e instancias tanto específicas como transversales.
10. Se prioriza la ejecución de las actividades de I+D+i en las entidades gubernamentales, así como en las entidades de educación superior públicas.
11. Se cuenta con instrumentos de política para la generación de nuevo conocimiento científico y aplicado.
12. Se cuenta con instrumentos de política para la generación de nuevos productos y servicios de alto valor agregado.
13. Se establecen lineamientos estratégicos en referentes en ALC no solo para sectores sino para megatendencias.
14. Países como Chile, Argentina y Brasil cuentan con redes de articulación interinstitucionales a nivel interno y externo.
15. Brasil y Colombia delimitan un SNIA como parte del SNI.
16. Se cuenta con una trascendencia histórica en los modelos de estructuración de organismos de CTi para el sector agrícola.

17. Corpoica se constituye como un INIA de tercera generación gracias a su rol de motor, actor y soporte (MAS) del SNCTA.
18. Se cuenta con entornos de referencia en los factores de análisis de los SNI, SNIA e INIA, para poder establecer el grado actual de desarrollo del país.
19. Colombia se encuentra en un punto medio lo que permite poder adaptar mejores prácticas al contexto propio y alcanzar niveles equiparables a Chile y Argentina. Junto con Brasil cuentan con un SNIA delimitado por el marco legal.
20. Se cuenta con una política en materia de CTi y una institucionalidad que la representa, así como amplio número de actores que participan en la generación, acumulación y socialización del conocimiento para el cambio técnico en la agricultura colombiana y su financiación, regulación y formulación de políticas públicas relacionadas.

## 9.4 De la inversión en ACTI para el sector

### *Limitantes*

1. Colombia es un país que presenta una inversión en ACTI relativamente baja en comparación con los estándares internacionales y otros países de la región, representando un reto permanente para su desarrollo competitivo, situación que se refleja igualmente en términos de la inversión pública sectorial. La inversión en CTi sectorial, para el período 2000-2013, ha representado en promedio el 0,05 % del PIB total y el 0,71 % del PIB agropecuario, cifras aún bajas respecto a los estándares internacionales y al promedio de otras economías de ALC, y más distantes aún con respecto a otras economías desarrolladas. Aspecto que, además, carece de una metodología adecuada, que siga las recomendaciones de la UNESCO y la OCDE, para el monitoreo, la medición y la evaluación de este tipo de gasto.
2. El sistema no dispone de información completa y organizada, por el contrario, las fuentes que proveen información de inversión en CTi sectorial la presentan de manera dispersa, incompleta y no sectorizada, lo que dificulta la recolección de datos para la construcción de estadísticas e indicadores oportunos, que apoyen las decisiones de inversión a través de procesos de seguimiento y evaluación. Debido a la poca disponibilidad de información específica, hay un desconocimiento generalizado del estado actual de la inversión pública regional, así como de las líneas base, contexto, costos, beneficios, resultados e impactos de la investigación. Por lo general no se definen indicadores de entrada y salida, dificultando la aplicación de técnicas de monitoreo y evaluación, alimentando el desconocimiento del estado de la inversión y resultados de la CTi sectorial.
3. Se evidencian debilidades institucionales y de gobernanza sobre el SNIA, a través de la dispersión de las fuentes de financiación y la toma de decisiones aisladas, no concertadas ni con un objetivo estratégico claro, lo que las vuelve poco objetivas y eficaces y demuestra la necesidad de un mecanismo común coordinador de los procesos de financiación, alrededor del cual graviten todas las decisiones en la materia.
4. Existe una alta concentración de la financiación de la CTi agropecuaria en el sector público, contrario a las economías desarrolladas donde el sector privado es el que más contribuye al progreso de este rubro.

5. Los proyectos del sector aprobados con recursos del Fondo de CTi del SGR son proyectos heterogéneos y en algunos casos complejos de entender por su estructura, alcance, tiempo de ejecución, actividades, participantes y valores, que requieren un mayor detalle teniendo en cuenta el alcance propuesto y los montos asignados. Se requiere que las entidades territoriales que presentan los proyectos cuenten con una agenda que priorice estratégicamente las inversiones con visión de mediano y largo plazo.
6. Hay una percepción sobre la ausencia de independencia en el manejo de recursos. Según varios analistas del sector, por un lado, las decisiones de inversión de los fondos parafiscales presentan un alto grado de concentración, y por el otro, el presupuesto de Colciencias es dependiente de las transferencias de otras entidades y no presenta crecimiento continuo<sup>89</sup>, dificultando la asignación eficiente y priorizada de los recursos.

### **Oportunidades**

1. Los problemas de información que presenta el proceso de financiación son posibles de resolver a través de la plataforma Siembra, como herramienta de gestión del conocimiento de CTi sectorial para la orientación de las decisiones de inversión y que se encuentra en pleno desarrollo. Esta se contemplaría como un elemento clave para disponer, centralizar y manejar la información que se requiere para apoyar la toma de decisiones de inversión.
2. A través de información oportuna y la generación de indicadores es posible apoyar la focalización y reasignación de recursos provenientes de los Fondos Parafiscales y del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías, que podría convertirse en una fuente permanente de recursos en CTi, que el sector agropecuario debe aprovechar eficientemente.
3. Las debilidades institucionales y de gobernanza se pueden atender mediante un fortalecimiento institucional y la generación de instrumentos de coordinación, tanto a nivel nacional como regional, con el fin de mejorar la gestión de la inversión pública en CTi sectorial, en articulación con la política agropecuaria y el SNCTA, optimizando la planeación de la inversión en CTi.
4. Con el propósito de incrementar el monto de inversión en CTi sectorial es necesario contar con nuevas y diversas fuentes de recursos, a través de nuevas formas de apalancamiento y una mayor coordinación entre entes públicos y privados. Se destaca que entre 2002 y 2013 la financiación sectorial ha presentado una tendencia creciente, destacándose los ingresos provenientes del SGR durante los dos últimos años, los cuales incrementaron de manera significativa los indicadores de inversión.
5. El Fondo de CTi del SGR se consolida como la fuente de recursos más significativa para el fortalecimiento de las actividades de I+D+i sectorial, por recursos y periodo de ejecución que puede ser de hasta 8 años (4 bienios).
6. Los avances de la Agenda Nacional de I+D+i del sector permiten conocer y evaluar las necesidades de las cadenas productivas para reorientar las decisiones de política e inversión en CTi sectorial haciendo la gestión del SNCTA más eficiente.

<sup>89</sup> De acuerdo con un estudio realizado por el DNP, "El financiamiento de la ciencia y la tecnología ofrecida por el Estado se ha basado principalmente en los recursos de crédito externo y en las respectivas partidas del presupuesto nacional, razón por la cual Colciencias se ha visto afectada de manera especial, pues los recursos públicos, originados en apropiaciones del presupuesto nacional, han sido altamente vulnerables al ciclo fiscal".

7. Un mayor diálogo con el sector productivo y un conocimiento más profundo de sus prioridades, pueden mejorar la asignación de recursos disponibles en diversas fuentes como los fondos parafiscales y el sector privado.

## 9.5 Del papel de la gestión del conocimiento

### *Limitantes*

1. No existen incentivos claros por parte del Estado para que las organizaciones del sector implementen procesos de GC al interior de las mismas.
2. No existen suficientes evidencias tanto cualitativas como cuantitativas que permitan identificar los grados de avance con respecto al desarrollo de los procesos de GC en el sector.
3. De igual forma, no son claras ni las interfaces ni los mecanismos de articulación entre las universidades, centros de investigación y sector productivo y demás actores del sistema con el fin de diseñar, implementar y consolidar dinámicas de GC para el sector agropecuario.
4. Son pocas las instituciones de CyT en el sector agropecuario que hacen explícitos los modelos de GC al interior de las organizaciones y las relaciones entre estos modelos y sus entornos de ejecución.
5. Bajo desarrollo de la gestión de conocimiento en redes, en especial entre los actores encargados de la investigación y el desarrollo tecnológico con la extensión y la asistencia técnica y el sector productivo.
6. Los esfuerzos por generar redes de GC al interior del sector agropecuario, no se han consolidado teniendo en cuenta la existencia de una cultura donde prima lo individual sobre lo cooperativo.
7. Los procesos de GC requieren adecuados marcos legales frente a la propiedad intelectual. En Colombia estos marcos son débiles. Falta conocimiento y aplicación de la legislación de propiedad intelectual.
8. Los procesos de aprendizaje organizacional que quieran desarrollar modelos de GC suelen ser costosos en la medida que es escasa la literatura con respecto a estudios colombianos.
9. No existe un modelo de cultura del aprendizaje, con herramientas definidas y gestión sistemática, como por ejemplo la sistematización de las lecciones aprendidas o espacios de aprendizaje definidos.
10. En las organizaciones de investigación se registra un manejo restrictivo de la información, según los niveles jerárquicos.
11. La construcción e implementación de indicadores y los sistemas de monitoreo y evaluación referido a la GC es débil y no se aplica de manera homogénea para todos actores del sistema.
12. Aún no se ha apropiado en las organizaciones el enfoque estructural de la GC, que permita a las entidades considerar el conocimiento como un factor de creación de valor para la competitividad y cuantificar los recursos intangibles que genera el conocimiento para manejarlos como inventario de recursos y capacidades.
13. En términos sectoriales, no se han consolidado las relaciones entre tipos de conocimiento, estrategias intersectoriales y propuestas de diseño organizacional que estructuren y pongan en funcionamiento redes para la GC.

14. El sector agropecuario colombiano, no ha desarrollado suficientemente plataformas tecnológicas con capacidad de promover esquemas de GC, sobre todo en las regiones más apartadas y débiles del país.

### *Oportunidades*

1. Se cuenta con capacidades y habilidades en los actores, que deben fortalecerse mediante la formación de capital humano altamente calificado, para que contribuyan al crecimiento económico, político y social del país que posibiliten la construcción y generación de conocimiento acorde con las necesidades del país para generar ventajas competitivas.
2. Existe un SNCCTI en proceso de consolidación, con base en el SNCI y el SNCTI, además del SNCTA y sus subsistemas, entre estos, el subsistema de extensión y asesoramiento técnico agropecuario y plataformas, como herramientas para la gestión y difusión del conocimiento y la articulación entre los actores.
3. Existe una concepción sistémica del sector agropecuario y relaciones con los demás sectores socioprodutivos del país.
4. No obstante, las dificultades en su articulación, se cuenta con institucionalidad sectorial para la CTi y sus instancias de coordinación en lo nacional y regional, así como un marco legal: la ley de CTi 1286/2009, Ley 607/2000 (SNCTA) y la nueva propuesta de rediseño del modelo y marco regulatorio de la ATA integral y consolidación del SNCTA, Ley 1752/2015 (SNCCTI), Constitución Política del 91, entre otras.
5. Amplio número de actores que participan en la generación, acumulación y socialización del conocimiento para el cambio técnico en la agricultura colombiana y su financiación, regulación y formulación de políticas públicas.
6. Se ha avanzado en la consolidación de instrumentos y sistemas de información agropecuaria en materia de ciencia y tecnología y su correspondiente divulgación que posibilitan avanzar en la articulación de actores y construcción del conocimiento.
7. Las organizaciones cuentan con plataformas informáticas, con las herramientas básicas para la identificación y gestión de la información, con cierto grado de avance en el desarrollo de bases de datos y repositorios, así como con proyectos estratégicos para manejo de sistemas de que deben continuar consolidándose.
8. Se estableció como área de estudio en los programas de CTi de Colciencias, la gestión del conocimiento y como componente estratégico de la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2016-2015.
9. Colombia es líder en América Latina en gobierno electrónico y el sexto país en el mundo en participación electrónica. Se cuenta con alianzas a nivel nacional entre MinTIC con gobernaciones y alcaldías.
10. En las organizaciones del sistema existen grupos de trabajo y grupos de investigación que conciben importante la GC.
11. La GC en el Plan Nacional de Desarrollo (2010-2014) se introdujo como meta transversal para fortalecer el capital social y participación ciudadana, haciéndose énfasis en: “la consolidación de un Sistema de Información y Gestión del Conocimiento para la participación ciudadana, el desarrollo del capital social y la cultura ciudadana. Igualmente, el Plan Nacional de Desarrollo (2014-2018) destaca el impulso al desarrollo de la capacidad científica y tecnológica a través de la articulación de los actores y sectores para la GC y la

innovación, así como el fortalecimiento institucional y generación de capacidades que potencien la acción estatal para responder de manera acertada a las necesidades del sector productivo y la población.

12. Las ciencias agrícolas son una de las áreas de mayor producción académica en Colombia, ocupa el segundo lugar (Scopus, 2012) y se reconoce la existencia de nuevas áreas del conocimiento relacionadas con la agricultura.
13. Existencia de directrices para el uso de TIC del gobierno y de redes internacionales relacionadas con el sector agropecuario y experiencias en la implementación de política y procesos para la GC, que apoyan estos procesos.

## 9.6 De la capacidad científica y tecnológica del SNCTA

### *Limitantes*

1. No existe una política unificada para el sector, donde se alineen las acciones de las diferentes instituciones que tienen participación.
2. Inexistencia de una ley única para el sistema de Educación Nacional.
3. La desarticulación entre algunos organismos en temas educativos ha conducido a desarrollar sus acciones muchas veces de manera independiente sin considerar las acciones llevadas a cabo por otras instituciones.
4. Baja cobertura de la educación básica, media y superior en las zonas rurales.
5. Altas tasas de deserción en las zonas rurales.
6. Infraestructura deficiente en las instituciones de educación de las zonas rurales.
7. Baja calidad docente de los colegios de las zonas rurales.
8. Existe una marcada concentración de las instituciones de CTi del SNCTA en las principales ciudades del país, y a nivel regional varias de estas organizaciones requieren fortalecerse.
9. El 6 % de los grupos de investigación registrados por Colciencias están en el programa de ciencias agropecuarias, concentrados en un número reducido de organizaciones y con el mismo nivel de concentración regional.
10. La reducción de más del 40 % de grupos de investigación reconocidos por Colciencias en el programa agropecuarias desde 2011.
11. Se tiene bajo acceso a los incentivos por parte de los profesionales del sector (programa de jóvenes investigadores, los incentivos en formación de magísteres y doctorados).
12. Baja proporción de graduados en los programas afines al sector en comparación con el total.
13. Los programas de doctorado y maestría registran una baja participación respecto al total de graduados en el país afines al sector, lo que evidencia un reto para el país de aumentar la cantidad de graduados en estos niveles, para mejorar sus capacidades en actividades de CTi.
14. La mayor concentración de graduados afines al sector se encuentra en la región Andina.
15. El país cuenta con 973 programas activos de formación en el sector agropecuario, lo que representa el 9 % del total nacional, siendo los programas de formación de doctorados los de menor participación con el 3 % únicamente.
16. En los programas de formación afines al sector, solo el 9 % tienen reconocimiento de alta calidad otorgado por el MEN, en donde los programas de doctorado no poseen ningún

programa con este registro y en maestría solo uno, lo cual evidencia un reto en términos de calidad a los programas del sector.

17. Existe una baja vinculación y un salario promedio bajo de los recién graduados del sector.
18. Una de las principales barreras de acceso a los incentivos de becas es el manejo de la segunda lengua.
19. El ingreso promedio de los egresados afines al sector es 22,4 % inferior al promedio nacional, siendo un factor a considerar en la vinculación de profesionales en las actividades del sector.
20. Los egresados de los niveles técnicos, tecnólogos y magister de los NBC más representativos del sector poseen una brecha en sus ingresos superior al 20 % respecto al promedio nacional lo que puede influir en desestimular a los futuros egresados.
21. Colombia posee una proporción baja de recurso humano altamente calificado para las actividades de I+D+i en los INIA comparado con referentes como Brasil, Argentina y México.
22. Los niveles promedio de ingreso son bajos para una institución de investigación, en comparación con otras entidades con responsabilidades similares. Este es un factor que limita la atracción de profesionales más calificados a los INIA

### *Oportunidades*

1. El país cuenta con instrumentos de política para fomento a la educación rural, instrumentos de apoyo para el fortalecimiento de la capacidad de CTi del país, los cuales pueden orientarse igualmente a fortalecer las capacidades en áreas específicas de conocimiento de acuerdo con las problemáticas a resolver en el sector agropecuario.
2. El SNCTA cuenta un número importante de organizaciones de CTi para atender las necesidades del sector.
3. Dada las múltiples disciplinas que pueden atender las necesidades del sector, existe una buena oferta para el sector de grupos de investigación de otros programas diferentes al de Ciencias Agropecuarias.
4. Los programas afines al sector muestran un crecimiento importante en estudiantes matriculados en los niveles de maestría y doctorado.
5. El sector cuenta con incentivos para la formación de recurso humano.
6. Existen apoyos para el fortalecimiento de centros.
7. Existe un número considerable de laboratorios registrados disponibles para el sector
8. Existe un portafolio de modelos educativos flexibles para el sector rural, el cual tiene metodologías como la Escuela Nueva la cual ha sido reconocida internacionalmente como un caso de éxito.

## **9.7 Del acceso a los recursos genéticos y la propiedad intelectual agrícola**

### *En busca de la protección*

1. **Pocas entidades colombianas buscan** protección de la propiedad intelectual para productos agrícolas o metodologías relacionadas. Sin embargo, esto no se limita sólo al sector. En todos los ámbitos, los solicitantes internacionales dominan aquellos que

buscan protección de la propiedad intelectual en Colombia quienes suelen hacerlo para toda una familia de productos. Colombia no tiene una cultura concreta o cohesiva en el sector para buscar protección de propiedad intelectual o usar la propiedad intelectual como palanca para generar ingresos,

2. La mayoría de investigadores son **alentados a publicar**, en lugar de perseguir la protección de propiedad intelectual, tienen la percepción de que los trámites son complejos, prolongados y costosos y no cuentan con estímulos suficientes para buscar nuevas formas de protección del conocimiento y las tecnologías desarrolladas.
3. De acuerdo con la EDIT VII, 40 % de las empresas innovadoras y potencialmente innovadoras perciben al sistema de propiedad intelectual como un obstáculo para la innovación. Esta percepción se refleja en el coeficiente de invención (No. de patentes/100.000 habitantes) que para 2013 fue de **0,53**, dato menor comparado con **Chile (1,91), México (1,02) y Brasil (3,96)**.
4. Los **pagos** por utilización de propiedad intelectual en Colombia (variable utilizada para medir absorción de conocimiento), aumentaron al pasar de **0,08 % del PIB en 2005 a 0,13 % en 2014**. Sin embargo, de nuevo, el nivel de Colombia en 2014 es bajo en relación con **Chile (0,60 %), Brasil (0,25 %), México (0,15 %), Corea (0,74 %), y el conjunto de países OCDE (0,45 %)**.

#### *Conocimiento y experiencia*

5. El **nivel abundante de investigación** agrícola que se realiza en Colombia que tendría un impacto económico en los mercados mundiales es evidente y claro. Existen aprendizajes que requieren ser compartidos.
6. El gobierno colombiano ha realizado **importantes esfuerzos** por mejorar y dar a conocer el marco normativo y los procesos para la suscripción de contratos de acceso a los recursos genéticos, así como para la protección de propiedad intelectual. Sin embargo, existe la **percepción** de que los procesos para la suscripción de contratos son **confusos, prolongados y costosos**.
7. Falta de experiencia en la **identificación de la investigación que pueda tener valor** económico potencial, dentro y fuera de Colombia, así como **métodos** para evaluar el valor de dicha investigación; también en la identificación de oportunidades de **concesión de licencias** y para negociar acuerdos.
8. La mayoría de investigadores y entidades **son conscientes de las formas** básicas de protección, pero **falta conocimiento** concreto sobre los **derechos transmitidos** por estas formas de protección y sus **procedimientos**, así como de las **restricciones** de propiedad intelectual en acuerdos de financiación. Existe **falta de experiencia y aplicación** práctica.

### *Institucionalidad*

9. Los productores **desconfían del sistema protección** como las patentes o los derechos de obtentor de variedades, bajo la creencia de que provocará un aumento en el costo de los cultivos, lo que no será tolerado en el mercado colombiano. Como tal, los agricultores no ven nada de malo al **importar ilegalmente semillas** de otros países y mezclar varios tipos de semillas para **reducir costos**, razón por la cual, es importante dar a conocer entre los productores las bondades de usar semilla certificada o de buena calidad y como promover el desarrollo y uso de nuevos materiales genéticos y de insumos novedosos para lo cual se debe aprovechar y fortalecer la capacidad institucional existente (ICA, SIC, Secopi-Agro, MADS, MADR, Colciencias, Corpoica, IAvH, entre otros).
10. El país ha avanzado en forma importante llenando los vacíos normativos. Cuenta con una **institucionalidad** que viene trabajando para desarrollar procesos cada vez más ágiles y permitir el aprovechamiento de los recursos genéticos y los productos derivados, así como de los mecanismos de protección de la propiedad intelectual. En los últimos 5 años en particular, las autoridades competentes han creado de **medidas políticas, legislativas y administrativas**, con logros significativos.
11. No obstante lo anterior, persiste la idea entre investigadores y productores de que tanto el acceso a los recursos genéticos y los productos derivados como la protección de la propiedad intelectual, además de costosos, son lentos y confusos y no siempre generan la mejor relación beneficio/costo para los creadores o para los usuarios de las tecnologías. Sigue siendo necesario fortalecer los **mecanismos de coordinación y comunicación** entre las entidades y también con los usuarios a través de un mayor relacionamiento del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Agroindustrial (SNCTA) con el Sistema Nacional Ambiental (SINA), el Sistema Administrativo Nacional de Propiedad Intelectual (SPI) y otros existentes que pudiesen tener relación con el uso y aprovechamiento agroindustrial de la biodiversidad, con el fin de coordinar las actividades estatales y de los particulares para lograr un nivel adecuado de acceso a los recursos genéticos, protección, uso y promoción de los derechos de PI.

### *Cooperación y estímulos*

12. Los **recursos para la inversión** en innovación y desarrollo tecnológico son limitados, lo que contribuye negativamente a un desarrollo tecnológico deficiente con bajo nivel de competitividad, adopción y generación de tecnologías basadas en la innovación, repercutiendo en bajos niveles de productividad. Sin embargo, por los antecedentes de experiencias exitosas, hay un interés creciente por **proteger el conocimiento y la innovación** generado en universidades y centros de investigación donde ha sido importante el **apoyo** entre sí y con el **sector productivo**.
13. Las alianzas público-privadas propician **la investigación aplicada** a los problemas del sector empresarial, la transferencia tecnológica y la innovación buscando ofrecer soluciones. Así mismo, ofrecen ventajas en lo relacionado con la **adquisición de**

**competencias, capacidades y recursos** complementarios (transferencia del *know-how*); los **riesgos compartidos** y costos asociados a las investigaciones; y la calidad e importancia de los objetivos esperados con las investigaciones por cada una de las partes.

14. Muchas de estas alianzas podrían proveer sustento a los procesos de desarrollo en **poblaciones vulnerables** y sin facilidad de acceso a los recursos, abriéndole paso a los pequeños agricultores para que accedan a los conocimientos y las tecnologías, entre otras ventajas comparativas de dichas APP en el sector agropecuario y agroindustrial.
15. Respecto de la **financiación**, es necesario generar **instrumentos y fondos de capital de riesgo** con participación estable y consistente del sector público y privado a largo plazo, con el acompañamiento de la creación de fondos de inversión en investigación e innovación mediante esquemas de **coinversión pública y privada**.

## 9.8 Del seguimiento y evaluación del SNCTA

### *Limitantes*

1. Falta de rigurosidad en la recolección y sistematización de la información y la existencia de un sistema de monitoreo, evaluación y producción de indicadores de CTi atomizado, poco estructurado y en fase de desarrollo.
2. Baja capacidad del país para identificar, producir, difundir, usar e integrar conocimiento, entre otras cosas, por la débil institucionalidad, bajo flujo de información, baja articulación y seguimiento, ausencia de focalización y carencia de un sistema de evaluación.
3. La información que se produce en el país en materia de CTi se genera de manera transversal hacia todos los campos, lo cual imposibilita identificar las inversiones y beneficios hacia el sector agropecuario.
4. El país no cuenta con cifras ni estadísticas agropecuarias unificadas, ha desarrollado pocas metodologías, no acostumbra elaborar estudios de evaluación, especialmente de impacto.
5. Los instrumentos de planificación de actividades de CTi en el país, no se comunican entre sí, no han sido desarrollados completamente a lo largo de la cadena de valor, ni han sido del todo aprovechados por los usuarios; evitando la generación de información coherente, confiable y de fácil acceso, para la toma de decisiones.
6. Los instrumentos para la formulación y presentación de programas y proyectos de CTi para el sector no admiten en su mayoría, la exportación hacia otros programas o herramientas, de información importantes como indicadores, líneas base, metas, entre otros, que permita llevar a cabo un proceso de evaluación de productos, resultados e impactos de manera sistémica.
7. La formulación de los programas y proyectos que se financian, es débil en aspectos claves como la definición de líneas de base, objetivos, metas, resultados e indicadores, poniendo en duda la eficacia de las inversiones y generando dificultad en la sustracción y análisis de información.
8. Se ha focalizado la formulación de directrices en horizontes de tiempo cortoplacistas, donde el direccionamiento estratégico en ciencia y tecnología e innovación, tiene en la

agroindustria un sector complejo y multidimensional que no puede ser previsto sin una visión sistémica.

9. Si bien se cuenta con una Agenda de I+D+i del sector, hay un amplio panorama de necesidades a contemplar, por lo que se hace necesario mejorar los procesos de priorización y focalización de la inversión.

### *Oportunidades*

1. El país cuenta con documentos de política de CTi para el sector agropecuario como los Conpes y las Agendas Prospectivas de CTi sectorial, que han identificado limitantes de tipo tecnológico y no tecnológico para el desarrollo del sector, que requieren ser resueltos con el trabajo mancomunado de los actores del sistema, haciendo inversiones de manera coherente y responsable.
2. Diferentes entidades han realizado esfuerzos por desarrollar herramientas y sistemas de información para el seguimiento y evaluación de políticas, programas y proyectos que podrían capitalizarse para trabajar en red a través de una sola plataforma en la que se suministre información en forma rigurosa y se haga monitoreo permanente de indicadores a nivel de procesos, productos, resultados e impactos de la CTi sectorial.
3. Teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos de inversión a nivel regional, se hace necesario fortalecer las capacidades para la formulación de proyectos, el diligenciamiento y mejora de los formularios existentes, de modo que sea posible obtener información de calidad de manera oportuna para evaluar productos, resultados e impactos de los recursos públicos.
4. El incipiente desarrollo de Colombia y otros países de ALC en materia seguimiento, monitoreo y evaluación a las actividades de CTi, se convierte en una oportunidad para liderar un trabajo regional, unificado y homogéneo que permita la generación de indicadores comparables, incluyendo los específicos para el sector agropecuario y agroindustrial.
5. El país cuenta con herramientas estratégicas para la gestión y el monitoreo, como el Sistema Nacional de Evaluación de Gestión y Resultados – SINERGIA, el SME del SGR, el Observatorio de CTi del sector y la Plataforma Siembra, que deben robustecerse en la definición de un sistema de indicadores sectoriales.

## 10 Conclusiones

- A. De la evolución de los sistemas de investigación agropecuaria y extensión rural en el país quedan algunos logros que se deben destacar<sup>90</sup> y que dan pie a las propuestas para poner en marcha una Estrategia de Fortalecimiento del Sistema:
1. La concepción de que el sistema debe construirse desde lo local, acercándolo a los productores y buscando su participación en las labores de investigación y en las de control social.
  2. La necesidad de organizar un sistema de apoyo a las entidades y procesos locales en diversos ámbitos.
  3. La importancia de focalizar los recursos públicos en la investigación en “bienes públicos” (estratégica, en sostenibilidad y para los pequeños productores) y en la prestación de un servicio gratuito de acompañamiento para los pequeños productores.
  4. El creciente consenso de que los pequeños productores necesitan asistencia – o acompañamiento - en diversas dimensiones socio-técnicas.
  5. La diversidad de experiencias y de herramientas metodológicas que debería ser sistematizadas y evaluadas con el fin de documentar sus logros de cara a posibles replicas o escalamientos.
  6. La necesidad de superar la atención individualizada reconociendo el valor de los procesos de aprendizaje en redes.
  7. La inconveniencia de compartimentar los procesos de innovación tecnológica y, por lo tanto, la necesidad de que no se separe de manera radical la generación de tecnologías y su incorporación a las labores productivas.
  8. La importancia de una decidida participación de los productores en todo el diseño y desarrollo del sistema nacional de innovación descentralizado y operado a partir de sistemas territoriales de innovación.
  9. El éxito de los procesos de innovación no depende únicamente de aspectos tecnológicos sino de complejas estrategias de vinculación tecnológica, sin que el abordaje complejo garantice el cambio técnico o la sostenibilidad de la innovación. Para ello se requieren otros componentes, siendo los más significativos los siguientes:
    - a. Producción empresarial de los productos y servicios tecnológicos obtenidos: La puesta en marcha y la continuidad del proceso de innovación se dificulta, en especial en las peculiares condiciones de los pequeños productores, cuando no se prevén estrategias apropiadas para producir a escala comercial y en condiciones apropiadas para las características de la pequeña producción los insumos tecnológicos obtenidos en los procesos de investigación (semillas, bioinsumos,

---

<sup>90</sup> La identificación de lecciones aprendidas toma, para su desarrollo, información contenida en los documentos de Santiago Perry: Situación actual de la ciencia, tecnología e innovación agropecuaria en Colombia (2014) e Informe de Extensión Rural en Colombia (2012).

- etc.)<sup>91</sup>. La experiencia ha demostrado que la conformación de empresas de propiedad de los pequeños agricultores en las que ellos produzcan y vendan dichos insumos a precios competitivos a otros pequeños productores es fundamental para garantizar la continuidad de los procesos de innovación y para la difusión de los productos tecnológicos.
- b. Vinculación a cadenas productivas y de valor dinámicas: La permanencia del proceso de innovación iniciado depende críticamente de que los pequeños productores cuenten con un mercado relativamente seguro para sus productos, sus servicios y sus innovaciones tecnológicas en el mediano y largo plazos. Para ello deben vincularse a cadenas productivas y de valor dinámicas, a través de organizaciones que tengan un marcado carácter empresarial.
  - c. Desarrollo organizativo y empoderamiento: La mejor garantía de que los procesos de innovación emprendidos perduren en el tiempo y se escalen es que los pequeños productores constituyan organizaciones sólidas, ampliamente participativas y democráticas, innovadoras y de marcado carácter empresarial, las cuales se apropien y lideren los procesos y negocios tecnológicos iniciados.
10. La complejidad de los procesos de vinculación sociotécnica que incluye aspectos como los señalados en el punto anterior hacen necesario el diseño e implementación de procesos de acompañamiento a la gestión del conocimiento requerido para lograr experiencias exitosas. Son justamente estos modelos de acompañamiento y las estructuras de soporte de los mismos lo que diferencia los enfoques de innovación de los modelos lineales de transferencia de tecnología o asistencia técnica convencional.
  11. Los procesos de innovación requieren tiempo para su maduración por lo que plazos demasiado cortos para los proyectos y para su acompañamiento no son adecuados. Muchos de los proyectos y de las convocatorias que se han implementado en el pasado contemplan plazos de 24, 18, 12 meses o menos, tiempo en el cual es imposible que se tenga un impacto real en un mejoramiento tecnológico y productivo sostenido de las actividades agropecuarias de los pequeños productores.
  12. La importancia de la conformación de redes de aprendizaje e intercambio de conocimientos: para contar con mejores proyectos de generación de ingresos de los pequeños productores, y de sus componentes técnicos, es necesario que se cuente con mecanismos que permitan juntar distintos conocimientos y tecnologías e intercambiar conocimientos, experiencias y metodologías. Las estrategias hasta ahora seguidas no les han otorgado importancia a estos aspectos, por lo que no se han promovido redes que faciliten que distintos actores aúnen conocimientos y esfuerzos para apoyar procesos de innovación, o que los involucrados en sistemas productivos y problemas tecnológicos con algún grado de semejanza puedan intercambiar sus conocimientos y experiencias. Ni que las entidades que acompañan estos procesos, sistematicen e intercambien sus metodologías. Menos aún, se ha aprovechado el potencial que tienen las TIC para realizar estos intercambios en escalas mucho más amplias a las que permiten los métodos presenciales.

---

<sup>91</sup> Evaluación PREDUZA y Thiele, Graham (1997).

13. La necesidad de diferenciar entre distintos tipos de productores: productores de distintos tamaños y condiciones socioeconómicas tienen necesidades de apoyo bien diferentes. Una cosa son los grandes productores empresariales que cuentan con los recursos y los conocimientos para contratar las asesorías y consultorías especializadas que requieran en los más diversos campos, e incluso los medianos que pueden acceder a crédito institucional que les permite contratar asesoría en el área técnica y en otras áreas o que pertenecen a gremios que les pueden prestar el servicio, y otra muy distinta los pequeños productores que requieren de un acompañamiento mucho más integral y que no disponen de los recursos para contratarlo. Fue exclusivamente para estos últimos que se buscó establecer un servicio gratuito de asistencia técnica en el SINTAP y montar toda una estructura de apoyo.
- B. Del desempeño del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial en el país, cuyos rasgos generales son materia de este diagnóstico, se pueden destacar las siguientes conclusiones que dan pie a las propuestas para poner en marcha una Estrategia de Fortalecimiento del Sistema:
14. Es necesario un amplio ajuste al grado de coordinación de las organizaciones públicas y privadas que participan en el financiamiento, orientación, seguimiento y evaluación de la CTi sectorial. En particular es urgente una mejor coordinación y orientación de los recursos con que cuenta el Fondo CTi del SGR, los recursos del PGN del MADR y de Colciencias y los Fondos parafiscales.
15. Es necesario focalizar los recursos públicos en el financiamiento de procesos de investigación, desarrollo tecnológico y de extensión o acompañamiento en aspectos estratégicos cuya pertinencia sea acordada en el marco de sistemas de innovación construidos a partir de lo local con la participación de los actores del Sistema.
16. El financiamiento público a la I+D+i debe planificarse de tal manera que las diferentes fuentes no compitan y se complementen y permitan el financiamiento de iniciativas a corto, mediano y largo plazo.
17. El financiamiento público para la generación de conocimiento en procesos de investigación y desarrollo tecnológico debe ser orientado a la generación de conocimiento e innovaciones de acceso público.
18. En esta focalización debe dársele especial prioridad a la atención de las necesidades de los pequeños productores y a la generación de conocimiento para enfrentar los efectos del cambio climático, mejorar la sostenibilidad ambiental de la agricultura y la seguridad alimentaria.
19. Es necesario reconocer la importancia de una decidida participación de los productores en todo el diseño y desarrollo de una estrategia de innovación descentralizada y operada a partir de sistemas territoriales de innovación.
20. Una decidida participación de los pequeños productores en procesos de innovación requiere acompañar dichos procesos con apoyos para: su participación en organizaciones asociativas, su incorporación a cadenas de valor y su desarrollo empresarial.
21. Es necesario fortalecer el capital social para la gestión del conocimiento y la innovación.

22. Se debe mejorar la conexión entre las necesidades de capital humano para la innovación agrícola y la política educativa y de formación.
23. Es fundamental fortalecer el uso y protección de los derechos de propiedad intelectual entre los actores del Sistema como un incentivo básico a la innovación.
24. Es urgente fortalecer el seguimiento y evaluación de los procesos de I+D+i de tal manera que permitan la orientación de las políticas y su gestión y que sirvan a los actores de los sistemas territoriales de innovación para mejorar sus procesos de innovación y mejoramiento tecnológico.

## 11 Bibliografía

### Capítulo 1. Tendencias del entorno global

- Agencia de Noticias Universidad Nacional. (5 de noviembre de 2013). Agencia de Noticias UNAL. Obtenido de “60% de alimentos frescos en las ciudades son de pequeños productores”.
- Banco de la República (2016). PIB a precios constantes de 2005 grandes ramas de actividad económica. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2016]. Consultado en: [http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/paginas/srea5\\_004.xls](http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/paginas/srea5_004.xls)
- Banco de Occidente. (noviembre de 2013). Obtenido de Páramos de Colombia: <http://www.imeditores.com/banocc/paramos/cap7.htm>
- CORPOICA (2013). Estrategia de desarrollo agropecuario y rural colombiano. Capítulo 2: Ciencia, tecnología e innovación. Documento interno.
- Corpoica, 2014. (s.f.). Innovación en el sector agropecuario colombiano. Bogotá, D.C.
- DANE. (25 de mayo de 2015). Departamento Nacional de Estadística. Obtenido de Estadística DANE: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/migraciones/doc\\_est\\_mig\\_1973\\_2005.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/migraciones/doc_est_mig_1973_2005.pdf)
- Del Castillo, S., Durán, E., Torrado, M. 2009. Mortalidad y desnutrición infantil, más allá de las cifras. Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutricional, Universidad Nacional de Colombia.
- FAO (2016). Datos de producción en <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S> consultado en julio de 2016
- Forero, J. (2002). Producción campesina, Evolución reciente y estado actual. . Cuadernos tierra y Justicia. N° 2.
- Forero, J. (2003). Economía campesina y sistema alimentario en Colombia: Aportes a la discusión sobre seguridad alimentaria.
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). Atlas de la Distribución de la Propiedad Rural en Colombia.
- INCODER (2012). Plan Estratégico 2010 – 2014.
- Lau, C., Jarvis, A., & Ramírez, J. (febrero de 2013). Agricultura colombiana: Adaptación al cambio climático. Políticas en Síntesis (1), 4. Obtenido de [http://dapa.ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2014/08/politica\\_sintesis1\\_colombia\\_cambio\\_climatico.pdf](http://dapa.ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2014/08/politica_sintesis1_colombia_cambio_climatico.pdf)
- MADR. (2013). Memorias al Congreso de la Republica. Bogotá D.C: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- MADR (2015). Informe de Rendición de Cuentas, 2014-2015.
- Méndez, H., & Ramirez, M. (2003). Manejo de suelos en minifundio de ladera de la Región Andina de Santander mediante la rotación de cultivos establecidos en franja y curvas de nivel.

- Murad, R. (2003). Estudio sobre la distribución espacial de la población en Colombia. En CEPAL, Proyecto regional de población Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE), Santiago de Chile: División de Población de la CEPAL/Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA).
- Niño, Y. (2010). Determinación del nivel de exposición a plaguicidas por consumo de agua de pozo y la relación con los posibles efectos en la salud de la población residente en la vereda chorrillos del sector rural de Suba. Bogotá D.C: Universidad Nacional De Colombia.
- Ortiz, A., & Reyes, M. (2009). Páramos en Colombia: un ecosistema vulnerable. Observatorio Grupo de Estudios en Economía política y medio ambiente. Bogotá D.C: Escuela de Economía. Universidad Sergio Arboleda.
- Perfetti, J., Balcázar, A., Hernández, A., & Leibovich, J. (2013). Políticas para el desarrollo agrícola en Colombia. Bogotá D.C: Sociedad Agricultora de Colombia - Fedesarrollo.
- PNUD. (2011). Colombia rural. Razones para la esperanza Informe Nacional de Desarrollo Humano. PNUD.
- PNUD. (25 de mayo de 2015). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - Colombia. Obtenido de <http://www.co.undp.org/content/dam/colombia/docs/ODM/undp-co-pueblosindigenasylosodm-2013-parte2.pdf>
- Rendón, J. (2012). La Unidad Económica Familiar Campesina (UEFC): conceptualización teórica general y dinámica en el contexto colombiano. Revista Libre empresa, N°18.

## Capítulo 2. Perspectiva tecnológica del sector agropecuario

- Balat, M., & Balat, H. (2009). Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. Applied Energy, 2273-2282.
- CEPAL-FAO-IICA. 2013. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe. 2014. Capítulo 5: Situación y perspectivas de la agricultura familiar en América Latina y el Caribe
- Cobo-Romaní, J. C. (2009). El concepto de tecnologías de la información. Benchmarking sobre las definiciones de las TIC en la sociedad del conocimiento. ZER, 295-318.
- Cotes, A., Barrero, L., Rodríguez, F., Zuluaga, M. V., Arévalo, H. 2012. Bioprospección para el desarrollo del sector agropecuario en Colombia. Bogotá D.C.
- Deloitte. (2012). eTransform Africa - Sector Assessment and Opportunities for ICT.
- Departamento Nacional de Planeación - Consejo Nacional de Política Económica Social República de Colombia (CONPES). (2008). Documento Conpes Social 113. Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PSAN). Recuperado de: [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2008/conpes\\_0113\\_2008.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2008/conpes_0113_2008.pdf)
- DNP. 2016. Propuesta de lineamientos de apoyo para la agricultura familiar. Dirección de desarrollo rural sostenible, Subdirección de producción y desarrollo rural. s.n.
- Dobson, W. D., & Akridge, J. (1989). Establishing Agribusiness Research Priorities and Coordinating Agribusiness Research. . Agribusiness, 315-333

- FAO. (2008). The State of Food and Agriculture. Biofuels: prospects, risks and opportunities. ROMA: FAO.
- FAO. (2011). Biotechnologies for Agricultural Development. Roma: FAO
- FAO. 2014. Agricultores familiares: Alimentar al mundo, cuidar el planeta: [www.fao.org/docrep/019/mj760s/mj760s.pdf](http://www.fao.org/docrep/019/mj760s/mj760s.pdf)
- FAO. 2015. El estado mundial de la agricultura y la alimentación: La innovación en la agricultura familiar. Roma. 153p.
- Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola -FIDA-. (2011). El futuro de la seguridad alimentaria y nutricional mundial. Recuperado de: <https://www.ifad.org/documents/10180/efb49f84-0d47-4248-8f26-0ff51dc4f723>.
- Flórez-Martínez, D.-H., & Uribe-Galvis, C.-P. (2016). TIC PARA LA INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN (Vol. In Press). Mosquera-Cundinamarca: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica.
- Gentilini, Ugo. (2002). Sviluppo dell'aiuto alimentare ed aiuto alimentare per lo sviluppo, Università Degli Studi di Roma Tre, Facoltà di Economia, Rome.
- Gligo, N. (1987). El concepto de sustentabilidad ambiental en las estrategias de desarrollo. Ambiente y Desarrollo, 17-19.
- Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición -HLPE-. (2013). Inversión en la agricultura a pequeña escala en favor de la seguridad alimentaria. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. Roma, 2013. Recuperado de: [www.fao.org/cfs/cfs-hlpe/es](http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe/es).
- HLPE. (2013). Los Biocombustibles y la seguridad alimentaria. Roma: Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial.
- ILSA 2011. Impactos del TLC con Estados Unidos sobre la economía campesina en Colombia. Recuperado de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://ilsa.org.co:81/biblioteca/dwnlds/otras/tlc/cap3.pdf>
- Lede, S. (2013). Los biocombustibles. Argentina: ArgenBio.
- Machado, C. (2010). Situación de los Biocombustibles de 2da y 3era Generación en América Latina y Caribe. IICA.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR. (2011). Proyecto Transición de la Agricultura. Agenda prospectiva de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para la seguridad alimentaria colombiana, vista desde la disponibilidad de alimentos. Bogotá, 216p.
- MAVDT. (2011). Listado de contratos de acceso a recursos genéticos firmados a 2011 por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá: Dirección de Licencias, Permisos y Trámites Ambientales
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia - MSPS. (2015). Estrategia nacional para la prevención y control de las deficiencias de micronutrientes en Colombia 2014 - 2021. Recuperado de: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/Estrategia-nacional-prevencion-control-deficiencia-micronutrientes.pdf>

- Naisbitt, J. (1984). Megatrends. New York: Warner Books.
- RENDÓN, J. 2012. La Unidad Económica Familiar Campesina (UEFC): Conceptualización teórica general y dinámica en el contexto colombiano. Revista Libre empresa, N° 18. Cali
- OECD (2005), A Framework for Biotechnology Statistics, OECD, París.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1996). Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial Y Plan de Acción de la Cumbre Mundial sobre los Alimentos. Roma. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/003/w3613s/w3613s00.HTM>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2015). El estado mundial de la agricultura y la alimentación la protección social y la agricultura: romper el ciclo de la pobreza rural. 143p. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i4910s.pdf>.
- Padulosi, S., Thompson, J. & Rudebjer, P. (2013). Fighting poverty, hunger and malnutrition with neglected and underutilized species (NUS): needs, challenges and the way forward. Bioersivity International, Rome.
- Pelkmans, L., Govaerts., & Kessels, K. (2008). Inventory of biofuel policy measures and their impact on the market. Report D21 of ELOBIO. Petten: Energy Research Center of the Netherlands.
- Ragauskas, A., Williams, C., Davison, B., Britovsek, G., Cairney, J., Eckert, C., . Tschaplinski, T. (2006). The Path Forward for Biofuels and Biomaterials. Science, 484-489.
- Simon, G.-A. (2009). Seguridad alimentaria y desarrollo. Revista Española de Estudios Agrosociales Y Pesqueros, (224), 1-32. Recuperado de: [http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/185957/2/pdf\\_REEAP\\_r224\\_19\\_45.pdf](http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/185957/2/pdf_REEAP_r224_19_45.pdf)
- Smith, M., Pointing, J., & Maxwell, S. (1992). Household Food Security: Concepts and Definition -- An Annotated Bibliography. In S. Maxwell & T. R. Frankenberger (Eds.), Household Food Security: Concepts, Indicators, Measurements. A Technical Review (p. 280). Recuperado de: <https://www.ifad.org/documents/10180/4b29b799-49a9-4740-bfab-4bbd24059b56>.
- Sourisseau, J.M., Kahane, R., Fabre, P., & Hubert, B. (Eds). (2015). Actas de los Encuentros Internacionales Agriculturas Familiares e Investigación. Montpellier, 1 al 3 de junio de 2014. Agropolis International. 320 p.

### Capítulo 3. Organizaciones del SNCTA

- Decreto 1500 de 2012. Por medio del cual se dictan medidas para la organización, articulación y funcionamiento del Sistema Administrativo Nacional de Competitividad e Innovación.
- DNP. (2011). Bases de la Estrategia Nacional de Innovación, Colombia 2011-2014. Bogotá, D.C.
- DNP. (2014). Bases del PND 2014-2018. Bogotá, D.C.
- MADR (2013). Decreto 1985 de 2013. Por el cual se modifica la estructura del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y se determinan las funciones de sus dependencias.
- Ley 1253 de 2008. por la cual se regula la productividad y competitividad y se dictan otras disposiciones.

Ley 1286 de 2009 Por la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones.

Ley 1731 de 2014. Por medio de la cual se adoptan medidas en materia de financiamiento para la reactivación del sector agropecuario, pesquero, acuícola, forestal y agroindustrial, y se dictan otras disposiciones relacionadas con el fortalecimiento de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Ley 1753 de 2015. Por la cual se expide el PND 2014-2018 “Todos por un nuevo país”.

Ley 607 de 2000. Por medio de la cual se modifica la creación, funcionamiento y operación de las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria, UMATA, y se reglamenta la asistencia técnica directa rural en consonancia con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

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.

Plataforma Siembra, Observatorio del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en [www.simbra.gov.co](http://www.simbra.gov.co)

#### **Capítulo 4. Inversión en CTi para el sector agropecuario**

Acto Legislativo 05 de 2011, por el cual se constituye el Sistema General de Regalías, se modifican los artículos 360 y 361 de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones sobre el régimen de regalías y compensaciones.

Colciencias (2015). Resolución 445 de 2015. Por la cual se adoptan los lineamientos generales de los planes y acuerdos estratégicos departamentales en ciencia, tecnología e innovación.

Colciencias; DNP (2015). Manual metodológico general, para la identificación, preparación, programación y evaluación de proyectos de CTi. Guías sectoriales de proyectos. Guía No 2. de programas y proyectos de ciencia, tecnología e innovación. Sistema General de Regalías. Bogotá, D.C.

Decreto 1075 de 2012 Por la cual se regula la organización y el funcionamiento del Sistema General de Regalías (Nivel Nacional).

Junguito, Perfetti, & Becerra. (marzo 2014). Desarrollo de la agricultura colombiana. Cuadernos FEDESARROLLO 48.

Ley 1530 de 2012. Por la cual se regula la organización y el funcionamiento del Sistema General de Regalías.

Ley 1753 de 2015. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país".

OCDE (2002). Manual de Frascati, Sexta Edición, 266p.

## Capítulo 5. El papel de la gestión del conocimiento

Gómez R., D.T.; Ibagón M., J.; Forero C., A.C. (2014). Desarrollo Endógeno y Latinoamérica. En Desarrollo con. Soc. Vol. 3, No. 3, Año 2014. Pp. 117-128.

Conpes de política nacional de ciencia y tecnología 2016-2025

Conpes 3582 de 2009 (Política Nacional de CTi)

Tami, L., Garrido, F., Uribe, C., Henao, F y Rincón, R. (2013). Análisis de las reformas a los sistemas de extensión/transferencia de tecnología agropecuaria (SETTA). (RG-K1316). BID. Informe final Caso Colombia, CORPOICA. Estudio liderado por CORPOICA, Dirección de Transferencia de Tecnología con el apoyo del BID –y la participación de FAO, el IICA, el IFPRI y RELASER.

## Capítulo 6. Capacidades en recurso humano e infraestructura

Aguirre, Katherine, 2005. Convergencia en indicadores sociales en Colombia. Una aproximación desde los enfoques tradicionales y no paramétricos. En: Desarrollo y Sociedad, núm. 56, pp. 147-176. Universidad de los Andes Colombia

Banco Mundial, 2016. Indicadores del desarrollo mundial: Colombia, <http://databank.bancomundial.org/data/reports.aspx>; consulta: marzo 2016

Barro, R. 1991. Economic Growth in a Cross Section of Countries. En: The Quarterly Journal of Economics, 105, 407-443.

Burbano Nancy, 2013. Educación para el progreso del estudiante del sector rural en Nariño. Entramado Vol. 9 No. 1 (enero - junio).

CESU. Acuerdo por lo superior 2035. Bogotá.

Colbert, Vicky, 1999. Mejorando el acceso y la calidad de la educación para el sector rural pobre. El caso de la Escuela Nueva en Colombia. Revista Iberoamericana de Educación, Número 20. OEI Ediciones

Celis, T. (2016). Universidades de Paz tendrán carreras agro. La República. Recuperado el 18 de agosto de 2016, de <http://www.agronegocios.co/noticia/universidades-de-paz-tendran-carreras-agro>

Colciencias. (2012). Boletín estadístico del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. Bogotá: Colciencias. Recuperado el 8 de noviembre de 2013, de <http://www.colciencias.gov.co/>

Colciencias. (2014). Convocatoria nacional para el reconocimiento y medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico y/o innovación y para el reconocimiento de

investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación. 2013 (Convocatoria 640 de 2013-C. Bogotá. Recuperado el 6 de septiembre de 2014, de [http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor\\_files/files/Informe%20Proceso%20y%20Resultados%20Convocatoria%20640%20de%202013.pdf](http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/files/Informe%20Proceso%20y%20Resultados%20Convocatoria%20640%20de%202013.pdf)

Colciencias. (2015). Informe resultados Convocatoria Nacional para el Reconocimiento y Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación y para el Reconocimiento de Investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2014. Bogotá: Colciencias.

COLCIENCIAS. (abril de 2014). [www.colciencias.gov.co](http://www.colciencias.gov.co). Obtenido de [www.colciencias.gov.co](http://www.colciencias.gov.co)

CORPOICA. (2014). Presentación PhD Corpoica a junta Directiva septiembre 18 de 2014. Bogotá.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, 2005. Censo Nacional de Población y Vivienda. En: [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co); consulta: marzo 2016

Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, 2014. Encuesta de Calidad de Vida 2014. En: [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co); consulta: marzo 2016

Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, 2015. Censo Nacional Agropecuario 2014. En: [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co); consulta: febrero 2016

Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2015. El campo colombiano: un camino hacia el bienestar y la paz. Misión para la transformación del campo. Bogotá: DNP. En: <https://www.dnp.gov.co/>; consulta: marzo 2016.

Departamento Nacional de Planeación – DNP, 2014. Definición de categorías de ruralidad. Misión para la Transformación del Campo. Bogotá: DNP.

Departamento Nacional de Planeación – DNP, 2015a. Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018. Bogotá: DNP. En: <http://bit.ly/1ttlCA5>; consulta: marzo de 2016.

Departamento Nacional de Planeación – DNP, 2015b. Informe detallado Misión para la Transformación del Campo. Bogotá: DNP. En: <https://www.dnp.gov.co/>; consulta: marzo 2016.

DNP. (2011). Crecimiento sostenible y competitividad. En D. N. Planeación, Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: Prosperidad para todos (págs. 58-258). Bogotá D.C., Colombia: DNP. Recuperado el 6 de agosto de 2014, de <http://www.dnp.gov.co>

El Tiempo. (18 de agosto de 2016). Unad lanza plan para formar en áreas rurales. El Tiempo. Recuperado el 18 de agosto de 2016, de <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/educacion/unad-lanza-plan-para-formar-en-areas-rurales/16675829>

FAO y UNESCO 2004b. Education for Rural Development: Towards new policy responses. UNESCO Publishing.

Flecha, R. 1997. Pensamiento y acción crítica en la sociedad de la información en ensayos de pedagogía crítica. Caracas: editorial laboratorio educativo.

Gennaioli, N., Porta, R. L., Lopez-de-Silanes, F., & Shleifer, A. 2013. Human capital and regional development. En: Quarterly Journal of Economics, 128 (1), 105-164.

ICETEX. (2014). Informe de Gestión 2013. Bogotá: ICETEX.

ICETEX. (2016). Informe de Gestión 2015. Bogotá: ICETEX.

- Jaramillo, Sandra; Maldonado, Dario; Perry, Guillermo; Rodriguez, Catherine, 2014. Tras la excelencia docente. Cómo mejorar la calidad de la educación para todos los colombianos. Fundación Compartir. Bogotá, Colombia.
- Jiménez, Ángela. 2009. La escuela nueva y los espacios para educar. En: Revista Educación y Pedagogía, vol. 21, núm. 54, mayo-agosto
- Ley 1286 de 2009. (2009). Por la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones.
- MADR. (2013). Memorias al Congreso de la República 2012-2013. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A Contribution to the Empirics of Economic Growth. En: The Quarterly Journal of Economics, 107 (2), 407-437.
- MEN e ICFES. (2001). Bases para una política de Estado en materia de educación superior. Bogotá.
- MEN. (10 de Diciembre de 2013). Recuperado el 7 de octubre de 2014, de Proyecto de Educación Rural PER: <http://www.mineduccion.gov.co/1621/w3-article-329722.html>
- MEN. (2001). Más campo para la educación rural. Al tablero. Recuperado el 5 de agosto de 2014, de <http://www.mineduccion.gov.co/1621/article-87159.html>
- MEN. (2008a). La llave de la educación-agro. Al Tablero. Recuperado el 5 de agosto de 2014, de <http://www.mineduccion.gov.co/1621/article-168264.html>
- MEN. (2008b). El Proyecto de Educación Rural-PER. Al Tablero. Recuperado el 6 de agosto de 2014, de <http://www.mineduccion.gov.co/1621/article-168262.html>
- MEN. (2008c). Aportes del Plan Nacional Decenal de Educación 2006-2016 a la educación rural. Al Tablero. Recuperado el 6 de agosto de 2014, de <http://www.mineduccion.gov.co/1621/article-170806.html>
- MEN. (2010). Revolución educativa 2002-2010. Acciones y lecciones. Bogotá, Colombia: Ministerio de Educación Nacional. Recuperado el 10 de Julio de 2014, de <http://www.mineduccion.gov.co/>
- Ministerio de Educación Nacional – MEN, 2015. Colombia Territorio Rural: apuesta por una Política educativa para el campo. MEN, Bogotá, Colombia
- Ministerio de Educación Nacional – MEN, 2016a. Documento: Bases para la construcción de los lineamientos de política pública del Sistema Nacional de Educación Terciaría (SNET). Bogotá
- Ministerio de Educación Nacional – MEN, 2016a. Sistema educativo colombiano. En: <http://www.mineduccion.gov.co/1759/w3-article-233839.html>; consulta: abril 2016
- Ministerio de Educación Nacional – MEN, 2016c. Sistema de consulta de las instituciones educativas del país. En: <http://sineb.mineduccion.gov.co/bcol/app>; consulta: enero 2016
- Ministerio de Educación Nacional – MEN, 2016d. Sistema de Información d Educación para el Trabajo y el Desarrollo Humano. En: <http://siet.mineduccion.gov.co/siet/>; consulta: abril 2016.
- Monsalve Maria; Franco Mónica; Monsalve Mónica Betancur Vilma, 2008. Diseño y experimentación de una estrategia didáctica en el área del lenguaje apoyada en TIC, para cualificar los procesos de enseñanza y aprendizaje en la escuela nueva. Universidad de Antioquia, Medellín.

- Núñez, J. 2004. Los saberes campesinos: implicaciones para una educación rural. En: Investigación y Postgrado, Vol. 19, N° 2.
- OCyT. (2011). Indicadores ciencia y tecnología 2011. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- OCyT. (2012). Indicadores de ciencia y tecnología 2012. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- OCyT. (2013). Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2013. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- OCyT. (2014). Indicadores de Ciencia y Tecnología 2014. Colombia. Bogotá: Observatorio de Ciencia y Tecnología.
- OLE. (2013). Resultados de las condiciones laborales de los graduados de educación superior 2001-2012 y los certificados de educación para el trabajo y el desarrollo humano 2010-2012. Bogotá: Observatorio Laboral para la Educación-MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Recuperado el 8 de septiembre de 2014, de [http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/articulos-334303\\_documento\\_tecnico\\_2013.pdf](http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/articulos-334303_documento_tecnico_2013.pdf)
- Pérez Esclarín, A. 2000. Una propuesta de educación popular en pedagogía social. Caracas: Caracas: UPEL-IMPM.
- Perfetti, Mario, 2003. Estudio sobre la educación para la población rural en Colombia. Bogotá, Colombia.
- Presidencia de la República, 2015. Decreto 1750 de 2015 por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Educación. Bogotá.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD. 2011. Colombia rural. Razones para la esperanza. Informe Nacional de Desarrollo Humano 2011. Bogotá: INDH PNUD.
- Ruiz, Beatriz. Proyecto Utopía Generador De BIODesarrollo. Universidad de la Salle. Bogotá.
- SENA. (s.f). Jóvenes Rurales Emprendedores. Servicio Nacional De Aprendizaje. Recuperado el 15 de septiembre de 2014, de [http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articulos-246512\\_archivo\\_pdf\\_ErikaMoreno.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articulos-246512_archivo_pdf_ErikaMoreno.pdf)
- Torres, Rosa, 1992. Alternativas dentro de la educación formal: el programa escuela nueva de Colombia. En Perspectivas, N° 84. París: UNESCO
- Trigo, E., Pomareda, C., & Federico, V. (2012). Los INIA en ALC: desafíos para la innovación agraria. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA. Recuperado el 5 de septiembre de 2014, de [http://www.iica.int/foragro/Lima2012/Referencias%20y%20estudios%20previos/Los\\_INIA\\_en\\_ALC.pdf](http://www.iica.int/foragro/Lima2012/Referencias%20y%20estudios%20previos/Los_INIA_en_ALC.pdf)
- Uribe, Claudia; Londoño, Angélica y Contreras, Carlos (2016). Boletín de Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario. Corpoica, Mosquera, Colombia. En: [www.siembra.gov.co](http://www.siembra.gov.co)

## Capítulo 7. Acceso a recursos genéticos y propiedad intelectual agrícola

- Agencia de Noticias UN. (27 de febrero de 2012). Minambiente propone nueva traba a la investigación. Agencia de Noticias UN.
- Agencia de Noticias UN. (02 de 07 de 2013). Decretan permiso de recolección de diversidad biológica por diez años. Boletín UN Investiga.
- Agencia de Noticias Universidad Nacional. (5 de noviembre de 2013). Agencia de Noticias UNAL. Obtenido de “60% de alimentos frescos en las ciudades son de pequeños productores”.
- Alarcón, E., & Astudillo, F. (2000). Propiedad intelectual, agricultura y comercio ante el nuevo milenio. En P. IICA, Investigación agrícola y propiedad intelectual en la América del Sur (pág. 168). Brasilia.
- ANLA. (2014). Presentación de Trámites para permisos de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica. Medellín: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Recuperado el 10 de 08 de 2016, de <http://www.udea.edu.co>
- Balat, M., & Balat, H. (2009). Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. *Applied Energy*, 2273-2282.
- Banco de Occidente. (noviembre de 2013). Obtenido de Páramos de Colombia: <http://www.imeditores.com/banocc/paramos/cap7.htm>
- Bergek, A. J., Hekkert, M., Smith, & K. (2010). “Functionality of Innovation Systems as a Rationale for and Guide to innovation Policy”. En S. e. al.
- Bosweld & Associates. (2011). Mega-Trends in the Agricultural Investment Space. The business of feeding the world: An unprecedented opportunity for investors. Ontario: Ontario Limited.
- Caicedo Arias, R. (2016). La protección de las variedades vegetales en Colombia. Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Recuperado el 26 de 05 de 2016
- CAN. (1993). Decisión 345 sobre el Régimen Común de Protección a los Derechos de los Obtentores de Variedades Vegetales. Bogotá: Comunidad Andina de Naciones.
- Chaparro Giraldo, A. (2013). Propiedad intelectual y regulación en biotecnología vegetal: el caso de los cultivos GM. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología.
- Colciencias. (2012). Boletín estadístico del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. Bogotá: Colciencias. Recuperado el 8 de noviembre de 2013, de <http://www.colciencias.gov.co/>
- COLCIENCIAS. (abril de 2014). [www.colciencias.gov.co](http://www.colciencias.gov.co). Obtenido de [www.colciencias.gov.co](http://www.colciencias.gov.co)
- Colciencias. (2015). Informe resultados Convocatoria Nacional para el Reconocimiento y Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación y para el Reconocimiento de Investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2014. Bogotá: Colciencias.
- Colombia. (1991). Decreto 2041 del 29 de agosto de 1991, estructura orgánica y funciones de la Dirección Nacional de Derechos de Autor. Bogotá, D.C.

- Colombia. (1994). Decreto 533 del 8 de marzo de 1994 por el cual se reglamenta el régimen común de protección de los derechos de los obtentores de variedades vegetales. Bogotá. Recuperado el 20 de 05 de 2016, de <http://www.wipo.int/wipolex/es/details.jsp?id=864>
- Colombia. (2010). Decreto 1162 del 13 de abril de 2010 por el cual se organiza el Sistema Administrativo Nacional de Propiedad Intelectual y se crea la Comisión Intersectorial de Propiedad Intelectual. Bogotá.
- CONPES. (2008). Documento Conpes 3533: bases de un plan de acción para la adecuación del Sistema de Propiedad Intelectual a la competitividad y productividad nacional 2008-2010. Bogotá.
- CONPES. (2016). Documento Conpes en construcción: Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2016-2026. Bogotá, D.C.: Departamento Nacional de Planeación (DNP). Recuperado el 22 de 06 de 2016
- Consejo de Estado. (08 de 08 de 1977). Sentencia de Consejo de Estado No. 977 de 1997. Bogotá, D.C.
- Corpoica. (2014). Presentación PhD Corpoica a junta Directiva septiembre 18 de 2014. Bogotá.
- Corpoica. (13 de 07 de 2016). Entrevista a funcionaria del Departamento de Agrobiodiversidad, Dirección de Investigación y Desarrollo. (A. M. B., Entrevistador)
- Corpoica, 2014. (s.f.). Innovación en el sector agropecuario colombiano. Bogotá, D.C.
- DANE. (25 de mayo de 2015). Departamento Nacional de Estadística. Obtenido de Estadística DANE: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/migraciones/doc\\_est\\_mig\\_1973\\_2005.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/migraciones/doc_est_mig_1973_2005.pdf)
- DANE. (2015). EDIT VII - Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica. Industrias manufactureras 2013-2014. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Recuperado el 11 de 06 de 2016
- Deloitte. (2012). eTransform Africa - Sector Assessment and Opportunities for ICT.
- DLA Piper. (2013). Propiedad intelectual agrícola: auditoría para informe de Colombia. Gerentes de proyecto: Public Interest Intellectual Property Advisors (PIIPA) y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- DNDA. (2016). Dirección Nacional de Derechos de Autor (DNDA). Obtenido de <http://derechodeautor.gov.co/obras-literarias>
- DNP. (2011). Bases de la Estrategia Nacional de Innovación, Colombia 2011-2014. Bogotá, D.C.
- DNP. (14 de 06 de 2011). Conpes 3697, Política para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad. Bogotá, D.C.
- DNP. (2014). Bases del PND 2014-2018. Bogotá, D.C.
- FAO. (2008). Bosques y Energía: Cuestiones Claves. Roma: FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO. (2009). Tratado Internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Roma: FAO. Obtenido de [www.planttreaty.com](http://www.planttreaty.com)
- FAO. (2011). Biotechnologies for Agricultural Development. Roma: FAO.

- FAO, & OMS. (2011). Reunión conjunta FAO/OMS de expertos acerca de la aplicación de la nanotecnología en los sectores alimentario y agropecuario: posibles consecuencias en la inocuidad de los alimentos. Roma: Oficina de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación- Organización Mundial de la Salud.
- FAO, O. d. (2008). La importancia de la biodiversidad agrícola para la seguridad alimentaria, la nutrición y la calidad de vida en América Central. San José de Costa Rica: Proyecto FNPP Centroamérica - FAO.
- Florez-Martínez, D. H. (2014). Cómo se gestiona la CTi en el sector agropecuario. En Corpoica, Misión Rural.
- Flórez-Martínez, D.-H., & Uribe-Galvis, C.-P. (2016). TIC PARA LA INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN (Vol. In Press). Mosquera-Cundinamarca: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica.
- Forero, J. (2002). Producción campesina, Evolución reciente y estado actual. . Cuadernos tierra y Justicia. N° 2.
- Forero, J. (2003). Economía campesina y sistema alimentario en Colombia: Aportes a la discusión sobre seguridad alimentaria.
- Franco, T. (2008). Los bancos de germoplasma en las Américas. Recursos naturales y ambiente. No. 53, 81-84.
- Gligo, N. (1987). El concepto de sustentabilidad ambiental en las estrategias de desarrollo. Ambiente y Desarrollo, 17-19.
- González, A., Buitrago, L., Soacha, K., González, I., Ortiz, R., & Beltrán, N. (2016). Las colecciones biológicas como patrimonio nacional. En Biodiversidad 2015: estado y tendencias de la biodiversidad continental en Colombia. Bogotá, D.C.: Instituto Alexander von Humboldt (IAvH).
- ICA. (1995). Resolución 1893. Bogotá, D.C.: Instituto Colombiano Agropecuario.
- ICA. (2016). Informe de gestión 2015. Bogotá, D.C.
- ICA. (s.f.). Instituto Colombiano Agropecuario. Obtenido de [www.ica.gov.co](http://www.ica.gov.co).
- ICETEX. (2014). Informe de Gestión 2013. Bogotá: Icetex.
- ICETEX. (2016). Informe de gestión 2015. Bogotá: Icetex.
- IICA. (2010). Guía para la gestión de la propiedad intelectual en consorcios regionales de investigación agrícola. San José de Costa Rica: IICA, Fontagro.
- Junguito, Perfetti, & Becerra. (marzo 2014). Desarrollo de la agricultura colombiana. Cuadernos FEDESARROLLO 48.
- Lau, C., Jarvis, A., & Ramírez, J. (febrero de 2013). Agricultura colombiana: Adaptación al cambio climático. Políticas en Síntesis (1), 4. Obtenido de [http://dapa.ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2014/08/politica\\_sintesis1\\_colombia\\_cambio\\_climatico.pdf](http://dapa.ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2014/08/politica_sintesis1_colombia_cambio_climatico.pdf)
- Lede, S. (2013). Los biocombustibles. Argentina: ArgenBio.
- Machado, C. (2010). Situación de los Biocombustibles de 2da y 3era Generación en América Latina y Caribe. IICA.

- MADR. (2002). Decreto 2687 de 2002, por el cual se modifica el artículo 7º del Decreto 533 de 1994. Bogotá, D.C.: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- MADR. (2013). Memorias al Congreso de la Republica. Bogotá D.C: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- MADS. (2013). Decreto 1376 de 2013. Bogotá, D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- MADS. (14 de 08 de 2014). Resolución No. 1348 de 2014, por la cual se establecen las actividades que configuran accesos a los recursos genéticos y sus productos derivados para la aplicación de la Decisión Andina 391 de 1996 en Colombia y se toman otras determinaciones.
- MADS. (2015). Decreto 1076 de 2015, "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible". Capítulo 5, Sección 1. Bogotá, D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- MADS. (2015). Presentación: Acceso a recursos genéticos. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, Grupo de Recursos Genéticos.
- MADS, G. R. (26 de 05 de 2016). Información suministrada como retroalimentación en el Taller de construcción del PECTIA, sobre acceso a RG y propiedad intelectual. (A. M. B., Entrevistador)
- MAVDT. (2007). PLAN ESTRATÉGICO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL, PENIA. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial.
- Méndez, H., & Ramirez, M. (2003). Manejo de suelos en minifundio de ladera de la Región Andina de Santander mediante la rotación de cultivos establecidos en franja y curvas de nivel.
- Ministerio del Interior. (2016). Ministerio del Interior, Dirección de consulta previa. Obtenido de <http://www.mininterior.gov.co/mision/direccion-de-consulta-previa/>
- Molins, R. (2008). Oportunidades y amenazas de la nanotecnología para la salud, los alimentos, la agricultura y el ambiente. IICA.
- Murad, R. (2003). Estudio sobre la distribución espacial de la población en Colombia. En CEPAL, Proyecto regional de población Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE). Santiago de Chile: División de Población de la CEPAL/Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA).
- Mussato, S., Dragone, G., Guimaraes, P., Silva, J., Carneiro, L., Roberto, I., Teixeira, J. (2010). Technological trends, global market, and challenges of bio-ethanol production. *Biotechnology Advances*, 817-830.
- Naciones Unidas. (1992). Convenio sobre diversidad biológica (CDB). Obtenido de <https://www.cbd.int/>
- Naciones Unidas. (1993). Convenio sobre diversidad biológica (CDB). Obtenido de <https://www.cbd.int/>
- Naciones Unidas. (2011). Protocolo de Nagoya sobre acceso y participación en los beneficios. Montreal: Convenio sobre la Diversidad Biológica, Naciones Unidas.
- Niño, Y. (2010). Determinación del nivel de exposición a plaguicidas por consumo de agua de pozo y la relación con los posibles efectos en la salud de la población residente en la vereda chorrillos del sector rural de Suba. Bogotá D.C: Universidad Nacional De Colombia.

- Núñez, J., Carvajal, J. C., & Bautista, L. A. (2013). EL TLC con Estados Unidos y su impacto en el sector agropecuario colombiano: entre esperanzas e incertidumbres. (U. d. (UDES), Ed.) Revista Electrónica de la Facultad de Derecho, 1(1), 118-133. Recuperado el 06 de 06 de 2016, de <http://service.udes.edu.co/revistas/index.php/Lex-UDES/article/P6.pdf>
- Ochoa, L. (2016). Presentación del CIAT realizada en el Taller Nacional de Investigadores (TANI) de Corpoica. Melgar, Cundinamarca, Colombia. Recuperado el 2016 de 08 de 24
- OCyT. (2011). Indicadores ciencia y tecnología 2011. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- OCyT. (2015). Indicadores de Ciencia y Tecnología 2015. Colombia. Bogotá: Observatorio de Ciencia y Tecnología.
- OCyT. (2015). Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2015. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- OECD. (2015). Review of agricultural policies: Colombia 2015. OECD.
- OECD, D. c. (2011). Hacia un mecanismo para el diálogo de políticas de innovación: oportunidades y desafíos para América latina y el Caribe. OECD.
- OMC. (2016). Organización Mundial del Comercio (OMC). Recuperado el 10 de 07 de 2016, de <https://www.wto.org>
- OMPI. (2016). ¿Cuánto tiempo se tarda en obtener una patente? OMPI. Recuperado el 24 de 05 de 2016, de [http://www.wipo.int/sme/es/faq/pat\\_faqs\\_q4.html](http://www.wipo.int/sme/es/faq/pat_faqs_q4.html)
- OMPI. (s.f.). Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. Recuperado el 30 de 05 de 2016, de <http://www.wipo.int>
- OMPI. (S.F.). Principios básicos del derecho de autor y los derechos conexos. Ginebra, Suiza: OMPI. Recuperado el 10 de junio de 2016, de [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/intproperty/909/wipo\\_pub\\_909.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/intproperty/909/wipo_pub_909.pdf)
- Ortiz, A., & Reyes, M. (2009). Páramos en Colombia: un ecosistema vulnerable. Observatorio Grupo de Estudios en Economía política y medio ambiente. Bogotá D.C: Escuela de Economía. Universidad Sergio Arboleda.
- Perfetti, J., Balcázar, A., Hernández, A., & Leibovich, J. (2013). Políticas para el desarrollo agrícola en Colombia. Bogotá D.C: Sociedad Agrícola de Colombia - Fedesarrollo.
- Perry, S. (2014). Situación actual de la ciencia, tecnología e innovación agropecuaria en Colombia. Bogotá: en prensa.
- Perry, S. (en prensa). Informe de Extensión Rural en Colombia. Bogotá.
- PNUD. (2011). Colombia rural. Razones para la esperanza Informe Nacional de Desarrollo Humano. PNUD.
- PNUD. (25 de mayo de 2015). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - Colombia. Obtenido de <http://www.co.undp.org/content/dam/colombia/docs/ODM/undp-co-pueblosindigenasylosodm-2013-parte2.pdf>
- Portafolio. (7 de diciembre de 2005). El sector agrícola y la propiedad intelectual en el Tratado con E.U. Portafolio. Recuperado el 10 de 07 de 2016, de

<http://www.portafolio.co/economia/finanzas/sector-agricola-propiedad-intelectual-tratado-e-u-456642>

- Publicaciones Semana. (17 de 03 de 2016). Colombianos: ¡a patentar! Revista Semana.
- Quintili, M. (2012). Nanociencia y Nanotecnología... un mundo pequeño. Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos, 125-155.
- Ragauskas, A., Williams, C., Davison, B., Britovsek, G., Cairney, J., Eckert, C. . . . Tschaplinski, T. (2006). The Path Forward for Biofuels and Biomaterials. Science, 484-489.
- Rendón, J. (2012). La Unidad Económica Familiar Campesina (UEFC): conceptualización teórica general y dinámica en el contexto colombiano. Revista Libre empresa, N°18.
- Revista Dinero. (27 de 12 de 2015). Los extranjeros son los que más solicitudes de patentes solicitan en Colombia. Revista Dinero.
- Roffe, P., & Santa Cruz, M. (abril de 2006). Los derechos de propiedad intelectual en los acuerdos de libre comercio celebrados por países de América Latina con países desarrollados. (D. d. Naciones Unidas. CEPAL, Ed.) CEPAL - SERIE Comercio Internacional (70), 82. Recuperado el 30 de 05 de 2016, de [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4416/S2006610\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4416/S2006610_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Röling, N., & Engel, P. (1991). "IT from a knowledge system perspective: concepts and issues". European Seminar on Knowledge Management and Information Technology. Wageningen, Germany.
- SIB. (12 de 08 de 2016). Sistema de Información en Biodiversidad de Colombia (SIB). Obtenido de <http://www.sibcolombia.net/>
- SIC. (2001). Circular Única. Superintendencia de Industria y Comercio - SIC, Bogotá. Recuperado el 06 de 07 de 2016, de <http://www.sic.gov.co/drupal/circular-unica-sic>
- SIC. (2011). DECRETO NUMERO 4886. Bogotá. Recuperado el 20 de 05 de 2016, de [http://www.sic.gov.co/drupal/sites/default/files/files/Superintendente\\_Propiedad\\_Industrial.pdf](http://www.sic.gov.co/drupal/sites/default/files/files/Superintendente_Propiedad_Industrial.pdf)
- SIC. (2016). Procedimiento acelerado de patentes (PPH). Bogotá. Recuperado el 2016 de 07 de 08, de <http://www.sic.gov.co/drupal/procedimiento-acelerado-de-examen-de-patentes>
- SIC. (2016). Súper Intendencia de Industria y Comercio. Recuperado el 25 de 05 de 2016, de <http://www.sic.gov.co/>
- SIC. (s.f.). Compendio de normas sobre propiedad industrial. (S. I. (SIC), Ed.) Recuperado el 03 de 06 de 2016, de [http://www.sic.gov.co/recursos\\_user/documentos/compendio/Propiedad\\_Normas.pdf](http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/compendio/Propiedad_Normas.pdf)
- Solleiro, J. L., & Rosario, C. (2009). Competitividad y sistemas de innovación: los retos para la inserción de México en el contexto global. Temas de Iberoamérica, 165-197.
- Trigo, E., Pomareda, C., & Federico, V. (2012). Los INIA en ALC: desafíos para la innovación agraria. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA. Recuperado el 5 de septiembre de 2014, de [http://www.iica.int/foragro/Lima2012/Referencias%20y%20estudios%20previos/Los\\_INIA\\_en\\_ALC.pdf](http://www.iica.int/foragro/Lima2012/Referencias%20y%20estudios%20previos/Los_INIA_en_ALC.pdf)

UPOV. (2016). Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). Recuperado el 09 de 07 de 2016, de <http://www.upov.int>

Valencia, R., Lobo, M., & Ligarreto, G. (2010). Estado del arte de los recursos genéticos vegetales en Colombia: Sistema de bancos de germoplasma. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 11 (1), 85-94.

## Capítulo 8. Seguimiento y evaluación del SNCTA

Conpes 3080 de 2000. Política Nacional de Ciencia y Tecnología 2000 – 2002. Bogotá, D.C

Conpes 3294 de 2004. Renovación de la administración pública: gestión por resultados y reforma del Sistema Nacional de Evaluación. Bogotá, D.C.

Conpes 3582 de 2009. Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Bogotá, D.C.

Lemarchand, Guillermo (2010), “Sistemas Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina y el Caribe”, UNESCO, Estudios y Documentos de Política Científica en ALC, Vol. 1, Montevideo, Uruguay.

Ley Orgánica 152 de 1994. Por la cual se establece la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo. Bogotá, D.C

Plataforma Siembra, Observatorio del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología a Innovación en [www.simbra.gov.co](http://www.simbra.gov.co)

## Anexos

*Anexo 1. Actores del SNCTA*

*Anexo 2. Informes de vigilancia tecnológica publicados por la SIC*

## Anexo 1. Actores del SNCTA

Tipo de actor	Actor	
<b>i. Actores que coordinan, planifican y ejecutan la política de CTi sectorial:</b>	<b>A nivel nacional:</b>	
	Departamento Administrativo De Ciencia, Tecnología E Innovación - COLCIENCIAS	Programa de Ciencia y Tecnología Agropecuarias
	Departamento Nacional De Planeación - DNP	Dirección de Desarrollo Rural Sostenible
	Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural - MADR	Dirección de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria
		Oficina Asesora de Planeación y Prospectiva
	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS	Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbanos.
	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - MINCIT	Viceministerio de Desarrollo Empresarial
	Ministerio de Educación Nacional - MEN y otros ministerios	
	Organizaciones de cadena	
	Consejo Nacional de Política Económica y Social – CONPES	
	Consejo Asesor del Programa de CTI Agropecuarias de COLCIENCIAS	
	Comisión Nacional de Competitividad e Innovación	
	<b>A nivel regional:</b>	
	Gobernaciones y Secretarías de Agricultura Departamental	
	Consejos Seccionales de Desarrollo Agropecuario, Pesquero, Forestal, Comercial y de Desarrollo Rural – CONSEA	
	Comisiones Regionales de Competitividad – CRC	
	Comités Universidad-Empresa-Estado – CUEE	
	Comités Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación – CODECTI	
	Organizaciones de cadena departamentales o locales	
	<b>A nivel municipal:</b>	
Alcaldías Municipales	Secretarías Municipales de Agricultura	
Consejos Municipales de Desarrollo Rural – CMDR (Ley 101/1993)		
<b>ii. Actores que financian directa o indirectamente la CTi sectorial:</b>	Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural - MADR	Convocatorias de Asistencia Técnica, i.e. Incentivo a la Asistencia Técnica Directa Rural, Especial, Gremial.
		Convocatorias de programas y proyectos de CTi
		Líneas de crédito especial e incentivo a la capitalización rural a través de FINAGRO.
	Departamento Administrativo De Ciencia, Tecnología E Innovación - COLCIENCIAS	Convocatorias de riego y adecuación de tierras, directamente o a través de INCODER
		Convocatorias de programas y proyectos de CTi
		Convocatorias para formación de doctorados y maestrías
		Beneficios tributarios
	Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA	Fondo Francisco José de Caldas
		Programas de formación técnica, tecnológica y complementaria
		Fondo Emprender
Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - MINCIT	Red Tecnoparque Colombia	
	Capital Semilla Impulsa Colombia a través de Bancoldex	
	Programa de Transformación Productiva –PTP a través de Bancoldex	
	Líneas de crédito	
	Ángeles inversionistas	
	Fondos de capital	

Tipo de actor	Actor	
		Apoyos a exportadores a través de PROCOLOMBIA <sup>92</sup>
	Ministerio de Educación Nacional - MEN	Instituto Colombiano de Crédito Educativo y estudios en el Exterior - ICETEX Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación - ICFES
	Sistema General De Regalías - SGR	Fondo de ciencia, tecnología e innovación - FCTI Fondo de Compensación Regional – FCR Fondo de Desarrollo Regional – FDR Regalías Directas
	Fondos Parafiscales	Línea de capacitación y transferencia de tecnología Líneas de investigación
	Presidencia De La República	Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia – APC-Colombia, que capta recursos provenientes de la cooperación internacional como Gobiernos extranjeros
	Gobernaciones	
	Municipios a través de planes generales de asistencia técnica - PGAT.	
	Universidades	
	Empresas	
	<b>iii. Actores que regulan algunos aspectos relacionados con la generación y socialización de conocimiento:</b>	Súper intendencia de Industria y Comercio - SIC
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS		Acceso a recursos genéticos
Instituto Colombiano Agropecuario - ICA		Registro y certificación de materiales genéticos e insumos y registro de derechos de obtentor de variedades
<b>iv. Actores que generan conocimiento técnico:</b>	Centros de investigación y desarrollo tecnológico	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – INIA: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA Centros de investigación y desarrollo tecnológico del sector agropecuario de Colombia - CENI Centros y entidades de investigación internacional, i.e. Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT.
	Universidades	
	Otras entidades de investigación	ONG, fundaciones, entidades de apoyo, parques tecnológicos.
	Empresas, productores, gremios	
<b>v. Actores que acumulan los desarrollos de CyT, generalmente a través de sistemas de información y monitoreo:</b>	Departamento Nacional De Planeación - DNP	Sistema Nacional de evaluación de gestión y resultados – SINERGIA Seguimiento a proyectos de inversión - SPI Sistema de seguimiento a documentos CONPES – SISCONPES. Sistema unificado de inversión y finanzas públicas – SUIFP
	Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural - MADR	Red de información y comunicación estratégica del sector agropecuario – AGRONET Observatorio de empresas rurales Sistema de información de Gestión y Desempeño de las Organizaciones de Cadena - SIOC Sistema de Información y Gestión de Proyectos – SIGP Sistema integrado de gestión MADR - SIGMAR

<sup>92</sup> Anteriormente denominado PROEXPORT

Tipo de actor	Actor	
	MADR - CORPOICA	Observatorio del SNCTA Sistema de información de innovación agropecuaria - SIEMBRA
	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA	Sistema de Información Misional - SIM
	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA	Zonificación y determinación de uso del suelo.
	Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE	Sistema de Información de precios - SIPSA
		Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica - EDIT
		Encuestas sectoriales Estadísticas nacionales y regionales
	Departamento Administrativo De Ciencia, Tecnología E Innovación - COLCIENCIAS	Sistema integrado de gestión de proyectos - SIGP
		Sistema ScientI (InstituLAC, CvLAC, GrupLAC)
	Entidades públicas del orden nacional y regional	Sistema integrado de gestión - SIG
	MINCIT - PROCOLOMBIA	Centro de información y asesoría en comercio exterior - ZEIKY
Contraloría General De La Republica - CGR	Informes de interventoría y control fiscal	
Organizaciones no gubernamentales - ONG y entidades de apoyo	Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología - OCyT (Asociación mixta)	
	Sistemas de información de universidades	
<b>vi. Los actores que socializan y transfieren conocimientos:</b>	Asistentes técnicos	
	Unidades de Asistencia Técnica - UAT	UAT Gremiales
		UAT de programas especializados, i.e. Oportunidades Rurales y Alianzas Productivas del MADR
	Centros Provinciales de Gestión Agro-empresarial - CPGA	
	Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria - UMATA	
	Entidades Prestadoras de Servicios de Asistencia Técnica - EPSAGRO	
	Organizaciones no gubernamentales - ONG	
	Instituto Colombiano Agropecuario - ICA	
	Cooperación internacional	
	Gremios	
Organizaciones de productores		
<b>vii. Actores que demandan conocimiento técnico:</b>	Empresas	
	Gremios, Organizaciones No Gubernamentales y en general asociaciones de productores de distinto tipo que representan formas diversas de conocimiento y saberes que van desde niveles de conocimiento lego, conocimiento no formalizado y conocimiento experto.	
	Agricultores no organizados	
	Instituciones de control y vigilancia (ICA y otros)	
	Instituciones de formación	
Fuente: Corpoica, Observatorio SNCTA (2014).		

## Anexo 2. Informes de vigilancia tecnológica publicados por la SIC<sup>93</sup>

Categoría	No. Boletines/ alertas publicados	No. Boletines/ alertas de agroindustria	Detalle
1. Alimentos funcionales	3	3	Boletines: <ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentos funcionales con probióticos (2014)</li> <li>Alimentos Funcionales para deportistas (2014)</li> <li>Alimentos funcionales para el sistema cognitivo (2014)</li> </ul>
2. Autopartes	5	0	
3. Biocombustibles	5	5	Boletines: <ul style="list-style-type: none"> <li>Bioetanol biotecnología aplicada (2012)</li> <li>Tecnologías para una movilidad en beneficio del medio ambiente – Biodiesel de segunda y tercera generación (2011)</li> <li>Tecnologías para una movilidad en beneficio del medio ambiente – Biocombustibles y Biodiesel de Primera Generación (2011)</li> </ul> Alertas tecnológicas: <ul style="list-style-type: none"> <li>Biocombustibles avanzados (2013)</li> <li>Producción de hidrógeno a partir de biomasa y su uso en celdas de combustible (2013)</li> </ul>
4. Calzado	2	0	
5. Cárnicos	1	1	Boletín: Tecnologías en envases para productos cárnicos (2013)
6. Comunicación gráfica	3	0	
7. Cosméticos	5	2	Boletines: <ul style="list-style-type: none"> <li>Cosméticos para el cuidado de la piel de origen natural (2013)</li> </ul> Alertas: <ul style="list-style-type: none"> <li>Alerta sobre cosméticos capilares a partir de materias primas naturales de origen vegetal (2013)</li> </ul>
8. Defensa	2	0	
9. Desastres naturales	1	0	
10. Lácteos	2	2	Boletines <ul style="list-style-type: none"> <li>Uso del suero de leche en los alimentos y sus sustitutos (2013)</li> <li>Nuevas tecnologías en derivados lácteos (2013)</li> </ul>
11. Salud	7	1	Boletín: Productos Fitoterapéuticos (2015)
12. Tecnologías verdes	5	2	Boletines <ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnologías relacionadas con bioinsumos para banano (2014)</li> <li>Biofertilizantes (2014)</li> </ul>
13. Agroindustria	5	5	Boletines <ul style="list-style-type: none"> <li>Panela (2016)</li> <li>Piña: Mejoramiento genético y propagación (2015)</li> <li>Tecnologías relacionadas con invernaderos para flores (2014)</li> <li>Subproductos del Camarón (2013)</li> <li>Medición y alimentación en el cultivo de camarón (2013)</li> </ul>
14. Infraestructura vial	3	0	
i.			
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>21</b> (18 boletines, 3 alertas)	

Fuente: Cálculos propios con base en información SIC, 2016.

<sup>93</sup> Elaborado a partir de información en <http://www.sic.gov.co/drupal/boletines-tecnologicos> consultada el 3 de junio de 2016