

CAPÍTULO

1

ANÁLISIS DE PROCESOS DE BIOPROSPECCIÓN EN COLOMBIA

Carolina Cruz Martínez ^{2*}, Luz Stella Barrero ², Fernando Rodríguez², Erika Andrea Alarcón ², Lorena Mestra ², Héctor Arévalo ², María Victoria Zuluaga ², Claudia Betancur ²⁵, Xavier Fargetton², Alba Marina Cotes ²

La bioprospección debe entenderse como una inversión de fondo que genera beneficios relacionados con el propósito de cada programa, la información generada y la capacidad desarrollada en infraestructura y talento humano son la materia prima para procesos de investigación y desarrollo posteriores. En el mediano plazo, es posible fortalecer las industrias en sectores como los de producción de semillas, agroalimentario, de bioinsumos, de productos para la alimentación animal y en las áreas de salud humana y genética animal, es decir se pueden dar pasos sólidos hacia una bioeconomía. La bioprospección viene ligada al contexto del país desde el año 2011, al ser considerada como una de las locomotoras que jalona el desarrollo del sector agropecuario colombiano, como lo ha sido el café desde principios del siglo XX. Varios de los problemas sociales que ha padecido Colombia en el transcurso de los últimos cincuenta años, han estado relacionados con la falta de alternativas económicas sólidas y sostenibles en el sector rural.

La bioprospección puede contribuir en la identificación de los componentes de la agrobiodiversidad para aportar soluciones en temas como seguridad alimentaria y generación de empleo con calidad en el sector rural. Un ejemplo de esto se relaciona con el uso de la diversidad de especies nativas de cacao en Colombia, que puede contribuir al mejoramiento de la productividad y la calidad de los cultivos y de sus subproductos reconocidos a nivel internacional. La promoción de la diversidad de cacaos nativos podría favorecer la sostenibilidad del cultivo en términos ambientales y de producción en distintas ecorregiones del país, al suministrar la materia prima para el desarrollo de esta cadena agroalimentaria en los mercados nacional y de exportación.

La bioprospección, será una contribución al conocimiento sobre la agrobiodiversidad del país, en plantas, animales o microorganismos, con una amplia diversidad de objetivos (¿para qué buscamos?) y de objetos (¿qué buscamos?). Esta diversidad hará que la bioprospección pueda ser sencilla (v.g. la búsqueda de una nueva especie

* Corporación Colombiana de Investigación Colombiana-CORPOICA. cruzm.carolina@gmail.com
Ver información de autores en el Anexo 1

de *Heliconia* para el mercado de exportación de flores) o compleja (v.g. la búsqueda de microorganismos implicados en la movilización del fósforo en la altillanura), y prolongarse o acortarse en el tiempo. Rara vez es un fin en sí mismo, sino más bien el punto de inicio de procesos de investigación, desarrollo e innovación.

1.1. Contexto nacional

El país cuenta con documentos sobre bioprospección contruídos con la participación de varios actores nacionales (240 entidades y 560 participantes), donde ésta se define y se exaltan los logros que Colombia podría alcanzar como fruto de alianzas estratégicas que estarían dadas de acuerdo con las posibilidades y condiciones del momento (Melgarejo *et al.*, 2002 a; Melgarejo *et al.*, 2003). La bioprospección puede suplir parte de la demanda regional, nacional o mundial, y generar valor agregado a las cadenas productivas. La agrobiodiversidad colombiana permite generar ventajas competitivas con recursos promisorios que mediante un manejo adecuado de aspectos jurídicos, económicos, científicos, tecnológicos y comerciales, pueden posicionarse en mercados nacionales e internacionales (por ejemplo frutales o productos con denominación de origen).

La bioprospección es un proceso que involucra tres etapas o ejes (Melgarejo *et al.*, 2002b): i) Investigar (o conocer, a partir de las especies agrícolas, animales o microorganismos para obtener productos de alta calidad); ii) Transformar en producto (referente a todos los procesos que involucra la agroindustria (v.g. obtención de pulpas, semillas, conservas, procesamiento de leche, carne, otros) o las bioindustrias (v.g. plantas o animales mejorados genéticamente, bioplaguicidas, biofertilizantes, probióticos, prebióticos, aceites esenciales, entre otros) y iii) Comercializar (mercado regional, nacional e internacional).

Para avanzar en dicho proceso, se requiere el trabajo conjunto de los sectores académico, empresarial regional, nacional o internacional, comunitario y gubernamental; es igualmente necesario disponer de materia prima la mayor parte del año para sostener la demanda del mercado en productos no procesados (ejemplo frutas, vegetales, otros) y procesados (Melgarejo *et al.*, 2002 a y b). A continuación se mencionan algunos productos del proceso de bioprospección en Colombia:

- i. El café de Colombia (Federación de Cafeteros de Colombia) que en sus productos exhibe la denominación de origen “Café de Colombia”, famoso a nivel mundial y que se ha sostenido en el mercado por muchos años.
- ii. Los biofertilizantes y bioplaguicidas, que ya se comercializan en el mercado nacional (v.g. CORPOICA, Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional - Biocultivos S.A., empresas privadas).
- iii. Los productos amazónicos como el ají majiña (desarrollado a través de proyectos de investigación SINCHI-Universidad Nacional de Colombia (UN) - sector

productivo, y con el apoyo del programa de mercados verdes del Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial y COLCIENCIAS el cual tiene registro INVIMA (actualmente se comercializa a nivel local).

- iv. La fabricación de chocolate y dulces a partir de especies de *Theobroma* o cacao amazónicos (*Theobroma grandiflorum*- copoazú, *Theobroma bicolor*- cacao) a través de proyectos de investigación SINCHI-UN con el apoyo de COLCIENCIAS.
- v. El desarrollo de nuevos productos a partir de guayaba *Psidium guajava* en la provincia de Vélez (Santander), programa desarrollado entre UN – CORPOICA - sector productivo financiado por el MADR, el programa estuvo conformado por tres proyectos que cubrieron las dos primeras etapas de la bioprospección.

Hay muchos otros proyectos que se han venido desarrollando en Colombia con obtención de resultados promisorios para el sector productivo (productos en fresco, productos procesados, tablas de calidad, manejo de cultivos, entre otros) y que en todo caso generan valor agregado y fortalecimiento de la cadena productiva.

A pesar de los esfuerzos por consolidar la bioprospección en Colombia, se han identificado debilidades en el proceso, relacionadas con: la falta de conocimiento integrado (acercamiento de varias disciplinas); falta de la materia prima en la cantidad y calidad requeridas para suplir al sector agroindustrial; desarrollo agroindustrial escaso; logística de mercadeo deficiente (no es claro el nicho o segmento de mercado); campañas poco agresivas en ferias en ámbitos nacionales y principalmente internacionales para la compra de productos o subproductos en fresco o procesados con denominación de origen; falta mayor control de calidad de los productos; faltan normas más eficientes para el acceso a recursos genéticos y para la distribución justa y equitativa de los beneficios (CONPES de Biotecnología 3697); ausencia de estrategias que permitan la entrega de resultados más tangibles en el corto, mediano y largo plazo.

Para el desarrollo de los programas de bioprospección, el sector productivo debe desempeñar un papel preponderante desde el inicio; de igual manera se deben priorizar algunas especies por departamento o región del país, que se aborden desde una perspectiva multidisciplinaria, donde confluyan varias entidades académicas, de investigación, sector productivo, comunidades con apoyo gubernamental para dar inicio o continuidad a la generación de valor agregado y para el fortalecimiento de las cadenas productivas.

1.2. Contexto internacional

En el ámbito internacional algunos países han tenido iniciativas en programas enfocados a la generación de productos de origen biológico, empleados en farmacia, cosmetología, nutraceutica y fitosanidad, algunos de los cuales han tenido éxito, así como también dificultades para su ejecución. Dentro de los países que han trabajado en el desarrollo de este tipo de iniciativas están Brasil, Costa Rica, Chile,

Sudáfrica, México, España, Estados Unidos, Perú, Panamá, Argentina, entre otros (bioDevelopments-International Institute, 2004) (Quezada, 2007). En la Tabla 1 se describen ejemplos en los que se ha identificado la cadena de valor, que implica entender, crear y entregar valor.

Tabla 1. Ejemplos de programas de bioprospección a nivel internacional con su análisis de la cadena de valor.

Proyecto Bioprospección	Entendimiento del Valor	Creación del Valor	Entrega del Valor	Administración del Valor
<i>Extracta Moléculas Naturais Brasil, 1999</i> www.extracta.com.br	Aplicó la ciencia y la tecnología para aislar, caracterizar y obtener moléculas naturales para la generación de valor de productos farmacéuticos a partir de la gran diversidad de recursos vegetales que posee Brasil	Aplicó tecnología especializada para obtener moléculas precisas y compuestos puros. Alto nivel de organización en procedimientos de recolección. Implementación de la plataforma tecnológica, las políticas de licencias y otros aspectos comerciales. La investigación fue internalizada y externalizada, al igual que la producción.	Firmó contrato con la compañía farmacéutica Glaxo Smith Kline. Trabajó con empresas biotecnológicas como la Corporación Genzyme de EEUU. El CGEN (Consejo de Administración de Recursos Genéticos) dio las autorizaciones para la bioprospección, con políticas de beneficios para los propietarios de los materiales naturales recolectados y clasificados para sus productos.	Financiación propia, de fundaciones y del Estado. Alianzas entre universidades para fomentar la investigación. (Universidad Federal de Rio de Janeiro y Universidad Federal de Pará en Belém).
<i>Natura Cosméticos S.A. Brasil, 2004</i> www.natura.net	Empleó la ciencia y la tecnología para obtener extractos de nuez, manzanilla, cacao, guaraná, copaiba, palo de rosa, pitanga, andiroba, butiti, entre otros, para la elaboración de productos cosméticos.	Aplicó plataforma tecnológica propia para la investigación y el desarrollo de sus productos. La investigación y producción fue internalizada.	No ha firmado convenios ni alianzas, pero tiene políticas de responsabilidad social y de beneficios con la comunidad Iratapuru quien provee la materia prima.	Financiación propia. No ha tenido alianzas con universidades e institutos de investigación.
<i>Laboratorios Lisan S.A. Costa Rica, 2004</i> www.lisanr.com	Empleó la Investigación científica y tecnológica para aislar, desarrollar, producir y comercializar productos cosméticos, farmacéuticos y fitosanitarios de uso humano y veterinario a partir de recursos vegetales, con base en la etnobotánica, a partir de la biodiversidad de plantas en Costa Rica.	Aplicó tecnología para extraer los compuestos activos de las plantas y hacerlos disponibles. Las actividades de investigación y producción fueron internalizadas.	Firmó un acuerdo con el Instituto de Biodiversidad de Costa Rica (INBIO), para mejorar la capacidad e innovación de productos con patentes en proceso de producción y usos de sus compuestos. Se definieron los beneficios para los agricultores que producen materias primas.	Financiación propia y con préstamo sin intereses por parte de INBIO. Alianzas entre universidades para fomentar la investigación. (Universidad de Costa Rica y Universidad Nacional).
<i>Bioscan Chile, 2005</i> www.bioscan.cl	Aplicó la investigación científica y tecnológica a la obtención de moléculas pequeñas a partir de algas marinas para la sanidad vegetal y salud humana.	Contó con la infraestructura necesaria para las actividades de investigación y el desarrollo de sus productos.	Realizó alianzas para transferencia de tecnología con instituciones y empresas de Estados Unidos. Patentó un polisacárido de alga roja nativa de Chile, utilizado como bioplaguicida en plantas de tabaco.	Financiación propia. Contó con alianzas en universidades, hospitales y clínicas.
<i>KinaBiotech España-Perú, 2002</i>	Aplicó la investigación científica y tecnológica, con enfoque en la quinua para la producción de compuestos farmacológicos, nutracéuticos y cosméticos.	Contó con la infraestructura necesaria para la investigación y el desarrollo de sus productos de manera interna.	No ha firmado convenios ni alianzas. Contó con licencia del Instituto Nacional de Recursos naturales del Ministerio de Agricultura para acceso a los recursos genéticos. Definió políticas de beneficios con el grupo Aymara.	Financiación propia. No tuvo alianzas con universidades e institutos de investigación.

*Esta tabla continua en la página siguiente

Proyecto Bioprospección	Entendimiento del Valor	Creación del Valor	Entrega del Valor	Administración del Valor
<i>CSIR (Concejo de investigación científica e industrial) Sudáfrica, 2004</i>	Aplicó la investigación científica y tecnológica, con enfoque en el uso de su biodiversidad vegetal y el conocimiento indígena, para el tratamiento y prevención de enfermedades y la generación de productos farmacéuticos.	Contó con plataforma propia para el desarrollo de su investigación pero la producción y comercialización fueron externalizadas.	Firmó un acuerdo con la compañía farmacéutica Phytopharm. Patentó el desarrollo del producto P57 (contra la obesidad). Definió políticas de beneficios para el conocimiento indígena.	Financiación propia. Hizo alianzas con el instituto nacional de Biotecnología, el cual a su vez interactuó con otras instituciones científicas y universidades de Sudáfrica, para fomentar la investigación.
<i>Bioamazonia (Asociación brasilera para el uso sostenible de la biodiversidad de la Amazonia). Brasil, 2000</i>	Organización social creada para implementar la investigación científica y tecnológica. Su enfoque se basó en el uso sostenible de la biodiversidad de la Amazonia.	Las actividades de investigación fueron internalizadas y las de producción y comercialización externalizadas.	Firmó acuerdo con Novartis Pharma AG. Este acuerdo no fue consultado con el Concejo científico de la Bioamazonia y el Ministerio Brasiero del Medio Ambiente lo suspendió.	Contó con financiación del estado. No tuvo alianzas con universidades e institutos de investigación.
<i>Universidad de Georgia Estados Unidos - México, 1997</i>	Adelantó investigación científica con enfoque en plantas medicinales del Estado de Chiapas para descubrir medicamentos y preservar los conocimientos tradicionales de la comunidad Maya.	Las actividades de investigación fueron internalizadas y externalizadas.	Tenía definidas políticas de beneficios con la población Maya, a la cual entrenaron los investigadores, para la representación, recolección y etiquetado de las plantas tradicionales. Se presentaron problemas por dificultades con el idioma y mala interpretación por grupos de acción local, que lo consideraron engaño del ICBG para la explotación comercial.	Contó con financiación del ICBG (Internacional Cooperative Biodiversity Group) y con alianzas en universidades como ECOSUR en México.
<i>InBio (Instituto Nacional de Biodiversidad) Costa Rica, 1991</i>	Aplicó la Investigación científica y tecnológica a la biodiversidad para la detección, aislamiento y caracterización de sustancias químicas, extractos de plantas, metabolitos secundarios y genes para la generación de productos farmacéuticos.	Contó con plataforma propia para el desarrollo de su investigación. Las actividades de producción y comercialización fueron externalizadas.	Firmó acuerdo con Merck-Co, con el apoyo del Ministerio del Medio Ambiente y Energía (MINAE). El acuerdo definió políticas de beneficios para InBio y el MINAE.	Contó con financiación de Merck. No tuvo alianzas con universidades u otros institutos de investigación.
<i>Bioprospección como una herramienta para la Conservación, Desarrollo Humano y Económico Panamá, 1998</i>	Aplicó investigación científica y tecnológica enfocada en la bioprospección de los microorganismos, transgénicos y plantas para usos industriales.	Contó con equipos de alta tecnología y personal calificado. La investigación fue internalizada y externalizada, al igual que la producción.	Firmó acuerdos con el ICBG, SNS (Instituto Nacional de Salud), NSF (National Science Foundation), USDA (Departamento de Agricultura de EE.UU.), DOE (Departamento de Energía), y NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica). Contó con el apoyo de la Autoridad Nacional de Panamá del Medio Ambiente (ANAM), para facilitar el acceso a los recursos biológicos. Desarrolló productos contra enfermedades tropicales como la malaria, chagas y leishmaniasis, cuatro pre-patentes y 46 publicaciones en revistas científicas.	Financiación del Estado y alianzas con el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, el Instituto Scripps de Oceanografía, la universidad Nacional de Panamá, Universidad de California, Universidad de Utah, Universidad de Arizona, Universidad de California y la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación (INDICASAT).
<i>Los microorganismos del ecosistema marino de la Corriente de Humboldt: una fuente potencial para aplicaciones Biotecnológicas Chile</i>	Proyecto de investigación científica y tecnológica de la Universidad de Concepción de Chile, basado en el alto potencial de los recursos genéticos y las comunidades microbianas del ecosistema marino para aplicaciones biotecnológicas e industriales.	Contó con modernas instalaciones para la investigación genómica de las comunidades de microorganismos. La investigación fue internalizada.	No ha firmado acuerdos con otras empresas para iniciar la etapa de producción, pero requiere de políticas de derechos de propiedad intelectual. Aisló e identificó especies del ecosistema marino y creó un banco de cepas, y/o banco de genes.	Financiación propia. No contó con alianzas para el desarrollo de su investigación.

*Esta tabla continua en la página siguiente

Proyecto Bioprospección	Entendimiento del Valor	Creación del Valor	Entrega del Valor	Administración del Valor
<i>La biodiversidad, biomasa y bioproductos para el desarrollo regional sostenible y el desarrollo agroindustrial. Argentina</i>	Aplicó la investigación científica con enfoque en la importancia agrícola de la producción de caña de azúcar y el uso de la vinaza para la producción de bioetanol y fertilización de suelos.	Contó con recursos técnicos y humanos de alta calidad cuyas actividades de investigación fueron internalizadas.	Firmó acuerdos de colaboración con empresas. Contó con acuerdos de confidencialidad para proteger los derechos de propiedad intelectual.	Financiación propia. Contó con el equipo de investigación de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres de Tucumán
<i>Aplicaciones biotecnológicas de la microbiota de suelos semiáridos del Estado de Bahía Brasil</i>	Investigación científica enfocada en el potencial industrial y farmacológico de comunidades de microorganismos presentes en suelos semiáridos del Estado de Bahía, caracterizados por ser poco profundos, pedregosos y arenosos.	Contó con la infraestructura y equipos de alta tecnología para realizar ensayos metagenómicos. Las actividades de investigación fueron internalizadas y externalizadas.	Firmó acuerdos estratégicos con pequeñas y medianas empresas de biotecnología a nivel nacional e internacional e hizo un consorcio con tres instituciones brasileñas para complementar la experiencia y la infraestructura necesaria. Creó una base de datos de genes con potencial industrial de los microorganismos presentes en estos suelos.	Financiación del Estado. Tuvo alianzas con la Universidad Estadual de Feira de Santana (UEFS) y la Universidad Estadual de Santa Cruz (UESC). Se apoyó en Laboratorios de investigación en Microbiología (LAPEM), centros con experiencia en Microbiología, Biología Molecular, Bioquímica, Bioinformática, Genómica y Proteómica.

Para la ejecución de estos programas, se desarrollaron cadenas de valor con la creación y entrega del mismo, lo que permite implementar un proceso de entendimiento del valor y la identificación de nuevas oportunidades para generarlo, estableciendo el tipo de enfoque de aplicación científica o tecnológica, efectuando la planificación y ejecución de actividades de investigación y desarrollo, para lo que se identifica cual de éstas es necesario externalizar. Finalmente, en el proceso de entrega de valor se define qué modelo de transferencia de tecnología se debe emplear, ya sea de manera independiente, con empresas con capital de riesgo, empresas del estado o acuerdos con corporaciones; igualmente se deben gestionar los aspectos de propiedad intelectual, patentes, *know-how* y el marco legal aplicable. En la administración de la cadena de valor intervienen aspectos como el tipo de financiación del programa, la supervisión de las actividades de operación y la existencia de asociaciones con otras entidades públicas o privadas.

1.3. Factores de éxito y limitantes

Es importante considerar en el caso de los programas de bioprospección los principales limitantes que han afectado el desarrollo de las iniciativas o la llegada de los productos generados al mercado. Los más mencionados en las experiencias internacionales son: i) la falta de coordinación entre lo técnico, lo científico, la valorización de los productos o de las tecnologías generadas y el mercado; ii) no se caracteriza el cliente desde el inicio de la propuesta; iii) se hacen desarrollos sobre productos no escalables; iv) la legislación es adversa o hay vacíos de orden legal para el desarrollo y explotación de los resultados. En el caso específico de Colombia, además de lo mencionado

anteriormente se deben considerar limitantes adicionales como: v) la escasa masa crítica; vi) el hecho de que no se asignan recursos financieros suficientes para llevar a cabo proyectos de mediano y largo plazo; vii) el apoyo a la investigación en temáticas específicas no constituye una política de Estado sino del Gobierno de turno; y viii) la infraestructura física y de equipos especializados es limitada.

En relación con los factores claves de éxito que globalmente inciden sobre los logros en biotecnología y bioprospección, tales como la necesidad de que haya una visión integral (de toda la cadena de valor) y no un enfoque parcial, se logra con aproximaciones multidisciplinarias, alcanzando la comprensión de la creación de valor y el establecimiento de objetivos claros y focalizados con una estrategia de diferenciación inequívoca. En relación con la estrategia de investigación, desarrollo e innovación, ésta debe mantener el equilibrio entre la generación de capacidades técnicas y de desarrollo, disponiendo de alianzas científicas y técnicas que cubran toda la gama de conocimientos especializados necesarios. Con respecto a la producción y manufactura de los productos, el escalamiento industrial debe ser una etapa viable para lograr una producción eficiente y rentable. Ésta debe contar con una propuesta de valor demostrable, con una perspectiva real, que garantice el impacto económico, social y ambiental para su comercialización, disponiendo de una estrategia de marketing, la cual logre la financiación de este tipo de iniciativas, lo que requiere de reglas claras, establecidas desde el inicio de los acuerdos con los diferentes actores. Lo anterior debe estar soportado por un marco legal a nivel nacional que propicie y estimule las investigaciones en materia de biotecnología y bioprospección y que genere incentivos para las instituciones y para los investigadores que hagan aportes significativos en materia de conocimiento y uso sostenible de la biodiversidad.

1.4. Demanda del mercado para el sector agropecuario

1.4.1. Tendencias mundiales

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, 2009), representada por 30 gobiernos (Australia, Bélgica, Canadá, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, Japón, México, Holanda, Nueva Zelanda, Portugal, Turquía, Reino Unido y Estados Unidos, entre otros), las ciencias biológicas son el motor para la innovación y la sostenibilidad en las economías, a través del desarrollo de nuevos procesos y productos. La OECD ha llamado a este desarrollo “bioeconomía” y ha establecido como necesidad fundamental un marco político para captar y aumentar los beneficios de la misma, en el cual tanto el sector público como el privado deben participar a través de un diálogo abierto e incluyente. Señala además, que el pleno compromiso con los ciudadanos es fundamental para facilitar la transición a una economía que dependa de la segunda revolución de la tecnología de finales del siglo XXI, la bio-revolución.

¿Qué posibilidad existe para que diferentes biotecnologías (que surgen a partir de bioprospección y tienen aplicaciones en la actualidad) sean un éxito comercial para el año 2030? Según la OECD (2009), dos son los factores claves: la velocidad a la cual la investigación biotecnológica produce innovaciones exitosas y los cambios en las políticas institucionales y de regulación. En investigación se asume que son necesarios largos periodos de tiempo para desarrollar un descubrimiento que tenga aplicación comercialmente viable. Además, no es posible hacer desarrollos biotecnológicos cuando el marco legal de regulación es limitante y cuando las condiciones institucionales no son propicias. En la tabla 2, se mencionan algunos tipos de nuevas biotecnologías relacionadas con el sector agropecuario que tienen mayor probabilidad de estar disponibles en el año 2030.

Tabla 2. Algunas biotecnologías relacionadas con el sector agropecuario con alta probabilidad de alcanzar el mercado en 2030 (modificado de OECD, 2009)

Producción primaria	Salud	Industria
Uso generalizado de selección asistida por marcadores o genómica (MAS) en mejoramiento de plantas, ganado, peces y mariscos.	Muchos productos farmacéuticos nuevos y vacunas, basadas en conocimientos biotecnológicos, reciben aprobación de comercialización cada año.	Enzimas mejoradas para una amplia gama de aplicaciones en industria química.
Variedades modificadas genéticamente (GMO) de los principales cultivos y árboles con mejor almidón, aceite, y contenido de lignina para mejora de procesamiento industrial y producción.	Nuevos productos nutracéuticos, algunos de los cuales serán producidos por microorganismos modificados genéticamente y otros de plantas o extractos marinos	Mejora de los microorganismos que pueden producir un número mayor de productos químicos en un solo paso, algunos de los cuales se basan en genes identificados a través de la bioprospección.
Variedades mejoradas de los principales cultivos alimenticios y forrajeros con mayor rendimiento, resistencia a las plagas y tolerancia al estrés generadas mediante GMO, MAS, intragenésis o cisgenésis.	Seguridad alimentaria por el incremento en la producción y calidad de las cosechas.	Biocombustibles de alta densidad de energía producidos a partir de la caña de azúcar y fuentes de biomasa ricas en celulosa.
Clonación de animales de alto valor genético y mejoramiento.	Productos de origen animal con alta calidad nutricional y funcional	Producción de alimentos con materias primas de alta calidad nutricional.

En relación con los retos para la investigación agrícola, la OECD (2011) considera como promotores globales, la seguridad alimentaria, el clima y los cambios ambientales. De las doce áreas consideradas prioritarias cabe destacar algunas relacionadas con el sector agropecuario en las cuales la bioprospección puede desempeñar un papel preponderante, como son: Sistemas de producción animal, relacionados con la creciente demanda de proteína animal debido al aumento de los niveles de vida en todo el mundo; los bio-procesos y bio-productos, (con macro y microorganismos), relacionados con la creciente demanda de productos con prácticas agrícolas biológicamente racionales; la agrobiodiversidad, en relación con su conservación, uso sostenible y las políticas de acceso y distribución equitativa de beneficios; y la

seguridad alimentaria, relacionada con la demanda mundial de alimentos, la cual está experimentando grandes cambios en la cantidad y estructura y aumentará notablemente junto con los cambios demográficos.

1.4.2. Tendencias de consumo

Los cambios en estilos de vida, demografía, apertura de mercados, formas de trabajo y exigencias de calidad han promovido una marcada diferencia en el tipo de productos que quiere el consumidor, cuyas demandas hacia los productos agropecuarios son cada día más exigentes. El consumidor desea que los productos sean de fácil y rápida preparación, frescos, saludables, de larga duración, con empaques llamativos y que brinden información, y a su vez contengan la menor cantidad posible de químicos y sean procesados con alta calidad.

Existe un marcado interés para que los productos agropecuarios promuevan beneficios a la salud y generen bienestar. Dentro de esta tendencia se pueden destacar intereses a nivel mundial como son:

- Alimentos saludables, naturales, con buena apariencia y alta calidad nutricional
- Productos 100% naturales. Reducción del uso de aditivos e ingredientes químicos
- Productos frescos y de larga duración o mínimamente procesados.
- Agricultura libre de agroquímicos - Ecológica
- Alimentos funcionales, fortificados, enriquecidos, con altos contenidos de fibra, dietéticos, y energéticos.
- Seguridad en la calidad de los alimentos de acuerdo con las normas vigentes de cada país.
- Nuevos productos anti-envejecimiento, para la piel, el cerebro y la memoria.
- Interés por productos sofisticados, y buena disposición frente a la variedad y lo exótico con responsabilidad hacia el medio ambiente y la ecología.
- Utilización de la biotecnología para mejorar características nutricionales, promover especies con resistencia a plagas y enfermedades, aumentar productividad agropecuaria, identificar nuevos usos y aplicaciones para la industrialización, entre otros.
- Productos nutraceuticos, biocosméticos y biofarmacéuticos, asociados a la consecución de ingredientes naturales diferenciados en especial de aquellos que no pueden ser cultivados o extraídos en países de la Unión Europea, Asia y Estados Unidos, y con principios activos que cumplan funcionalidades especiales de salud y bienestar.

Entre estas grandes tendencias se pueden resaltar mercados como el agrícola donde se encuentran nuevas oportunidades de negocios alrededor de bioinsumos, aditivos funcionales para alimentación animal, agricultura sostenible, bioremediación de suelos y aguas, reproducción *in vitro*, semillas mejoradas con biotecnologías de punta

(transgénicos o selección asistida por genómica). Todos estos negocios requieren de la bioprospección para la caracterización de especies, para su aprovechamiento y su valorización comercial. En 2009 se reportaron a nivel mundial 134 millones de hectáreas con cultivos transgénicos, un 7% más que en 2008. A nivel alimentario se desatacan oportunidades de alimentos funcionales, nutracéuticos, pre/pro-bióticos, así como la caracterización de aromas, sabores, colores, vitaminas, proteínas y antioxidantes, entre otros, para el aprovechamiento en otras industrias.

Las ventas de alimentos funcionales en el mercado de Estados Unidos fueron de US\$ 59.000 millones en el año 2009. A nivel de la industria se destacan oportunidades en biocosméticos con funcionalidad para el cuidado de la piel, anti-edad, protección UV, entre otros. Las ventas globales esta industria fueron de US\$ 290.000 millones y el segmento verde u orgánico representó cerca del 10% de las ventas con un crecimiento del 20% anual. A nivel pecuario se destacan oportunidades en razas bovinas criollas, con apuestas de trazabilidad y denominación de origen y resistencia a enfermedades.

De acuerdo con estas tendencias, se destacan oportunidades a nivel agrícola para las frutas, hortalizas, hierbas aromáticas y medicinales en el mercado nacional e internacional como sectores no tradicionales de exportación. El mercado nacional cada vez está más abierto a temas de seguridad alimentaria y al incremento de consumo de frutas y hortalizas de la población con campañas como las de “5 al día” y se evidencia una tendencia creciente del consumo de alimentación saludable y productos naturales. En el mercado internacional existe la disposición para nuevos sabores, nuevas funcionalidades y productos orgánicos y de comercio justo.

La Unión Europea (UE) tiene unas consideraciones claras de preferencia sobre los productos exóticos y orgánicos. La estacionalidad de la producción local en Europa abre también oportunidades para algunos productos, como hortalizas que pueden ser producidas en condiciones programadas y con características de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y de producción orgánica. De la misma forma, algunos productos procesados de frutas, hortalizas o tubérculos son atractivos para este mercado. El mercado de Estados Unidos tiene unas características especiales de cercanía y de perfil de consumidores en algunas regiones, que aseguran un nivel de éxito de los productos con características étnicas. Los productos frescos, particularmente las frutas exóticas, no tienen facilidad de entrada, contrario a los productos transformados que no tienen tantas restricciones impuestas por las autoridades sanitarias. Por su parte, el mercado del Caribe posee unas consideraciones de cercanía, tamaño y tipo de demanda que lo convierten en destino importante.

Lo anterior hace necesaria la aplicación de herramientas biotecnológicas desde la bioprospección que permitan conocer, conservar y aprovechar la oferta agrícola y pecuaria que tiene el país para su valorización y explotación sostenible generando así valor agregado en mercados especializados y un desarrollo económico nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- BioDevelopments-International Institute (2004). IP Strategy Today, [on line]. [Referent Date: Septiembre 10 de 2012]. From: <http://www.biodevelopments.org/ip/ipst11.pdf>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. Departamento Nacional de Planeación (2011) Política para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad. República de Colombia. CONPES de Biotecnología 3697. 36 pp.
- Melgarejo LM, Sánchez J, Chaparro A, Newmark F, Santos M, Burbano C, Reyes C (Eds) (2002 a) Aproximación al estado actual de la bioprospección en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Invemar. 334p.
- Melgarejo LM, Sánchez J, Reyes C, Newmark F, Santos M (2002b) Plan nacional en Bioprospección continental y marina (propuesta técnica). Universidad Nacional de Colombia, Invemar. 122pp.
- Melgarejo LM (2003) Bioprospección: Plan nacional y aproximación al estado actual en Colombia. En: Acta Biológica Colombiana. 8(2):73-86.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2009) "The bioeconomy to 2030 Designing a Policy agenda." Challenges for Agricultural Research. [on line]. [Referent Date: Agosto de 2012]. From: www.sourceoecd.org/generaleconomics/9789264038530.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2011) "Challenges for Agricultural Research." [on line]. [Referent Date: Agosto de 2012]. From: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264090101-en>. 301p.
- Quezada F (2007) Status and potential of commercial bioprospecting activities in Latin America and the Caribbean. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) - Serie Medio Ambiente y Desarrollo No 132. Santiago, Chile. 68pp.