

Retos de la ingeniería para el desarrollo tecnológico de la agroindustria

Engineering Challenges for Agroindustry Technological Development

Oscar Fernando Castellanos Domínguez^a, Sandra Lorena Fonseca Rodríguez^b, Diana Cristina Ramírez Martínez^c

PALABRAS CLAVES

Cadenas productivas agroindustriales, competitividad, desarrollo tecnológico, ingeniería, inteligencia tecnológica, prospectiva tecnológica

RESUMEN

La agroindustria en economías emergentes debe ser una prioridad estratégica para promover la competitividad. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, consciente de ello, lideró durante los últimos 5 años el proyecto "Agendas Prospectivas de Investigación y Desarrollo Tecnológico", para cadenas productivas. Esta iniciativa, mediante la implementación de un Sistema de Inteligencia, identificó demandas tecnológicas que al ser analizadas permitieron reconocer, para la disciplina de la ingeniería, un conjunto de retos centrados en el fortalecimiento de la agroindustria, los cuales deberán ser afrontados por los actores de la academia involucrados con el desarrollo tecnológico.

KEY WORDS

Agro-industry productive chains, competitiveness, engineering, technological development, technological intelligence, technological prospective.

ABSTRACT

Agroindustry in emerging economies should be a strategic priority to promote competitiveness. Aware of this, over the last 5 years, the Ministry of Agriculture and Rural Development have taken the "Prospective Agendas for Research and Technological Development" to productive chains. This initiative, through the implementation of an Intelligence System, identified the technological demands that when analyzed allowed engineers to recognize a set of challenges focused on strengthening the agricultural industry, which must be dealt with by academic actors involved in technological development.

a Ph.D, Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia. Director, Programa Interdisciplinario de Investigación y Desarrollo en Gestión, Productividad y Competitividad –BioGestión. Bogotá D.C., Colombia. ✉ ofcastellanosd@unal.edu.co

b Magíster en Administración. Investigadora, Programa Interdisciplinario de Investigación y Desarrollo en Gestión, Productividad y Competitividad –BioGestión. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. ✉ slfonsecar@unal.edu.co

c M.Sc., en Ingeniería Industrial. Investigadora, Programa Interdisciplinario de Investigación y Desarrollo en Gestión, Productividad y Competitividad –BioGestión. Coordinadora editorial, "Ingeniería e Investigación". Coordinadora del Centro de Apoyo a Publicaciones, Dirección de Investigación (DIB) y Docente OCNL, FCE, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. ✉ dcramirez@unal.edu.co

INTRODUCCIÓN

Dentro de las locomotoras para el crecimiento y la generación del empleo propuestas en el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 [1], se encuentra el sector agropecuario colombiano, el cual ha sido fundamental para el desarrollo social y económico del país, no sólo por aportar de forma significativa al PIB, sino adicionalmente por participar en la generación de riqueza a través de las exportaciones y la generación de empleo. Reconocer la importancia del sector agrícola plantea desde hace algunos años, la necesidad de realizar un direccionamiento estratégico, que permita generar acciones dinamizadoras tendientes a incrementar la actividad económica, aumentar los rendimientos y mejorar los niveles de calidad, haciendo más competitivo el agro colombiano. Con el fin de contribuir a ello, es necesario consolidar desde la ingeniería la incorporación de nuevas técnicas, métodos e insumos, que aumenten la eficiencia y la productividad de los sistemas y la comercialización de los productos; es por ello que, dentro del direccionamiento estratégico del sector, el desarrollo tecnológico toma relevancia.

En el país se han realizado diferentes esfuerzos encaminados a impulsar la variable tecnológica en el sector agropecuario mediante, por ejemplo, el fortalecimiento de la ciencia y la tecnología; reconocimiento que el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural -MADR ha hecho al mencionar que la empresarización de la agricultura exige inversión en ciencia y tecnología, para lograr incrementar los rendimientos, reducir costos y por esta vía, poder competir con otros países [2]. En este marco, Beintema y otros [3] mencionan que a principios de los 80, con el objetivo de identificar prioridades claras de investigación y extensión, el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA elaboró el Plan Nacional de Investigación Agropecuaria - PLA-

NIA y el Plan Nacional de Transferencia de Tecnología para la Agricultura - PLANTRA. En 1989, se creó el Sistema Nacional de Tecnología Agropecuaria - SINTAP, mientras que en el 95 se organizó el Programa de Transferencia de Tecnología Agropecuaria -PRONATTA que abarcaba dos componentes principales [4]: mejorar la capacidad de gestión de los organismos en los niveles municipal y regional, y reforzar las agencias privadas y públicas mediante la asignación competitiva de fondos públicos para la investigación y extensión agropecuaria.

El esquema de apoyo al SINTAP realizó transición hacia la consolidación del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agropecuaria - SNCyTA, como una estrategia más amplia propiciada desde el MADR. Luego de estas iniciativas y dado el carácter estratégico que tiene el sector agropecuario en las negociaciones comerciales internacionales para el país, y con el objeto de aprovechar las oportunidades de la apertura comercial, el MADR propuso a la Banca Multilateral trabajar en el Proyecto Transición de la Agricultura y el Medio Rural - PTA, mediante dos componentes: i) Conocimiento e innovación: el cual abarcó la cofinanciación de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, que son identificados en las cadenas productivas¹ mediante Agendas de Investigación y Desarrollo, y ii) Fortalecimiento del Sistema Nacional de Medidas Fitosanitarias y Sanitarias.

La dinamización de los esfuerzos anteriores ha requerido que entidades nacionales e internacionales destinen recursos para financiar la investigación que incide de manera directa y/o transversal en la mejora de los sistemas productivos. En Colombia, el MADR y Ciencias son los principales financiadores de las actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación - CTI agropecuaria, esencialmente con recursos públicos provenientes del presupuesto nacional y de créditos

1 A través de la Ley 811 de 2003 se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal y acuícola, entendiéndose por cadena el conjunto de actividades que se articulan técnica y económicamente desde el inicio de la producción y elaboración de un producto agropecuario hasta su comercialización final. Está conformada por todos los agentes que participan en la producción, transformación, comercialización y distribución de un producto agropecuario.

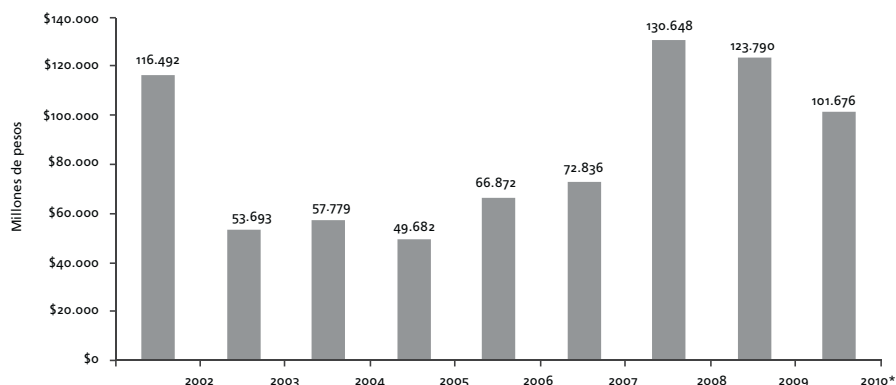


Figura 1. Inversión total en actividades de Ciencia y Tecnología por parte de MADR 2002-2010
*Recurso Apropriado. Fuente: Elaborado a partir de datos MADR [6]

externos. En la década 2000-2010, se presentó un aumento de los recursos disponibles para dicha actividad. Por una parte, los recursos de inversión en CTI del sector privado provienen de dos fuentes: la primera corresponde al aporte en efectivo entregado por los Fondos Parafiscales, para apoyar la cofinanciación de los proyectos, de la mano con el MADR; la segunda corresponde al aporte proveniente de la alianza sector investigador – sector productivo [5]. En la Figura 1 se presenta el total de la inversión del MADR en actividades de Ciencia y Tecnología. Por otra parte, Colciencias ha destinado recursos por \$73.610.085.373 para el financiamiento de investigación agropecuaria durante el periodo 1999 – 2007, siendo el programa de Ciencia y Tecnologías Agropecuarias el que mayor número de proyectos financia.

Como se evidencia, el direccionamiento estratégico de la CTI del sector agropecuario ha estado presente en las políticas de estado desde la década de los 80 y se posiciona como un elemento relevante para el desarrollo. El país ha comenzado a entender que invertir en CTI es fundamental para el progreso y para ser competitivos en los mercados. Lo anterior se refleja de forma categórica en el sector agropecuario, no sólo porque en los últimos 8 años se ha efectuado una inversión considerable en estos temas, sino porque adicionalmente se ha realizado un esfuerzo por au-

mentar los recursos públicos, mediante la gestión de recursos privados e internacionales. Continuar con la dinámica demandará no sólo que se incrementen sosteniblemente los recursos disponibles para inversión en CTI, sino que los ejecutores de dichos recursos (es decir, la capacidad investigativa del país, donde se incluyen los ingenieros), estén preparados y cuenten con las capacidades para responder a las necesidades tecnológicas prioritarias identificadas.

El presente artículo sintetiza los principales resultados de la implementación del mecanismo más reciente que se ha utilizado en el país para definir los requerimientos de inversión en CTI del sector agroindustrial colombiano: las agendas prospectivas de investigación y desarrollo tecnológico. Sobre la base del análisis de los principales resultados de las agendas, se identifica un conjunto de retos direccionadores para la ingeniería, los cuales se proponen sean considerados por los profesionales de la disciplina, con el objetivo de ofrecer soluciones pertinentes y sostenibles que dinamicen la competitividad de la agroindustria nacional.

AGENDAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA EL SECTOR AGROPECUARIO

Las agendas de investigación y desarrollo tecnológico, para el sector agropecuario colombiano, son un

mecanismo dinamizado por el MADR. La primera iniciativa, emanada en el año 2003, fue la definición de una Agenda de investigación única nacional, a través de la identificación de problemáticas tecnológicas inmediatas para cada cadena productiva. Para este fin, el MADR realizó 38 talleres regionales con el propósito de capturar las demandas de investigación, innovación y desarrollo tecnológico. Esto permitió integrar las necesidades de 25 cadenas productivas [7]. Se constituyó así en el primer paso para la priorización de demandas de investigación; sin embargo, el ejercicio resultó en la identificación de un gran número de problemáticas inmediatas con una visión de corto plazo. Ante ello, se evidenció la necesidad de tener un enfoque de largo plazo para la definición de agendas de investigación y desarrollo tecnológico, así como un mecanismo que permitiera un mayor nivel de priorización. Por tanto, y como respuesta desde una de las especialidades de la ingeniería del país, se incluyó desde el 2006 la orientación prospectiva, y se dio comienzo entonces a la construcción de la Metodología del MADR para la definición de Agendas de este tipo.

METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DE AGENDAS DE INVESTIGACIÓN PARA CADENAS PRODUCTIVAS

Definir en Colombia agendas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para cadenas productivas ha requerido de un proceso ordenado, lógico y sistemático que se concreta en una metodología específica y contextualizada para tal fin, que hoy es reconocida a nivel país. La metodología se estructuró tomando aportes tanto internacionales como nacionales. Como resultado, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural conjuntamente con el Grupo Bio-Gestión de la Universidad Nacional, generaron esta metodología que permite articular los resultados obtenidos a partir de la implementación de diversas herramientas de gestión tecnológica. La articulación se realiza a través de un Sistema de Inteligencia, orientado a direccionar el manejo de la variable tecnológica. Este sistema está basado en tres componentes o subsistemas estrechamente interrelacionados [8, 9], tal como se muestra en la Figura 2.

ALCANCE DE LA DEFINICIÓN DE AGENDAS ELABORADAS EN EL PERIODO 2006-2010

Bajo esta nueva metodología propuesta desde la ingeniería, y durante cinco años (2006 – 2010), se implementó un proceso estructurado en cuatro fases, cada una con una duración de 15 meses en promedio. Las cuatro fases fueron: i) ciclo piloto, en el cual participaron las cadenas de lácteos, piscicultura, forestal y cacao-chocolate, cuyas agendas finalizaron en el 2007; ii) ciclo uno, con participación de las cadenas de frutas (uchuva y mango), papa, palma, caucho, fique, camarón, aromáticas y carne bovina, ejecutadas durante el 2008; iii) ciclo dos, que abordó las cadenas de panela, flores, porcicultura, ovino-caprina, hortalizas, apicultura y algodón, cuyas agendas finalizaron durante el 2009, y iv) el ciclo regional, con las cadenas de pitaya en Valle del Cauca, granadilla en Huila, trucha en Antioquia y muebles de madera en Bogotá, y agendas finalizadas durante el 2010. Al realizar un análisis de la cobertura geográfica, que se alcanzó con las 24 cadenas seleccionadas, se encontró que 23 de los 32 departamentos fueron cubiertos, y que se presentó una concentración de los estudios en la región Andina y Caribe, en donde los departamentos de Valle, Antioquia, Cundinamarca y Santander abarcaron la mayor cantidad de cadenas productivas.

La definición de agendas de investigación y desarrollo tecnológico contempló, desde su inicio, la transferencia y apropiación de conocimiento de la metodología a los actores involucrados, ya que esto permite dar continuidad al proceso, así como fortalecer y generar capacidades endógenas no sólo de las cadenas, sino también del país, en herramientas para el direccionamiento estratégico de la ciencia, la tecnología y la innovación. De esta manera, la transferencia de conocimiento en el proceso se constituye en un aporte significativo y de valor agregado, pues adicional a la obtención de las agendas se dejó una capacidad instalada en el país. Como resultado del proceso de transferencia, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Universidad Nacional de Colombia otorgaron 59 certificaciones a las personas capacitadas.

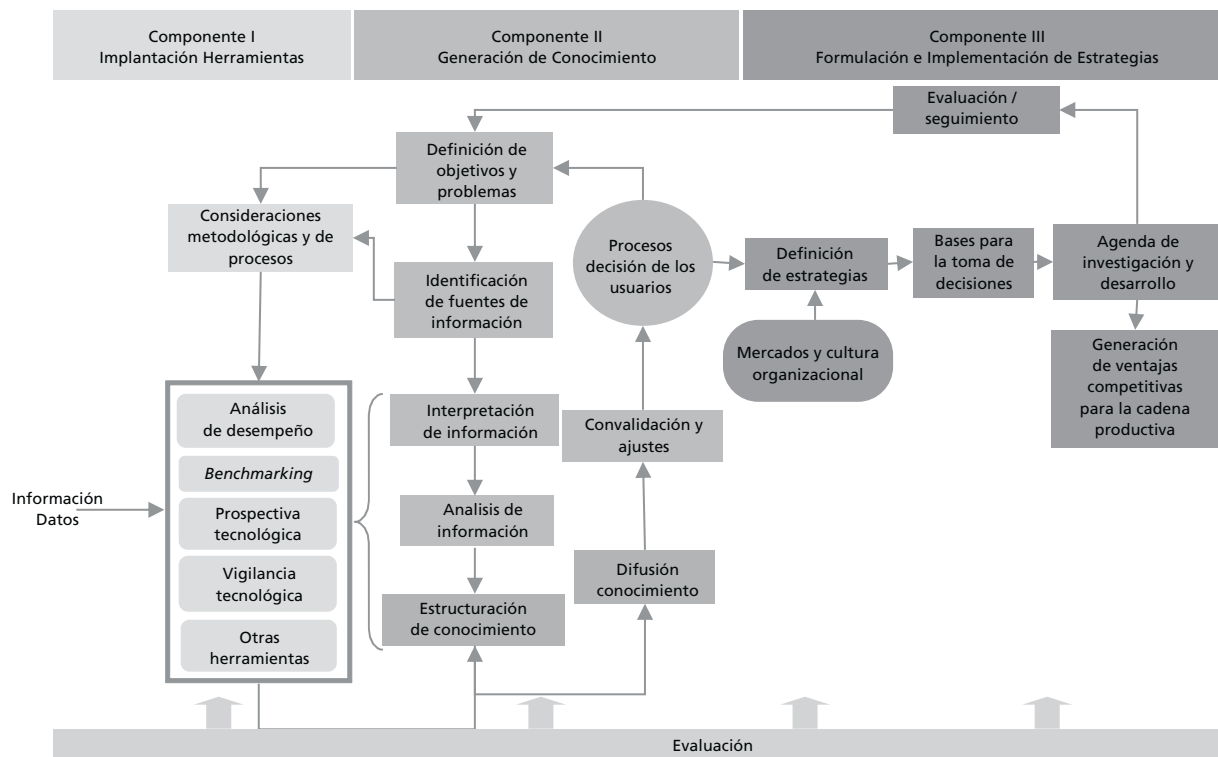


Figura 2. Sistema de inteligencia tecnológica para la generación de agendas de investigación y desarrollo [9]

LINEAMIENTOS TECNOLÓGICOS IDENTIFICADOS PARA LAS CADENAS PRODUCTIVAS AGROINDUSTRIALES

La construcción de las agendas de investigación y desarrollo tecnológico para las 24 cadenas productivas permitió identificar las principales demandas tecnológicas² y no tecnológicas que deben ser abordadas por los actores de las cadenas, a través de proyectos, para mejorar su competitividad. Los resultados de este direccionamiento estratégico, realizado durante 5 años, dieron a conocer 1033 bases de proyectos propuestas en las 24 agendas de investigación, correspondientes cada una de ellas a las cadenas mencionadas en el ítem anterior. Para realizar el análisis de estas bases de proyectos, se identificaron 9 categorías transversales, las cuales se presentan en la Tabla 1.

A manera de ejemplo —y en correspondencia con el CONPES 3668 de 2010 [10] del Informe de seguimiento a la Política Nacional de Competitividad y Productividad (Ley 1253 de 2008), que incluye en el Programa de Transformación Productiva como sectores de clase mundial a las cadenas de camarón, carne bovina, palma y cacao-chocolate, en las que se considera que con la incorporación de innovación y tecnología es posible generar una oferta de altísimo valor agregado— se describen en la Tabla 2 las bases de proyectos obtenidas para estas cuatro cadenas en el proceso de definición de agendas de investigación. Las bases de proyectos para las demás cadenas pueden ser consultadas en [12].

Los lineamientos tecnológicos identificados para las cadenas referenciadas, permiten observar que las ac-

2 Las demandas tecnológicas, según Lima y otros [11] corresponden a factores de naturaleza tecnológica, que limitan el desempeño y restringen el alcance de mejores niveles de eficiencia a partir del uso y explotación de la variable tecnológica.

Categorías transversales	Características de la base de proyectos
Mejoramiento de variedades y bancos de germoplasma	Mejoramiento genético de las diferentes especies (vegetales y animales) con el fin de obtener un desempeño competitivo, aumentando productividad y resistencia a plagas y enfermedades; y bancos de germoplasma para la conservación y caracterización del material genético.
Manejo sanitario y fitosanitario	Identificación de medidas de control y manejo, que contribuyen a la disminución de la incidencia y severidad de plagas y enfermedades.
Nutrición y alimentación animal	Asociados a las cadenas pecuarias (carne bovina, lácteos, porcicultura y ovino – caprino), con proyectos que involucran suplementación y modelos de alimentación; y a las cadenas piscícolas (tilapia, trucha y camarón) con proyectos que involucran el cómo contrarrestar la dependencia de la harina y aceite de pescado, mejorar la eficiencia alimenticia, y el desarrollo de dietas.
Insumos	Incremento en el rendimiento y la eficiencia en el uso de los insumos, desarrollo y utilización de bioinsumos, sustitución de insumos tóxicos, insumos procedentes del petróleo o de distribución controlada, y trabajo sobre las semillas.
Recurso hídrico	Riego, uso eficiente del agua y reducción del impacto ambiental sobre dicho recurso.
Producción amigable con el medio ambiente	Producción orgánica, medición del impacto ambiental generado por la actividad agropecuaria, mecanismos para reducir dichos impactos y medidas de adaptación al cambio climático.
Nuevos productos	Desarrollo de nuevos productos, trabajo en nuevas presentaciones, utilización de desechos o residuos para la obtención de subproductos, y reconocimiento de características nutracéuticas y funcionales en los alimentos.
Empaques y cadena de frío	Protección que se le da al producto para que conserve sus características durante su manipulación hasta llegar al consumidor final.
Estandarización de las actividades agrícolas	Construcción de protocolos, entendidos como una guía probada científicamente para la ejecución de procesos críticos; implementar buenas prácticas; y determinar requerimientos básicos de los cultivos.

Tabla 1. Categorías transversales para el análisis de las bases de proyecto

ciones hacia el desarrollo tecnológico de la agroindustria colombiana, están enfocadas principalmente desde el aporte de la ciencia básica, característica que se extiende a los resultados de las 20 cadenas restantes. Disciplinas como la ingeniería básica, aplicada y de escalamiento, desde donde es posible utilizar conocimientos para aprovechar económicamente los materiales, los recursos y las fuerzas de la naturaleza, y dar así un tratamiento más eficiente de la variable tecnológica, aún no se plantean con claridad y suficiente relevancia. Lo anterior evidencia que los diferentes actores involucrados en la generación de las agendas no reconocen suficientemente la importancia de la ingeniería en el desarrollo tecnológico y la competitividad de la agroindustria. Además, es significativo mencionar que a pesar de ser permanentemente convocadas, las facultades de ingeniería del país tuvieron una discreta participación en la construcción de las agendas y su relevancia en escenarios como los

Consejos Nacionales de las cadenas agroindustriales presentó el mismo comportamiento.

PRINCIPALES APORTES DEL DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO DE LA AGROINDUSTRIA COLOMBIANA

El direccionamiento del agro llevado a cabo durante los últimos años ha contribuido al planteamiento y priorización de acciones para el desarrollo tecnológico del país. Este proceso, financiado con recursos del Banco Mundial, logró la cohesión de 24 cadenas productivas hacia una visión de futuro y la creación de un escenario apuesta al año 2020, la visualización de demandas tecnológicas, la capacitación de más de 100 personas en la metodología de Inteligencia Tecnológica (entre los que se cuentan actores de las regiones del sector productivo, la academia y el Estado), y la culminación de una serie de actividades y bases de proyectos con una visión integral y sistemática

Categorías transversales	Cadenas productivas	Descripción de las principales bases de proyectos
Mejoramiento de variedades y bancos de germoplasma	Camarón	Mejoramiento genético que contempla el empleo de técnicas moleculares y la realización de un estudio de factibilidad para añadir sobrevivencia durante la larvicultura como criterio de selección.
	Palma	Cultivo de tejidos vegetales para clonación de palmas élites.
	Cacao-chocolate	Selección y evaluación de materiales resistentes probados con tolerancia a enfermedades en otros países, así como de materiales nacionales con características de alta calidad sensorial e industrial.
Manejo sanitario y fitosanitario	Camarón	Identificación de las cepas bacterianas de mayor patogenicidad en los laboratorios de larvicultura, mediante técnicas de cultivo dependientes e independientes. Realización de estudios de la respuesta inmune del camarón e investigación en la genómica de infecciones virales y bacterianas.
	Carne bovina	Determinación a nivel regional de la asociación entre seropositividad a agentes infecciosos y alteraciones reproductivas en ganaderías de carne y doble propósito. Evaluación del beneficio de la aplicación de vacunas contra DVB, IBR, PI3, Leptospirosis y Neosporosis en los parámetros reproductivos en ganaderías de carne y doble propósito.
	Cacao-chocolate	Manejo integral de la monilia.
Nutrición y alimentación animal	Camarón	Evaluación de productos de origen animal y/o vegetal para la sustitución de harina y aceite de pescado, se propone el cultivo de alimento fresco y el cultivo de biomasa de <i>artemia</i> . Empleo de probióticos para la disminución del Factor de Conversión Alimenticia (FCA). Desarrollo de dietas microencapsuladas o microparticuladas y de dietas secas.
	Carne bovina	Diseño de estrategias con base en forrajes para hembras destinadas a la reproducción y estrategias para optimizar el uso de henos en sistemas de pastoreo suplementados. Transferencia de modelos probados de alimentación animal a nivel regional, según los parámetros de edad y peso al sacrificio requeridos para reducir el tiempo de ceba, así como el desarrollo de sistemas de alimentación mejorados que reduzcan la emisión de metano por unidad de carne producida.
Insumos	Carne bovina	Diseño y evaluación técnico - económica de un sistema nacional de producción y distribución de semillas de especies forrajeras apropiadas para la alimentación del ganado.
	Cacao-chocolate	Identificación y evaluación de biocontroladores para el manejo de problemas fitosanitarios.
Recurso hídrico	Camarón	Implementación de cultivos de mínimo recambio de agua. Manejo de aguas residuales.
	Palma	Evaluación de alternativas para incrementar la eficiencia de los sistemas de riego.
	Cacao-chocolate	Establecimiento y diferenciación de sistemas de riego y sus costos.
Producción amigable con el medio ambiente	Carne bovina	Evaluación de los Sistemas de producción orgánica.
	Palma	Medición del impacto ambiental. Estudio de métodos de blanqueo, que no requieran la incorporación de tierras, ya que los residuos de este proceso generan contaminantes ambientales.
Nuevos productos	Camarón	Extracción de trealosa, quitina y quitosano para uso industrial para la utilización de desechos o residuos en la obtención de subproductos
	Carne bovina	Trabajo en productos de conveniencia, es decir alimentos para llevar y consumir fuera de casa o de rápida preparación y en productos preformados, reestructurados e inyectados. Generación de valor agregado y economías de escala para los coproductos (vísceras blancas y rojas) y subproductos de la faena (cueros, contenido ruminal, cálculos biliares, bilis, borlas, cachos, viriles, sangre, huesos, etc.).
	Cacao-chocolate	Desarrollo de un mapa de sabores, aromas y características funcionales del grano de cacao por región.
Empaques y cadena de frío	Carne bovina	Producción de empaques para productos cárnicos a domicilio. Evaluación de alternativas tecnológicas para los sistemas estacionarios y móviles de refrigeración y conservación de carne bovina en términos de eficiencia, impacto ambiental, costos y calidad.
	Camarón	Desarrollo de protocolos para las condiciones de producción de camarón en Colombia.
Estandarización de las actividades agrícolas	Carne bovina	Mejoramiento del bienestar animal.
	Palma	Estimación de manera general los requerimientos hídricos de cada uno de los cultivos.
	Cacao-chocolate	Desarrollo de buenas prácticas agrícolas como de manufactura.

Tabla 2. Resumen de los principales resultados del direccionamiento estratégico de las cadenas productivas de camarón, carne bovina, palma y cacao-chocolate en Colombia 2006-2010

del agro en Colombia. Por otro lado, se generaron algunas consideraciones, conclusiones y recomendaciones que aportan al cumplimiento de la Misión del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural: direccionar de forma estratégica el agro en Colombia; por ejemplo, se enfatizó en el desarrollo de la CTI orientada al mercado, así como en la valoración de: i) las externalidades en la construcción de las agendas, ii) los impactos de las agendas prospectivas, y iii) el conocimiento y su aporte real a la competitividad.

El escenario apuesta del sector agropecuario colombiano al año 2020, resultante del proceso de direccionamiento estratégico, incluye seis aspectos transversales: i) Social, Regulación y Política Pública, ii) Productivo, iii) Comercial y Mercadeo, iv) Organizacional, Capacidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico y Sostenibilidad Ambiental. En resumen, el escenario involucra los siguientes aspectos [12]: a) Mejoramiento de la calidad de vida de las personas en general y en especial de los productores del campo, debido a que se cuenta con un sector agropecuario moderno y competitivo, con una mayor participación en el PIB nacional, dada su mejora en la eficiencia y calidad de la producción, b) Como resultado de un sistema de CTI consolidado, se desarrolla material vegetal adaptado a las condiciones agroecológicas y se genera una base genética de buena calidad; se producen variedades con tolerancia y/o resistencia a patógenos y a cambios climáticos, c) El país cuenta con la producción de alimentos necesaria para satisfacer las necesidades de la población, pues se generan excedentes para exportación, lo que ha posibilitado el fortalecimiento y la consolidación del sector agropecuario colombiano, d) En un contexto en el cual el Estado colombiano propicia el desarrollo sectorial, mediante políticas activas de fomento, genera condiciones institucionales y reglas de juego claras para la articulación de las cadenas productivas, se cuenta con un alto grado de organización al interior de las cadenas, y una eficiente coordinación interinstitucional pública - privada que trabaja al servicio del sector, e) Se dispone de recursos necesarios para continuar

avanzando en la generación de conocimiento, debido a una inversión del 1% del PIB en ciencia y tecnología, lo que hace que el país cuente con los recursos económicos y las capacidades científicas y tecnológicas que demanda el sector agropecuario, y f) La preocupación por el medio ambiente y la sostenibilidad ambiental crece notoriamente en el país, de modo que la I+D aplicada al sector prioriza la comprensión de los impactos de la acción antropogénica sobre los ecosistemas para reducirlos y valora los servicios ambientales promoviendo el uso adecuado de la tierra.

El proceso de direccionamiento también permitió una visualización de las demandas tecnológicas y demandas no tecnológicas (organizacionales e institucionales) para la financiación del agro sobre las bases de proyectos. Finalmente, se plantea como reto transversal que desde la academia, pero con la anuencia explícita del Estado y los sectores productivos, debe iniciarse la *Definición concreta de la valoración del conocimiento y su aporte real a la competitividad*, entendiendo que éste debe estar al servicio tangible de la generación de valor y mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad, y no sólo a la concepción de productos académicos (artículos, ponencias, etc.) o intangibles.

RETOS DE LA INGENIERÍA PARA EL FORTALECIMIENTO DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA AGROINDUSTRIA

ARTICULACIÓN DIRECTA Y PERMANENTE ENTRE LA INGENIERÍA Y LA AGROINDUSTRIA

El análisis de las agendas de investigación para las cadenas productivas agroindustriales permite evidenciar que existen importantes necesidades tecnológicas, algunas de ellas transversales, las cuales están ampliamente documentadas en [12]. Durante este proceso, se observó que estas demandas, con enfoque prospectivo, son reincidentes. Sin embargo, examinando las capacidades científicas del país, se encuentra que de los más de dos mil grupos de investigación y desarrollo relacionados con el programa de ciencias agrícolas de Colciencias, así como de las cientos de

facultades de ingeniería y de los otros tantos grupos de investigación, prácticamente un porcentaje residual, menos del 3% de ellos están de manera explícita y sostenible relacionados con problemas de cadenas agroindustriales.

El tema del desarrollo tecnológico para el agro en Colombia, que debe ser transversal a todas las disciplinas de la ingeniería y en particular eje de ingenierías como la agrícola y la agropecuaria, denota una desarticulación significativa de la academia con las necesidades reales del agro, así como una falta de continuidad de los procesos de desarrollo, lo que se explicita en la mayoría de las cadenas productivas. Este es entonces, un gran reto para las facultades de ingeniería, los centros de desarrollo tecnológico, así como las diferentes entidades de CTI del país, las cuales deben diseñar programas estructurales que articulen grupos de investigación y entidades de conocimiento con los problemas del agro. En muchas ocasiones se piensa que la desarticulación es producto de la falta de recursos económicos; no obstante, ésta situación está principalmente relacionada con la carencia de visión y relevancia en la temática, que finalmente se muestra en la ausencia de patentes, falta de transferencia adecuada de tecnología y debilidad de un soporte ingenieril.

LA INGENIERÍA PARA LO EVIDENTE

En Colombia permanentemente el desarrollo tecnológico ha tendido a enfocarse a la solución de problemas de alta complejidad cuya respuesta implica una inversión de tiempo significativa, en ocasiones años, así como altos montos de recursos económicos, descuidando el aporte en necesidades evidentes que requieren respuesta en el corto plazo y posiblemente con menos recursos. El sector agro no es la excepción; sólo para mencionar un claro ejemplo identificado en el desarrollo de las agendas, “el efecto de la máquina quita manos” del cual se habla en cadenas como la de fique, café, caña de azúcar, entre otras; dicho efecto surge cuando se busca extraer o separar de la biomasa un jugo, un bagazo o la fibra, lo cual implica realizar una separación, por lo general,

a través de una máquina de molienda, de extracción o de trituración. La máquina, habitualmente, cuenta con diseños sencillos y vulnerables a modificaciones por parte del campesino, lo cual permite que con frecuencia los dispositivos de seguridad sean retirados para obtener mayores eficiencias y productividad, exponiendo al campesino al riesgo de ser mutilado. Concluir que el problema es del campesino sería una respuesta simplista; resulta más pertinente considerar ¿cuál ha sido la solución ingenieril de las academias colombianas para evitar estas realidades?, el reto aquí entonces es revisar la estructura del desarrollo tecnológico, dando desde la ingeniería solución también a los problemas simples pero significativos e impactantes en el desempeño exitoso del agro.

TENDENCIA AL FORTALECIMIENTO DE PROBLEMAS PUNTALES

Las pocas iniciativas razonablemente sostenibles, que ofrece la ingeniería a problemas de la agroindustria y que se evidencian en la creación de las agendas, demuestra la tendencia a tener grupos de investigación y desarrollo que buscan su fortalecimiento académico *per sé*, quedándose en el conocimiento básico, que se proyecta a su implementación en problemas puntuales. Las dinámicas de esa generación de conocimiento suelen ser muy lentas. Entonces, el desarrollo tecnológico en las escuelas de ingeniería termina convirtiéndose en el fin mismo, y sólo para el fortalecimiento de los grupos. Se deben promover mecanismos de desarrollo tecnológico como la transferencia de tecnología (entendida no sólo como la capacitación), sistemas de ingeniería inversa, de ingeniería concurrente, de apropiación de tecnología y otros más que busquen de manera eficiente que los desarrollos que se plantean en las diferentes entidades de ciencia y tecnología, universidades, CDTs y demás, conlleven a soluciones claras y funcionales en la agroindustria.

FORTALECIMIENTO DE LA INGENIERÍA EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS CONCRETOS

Como fue mencionado en los párrafos anteriores, el estudio de las 24 cadenas productivas, demostró

que existen problemas estructurales que podrían ser abordados por la ingeniería de manera integrada, pero que desafortunadamente no encuentra esfuerzos concretos y sobre todo evidencias que manifiesten que el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, las esté abordando con la suficiente responsabilidad y efectividad. Así por ejemplo, aspectos de trazabilidad, calidad, normalización, estandarización de procesos, manejo ambiental, canales de comunicación, abastecimiento, distribución y otros más, que podrían ser llevados a cabo al interior de estas entidades, no ofrecen desarrollos consecuentes. En este caso, existe un espacio para que ingenierías, como la industrial, de sistemas, de alimentos, ambiental, etc., de manera articulada planteen proyectos de nivel país.

PROMOCIÓN DE LA "ÉTICA EN LA INGENIERÍA" PARA LA AGROINDUSTRIA

Está claro que uno de los componentes fuertes para el desarrollo de los países es el de las obras civiles y de infraestructura. En Colombia, los últimos acontecimientos demuestran que en los años recientes este tipo de obras han estado permeadas por fuertes cuestionamientos éticos y de corrupción, lo que ha llegado a manifestarse (incluso en algunos medios de comunicación se menciona de manera tendenciosa) la existencia de "carteles de la ingeniería". Si bien, como se referenció al principio del artículo, la agroindustria ha sido promovida por el actual gobierno como una locomotora de desarrollo del país, debe blindarse su desarrollo tecnológico, para que no se interprete, en un futuro escenario, a la ingeniería como generador de prácticas incorrectas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014". Dirección Nacional de Planeación. República de Colombia. Fecha de consulta: 15 de junio. Disponible: <http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/PND/PND20102014.aspx>
- [2] "Memorias 2002 – 2006 Manejo Social del Campo". Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR, 2006. Fecha de consulta: 10 de julio de 2010, Disponible: <http://www.minagricultura.gov.co>
- [3] N. Beintema, L. Romano y P. Pardey. *I&D Agropecuario en Colombia: Política, Inversiones y Perfil Institucional*. Washington, EE.UU: Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias y Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, 2000.
- [4] "El fondo competitivo Pronatta: una estrategia para la promoción del desarrollo tecnológico agropecuario desde el nivel local y regional". O. Meneses Peña, 2000. Fecha de consulta: 5 de Octubre de 2010. Disponible: <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/rjave/mesa4/meneses.pdf>.
- [5] "Reporte de participación del sector productivo en las Convocatorias de C+T+I". Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR, 2009. Fecha de consulta: 10 de julio de 2010. Disponible: <http://www.minagricultura.gov.co/>
- [6] "Informe de rendición de cuentas Gestión 2002 – 2010". Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR, 2010. Fecha de consulta: 10 de julio de 2010, Disponible: <http://www.minagricultura.gov.co/>.
- [7] "Memorias 2006-2007". Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR, 2007. Fecha de consulta: 10 de julio de 2010. Disponible: <http://www.minagricultura.gov.co/>
- [8] O. Castellanos, L. Torres y J. Rosero. "Modelo Estructurado de Inteligencia Tecnológica para la Generación de Conocimiento y el Direccionamiento Estratégico del Sector Productivo". En *Memorias del IX Congreso Anual de la Academia de Ciencias Administrativas*. Mérida, México. 2005.
- [9] O. Castellanos, L. Torres y K. Domínguez. *Manual metodológico para la definición de agendas de investigación y desarrollo tecnológico en cadenas productivas agroindustriales*. Bogotá D.C., Colombia: Giro Editores Ltda., 2009.

- [10] “Conpes 3668 de 2010. Consejo Nacional de Política Económica y Social, Informe de seguimiento a la Política Nacional de Competitividad y Productividad, Ley 1253 de 2008”. República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación. Fecha de consulta: 13 de octubre de 2010. Disponible: <http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/LinkClick.aspx?fileticket=hbirGtyhEgM%3D&tabid=1063>.
- [11] S. M. G. Lima, A. M. G. Castro, O. Mengo, M. Medina, M. Maestrey, V. Trujillo, O. Alfaro. “La dimensión de entorno en la construcción de la sostenibilidad institucional”. *Serie innovación para la sostenibilidad institucional*. San José, Costa Rica: Proyecto ISNAR “Nuevo Paradigma”, 2001.
- [12] C. Uribe, S. Fonseca, G. Bernal, C. Contreras y O. Castellanos. *Sembrando innovación par la competitividad del sector agropecuario colombiano*. Bogotá, Colombia: Giro Editores Ltda., 2011.