

CAPÍTULO

2

**ANTECEDENTES DEL
PROGRAMA NACIONAL EN
AGROBIOPROSPECCIÓN**

Alba Marina Cotes ^{2*}, Carolina Cruz Martínez ², Carolina González ², Felipe Borrero ², Fernando Rodríguez ², Hugo Jiménez ², Lorenzo Peláez ³, Luz Stella Barrero ², Mario Lobo Arias ⁴, Rodrigo Martínez ², Xavier Fargetton ²

2.1. Introducción

La biodiversidad y la agricultura son indisolubles, la integración de productos derivados de ésta representa una opción viable para mejorar la producción agropecuaria y el desarrollo de aplicaciones que permitan el avance económico y social de Colombia, si se tiene en cuenta la megadiversidad del país y su vocación agrícola.

En el documento CONPES de Biotecnología 3697 de junio de 2011, se privilegian abordajes innovadores que involucran la bioprospección y la biotecnología para el cierre de brechas tecnológicas, para mejorar la productividad del sector y para generar productos diferenciales con valor agregado que impacten el mercado.

Es factible desarrollar productos y soluciones tecnológicas para el sector agropecuario con énfasis en: a) el manejo de problemas fitosanitarios mediante el mejoramiento genético o el uso de bioproductos alternativos, b) el manejo de factores abióticos mediante mejoramiento genético o el uso de bioproductos, c) la mejora de la calidad mediante la búsqueda de atributos nutricionales, nutraceuticos y organolépticos superiores, d) la garantía de la inocuidad mediante el reemplazo de productos químicos actualmente utilizados para la producción agrícola y pecuaria que generan contaminación ambiental, residualidad o que inciden significativamente en los costos de producción y e) la transformación de los productos o de los desechos generados por la agroindustria para darle valor agregado al sector.

En el contexto del Plan Nacional de desarrollo 2010-2014 y el CONPES de Biotecnología 3697 de Junio de 2011 se contempló la estructuración de una iniciativa de bioprospección para el sector agropecuario del país que contó con la participación de una red primaria conformada por investigadores, académicos y miembros

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA. amcotes@corpoica.org.co
Ver información de autores en el Anexo 1

de diferentes instituciones y universidades, representantes de asociaciones de productores, de profesionales del sector y de entidades gubernamentales tales como el MADR y COLCIENCIAS.

En este capítulo se describe el propósito de esta iniciativa, su justificación en relación con las oportunidades de la agrobiodiversidad y la bioprospección para el sector agropecuario colombiano, con énfasis en las cadenas productivas y en las demandas del mercado. Se incluye el análisis de las demandas establecidas en los documentos de prospectiva disponibles para 23 de las 37 cadenas productivas existentes en el sector, que permitió definir tres áreas temáticas transversales con las que se podrían hacer aportes significativos desde la bioprospección y la biotecnología: **i) Calidad nutricional y funcional (demandada por un 61% de las cadenas consultadas); ii) Reemplazo de productos químicos (83%) y iii) Respuesta a factores bióticos y abióticos (96%)**. Adicionalmente, se describen los criterios de factibilidad e impacto definidos con la red primaria que contribuyeron a la conformación del programa de agrobioprospección para el desarrollo del sector agropecuario a partir de lo cual se consolidó un proyecto de plataforma de capacidades para las regiones y cuatro proyectos piloto en una primera fase.

2.2. Programa de Agrobioprospección para el desarrollo del sector agropecuario de Colombia

2.2.1. Propósito

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. Los productos generados podrían incluir compuestos bioactivos, enzimas, genes de defensa o calidad, bioplaguicidas, biofertilizantes y aditivos funcionales con aplicaciones potenciales en otras cadenas productivas. El modelo propuesto contempla la integración de las regiones y los grupos de investigación, que actualmente trabajan de manera dispersa, y el aprovechamiento de las sinergias con miras a un objetivo común. Éste propone la integración y fortalecimiento de las capacidades nacionales (alianza sector productivo-investigativo-académico) tanto en biotecnologías de punta como en el uso de biotecnologías tradicionales, mediante el soporte técnico para realizar bioprospección y el establecimiento de una red de laboratorios y centros nacionales, que permita abordar de forma multidisciplinaria e interinstitucional los proyectos de investigación definidos inicialmente dentro del programa (ganadería, cacao y solanáceas –uchuva y papa-), 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, bioinformática y análisis químico a elevada escala.

2.2.2. Meta

Generación de productos con valor agregado tales como compuestos bioactivos, enzimas, genes de defensa, calidad y mejoramiento de plantas y animales, bioinsumos (bioplaguicidas, biofertilizantes) y aditivos funcionales (prebióticos/probióticos), entre otros, con la finalidad de incrementar el desarrollo y la competitividad de las cadenas priorizadas del sector agropecuario colombiano.

2.2.3. Justificación

2.2.3.1. Agrobiodiversidad

La agrobiodiversidad comprende la variedad y variabilidad de animales, plantas y microorganismos que son importantes para la alimentación y la agricultura, lo cual se deriva con el tiempo en una interacción entre el ambiente, los recursos genéticos y los sistemas de manejo, que incluyen las prácticas utilizadas por la gente (Pimbert, 1999). Los componentes esenciales de la gestión de la agrobiodiversidad comprenden: la conservación; los procesos de valor agregado, relacionados con bioprospección y; la utilización de la variabilidad heredable de los procesos agropecuarios del país, al igual que las actividades realizadas, en alianza, con otros entes externos (Lobo, 2011).

La importancia de la agrobiodiversidad fue exaltada en la consulta internacional llamada: “Función de la agrobiodiversidad en el logro del objetivo de desarrollo para el milenio de erradicar el hambre y la pobreza”, celebrada en Chennai, India, en abril de 2005 (IPGRI *et al.*, 2005). En este escenario, los participantes de 25 países, resaltaron el potencial de la diversidad agrícola para mejorar el bienestar de los seres vivos, al proveer las bases para la seguridad alimentaria y nutricional así como ofrecer oportunidades para la generación de ingresos.

Dentro de los requisitos que se deben considerar para que la utilización sostenible de la agrobiodiversidad contribuya en forma eficiente al crecimiento económico de un país están: i), Conservación apropiada de los recursos biológicos; ii) Implementación de procesos de conocimiento de la variabilidad presente en ella; iii) Documentación adecuada de los atributos presentes en los materiales biológicos; iv), Promoción y apoyo a los programas de pre-mejoramiento y mejoramiento con visión sistémica de los materiales biológicos elite. Estos en conjunto deben buscar la oferta de variedades vegetales y estirpes superiores de animales adaptados a la oferta ambiental, al igual que la utilización de microorganismos benéficos y de productos derivados que contribuyan a la sostenibilidad y mejoramiento de los sistemas agropecuarios (Lobo, 2011).

Colombia como una de las cinco naciones del mundo consideradas como megadiversas, no sólo posee recursos biológicos nativos inmersos en ecosistemas naturales, sino

también riqueza genética presente en los agroecosistemas productivos (Valencia *et al.*, 2010). La importancia estratégica de esta biodiversidad se refleja en el hecho de que Colombia, siendo un territorio que ocupa únicamente el 0.77% del total del área terrestre del mundo, alberga aproximadamente el 10% de las especies vegetales y animales conocidas (Dávalos *et al.*, 2003), por lo cual se le ha catalogado entre las naciones con mayor riqueza, por unidad de superficie, de plantas vasculares y vertebrados (Acopazoa, 2003), lo cual también podría ser válido para los microorganismos (Valencia *et al.*, 2010).

Un aspecto que llama la atención de la comunidad científica nacional e internacional, es la escasa información que existe respecto a la inmensa diversidad de recursos genéticos que posee Colombia, particularmente en lo que refiere a su taxonomía y sistemática. Por ejemplo, en el caso de microorganismos, a nivel mundial se considera que representan el más grande reservorio de biodiversidad inexplorada, si se tiene en cuenta que los microorganismos cultivables representan menos del 1% del total de las especies y que la mayoría de ellos está incluido en sólo cuatro phyla (Rastogi y Sani, 2011). A nivel internacional se encuentran registrados en la Federación Mundial de Colecciones (WFCC) 1.742.641 aislamientos microbianos diferentes, los cuales reposan en 593 colecciones catalogadas en 68 países. Del total de aislamientos microbianos, 761.883 corresponden a bacterias, 507.758 son hongos, 19.143 son virus, mientras que 453.857 pertenecen a otro tipo de microorganismos. Estos recursos biológicos se constituyen en una de las principales fuentes para el desarrollo de nuevos productos (WDCM, 2011).

Para el caso de Colombia, la estrategia de bioprospección ha sido tímida y poco focalizada si se compara con países desarrollados y otros países en vía de desarrollo, esto se refleja en el hecho de que Colombia no ha logrado consolidar una plataforma biotecnológica que le permita el desarrollo de bioproductos a partir de sus recursos biológicos, así como tampoco consolidar las colecciones que actualmente posee. Para el caso de los microorganismos, no se encuentran datos de pasaporte completos para las accesiones microbianas colectadas y la mayoría de ellas no se han referenciado en la Federación Mundial de Colecciones. Tampoco muchos de los aislamientos cuyas aplicaciones o productos derivados podrían ser objeto de patente, se han depositado en bancos de cepas internacionales, debido en gran medida a las restricciones de orden legal existentes en Colombia.

Pese a lo anterior, Colombia ha progresado paulatinamente en el establecimiento de colecciones de recursos biológicos de manera *ex situ* e *in situ*, a través de la promoción y apoyo de bancos de germoplasma que conservan recursos genéticos vegetales, animales y microbianos. En ese sentido, el país ha logrado posicionar colecciones individuales así como bancos de germoplasma de especies vegetales, animales y de microorganismos tanto en entidades nacionales, incluyendo institutos o establecimientos de carácter público, privado o de carácter mixto, así como en organizaciones internacionales, como el Centro Internacional de Agricultura Tropical

(CIAT), que posee la colección mundial de yuca y especies relacionadas, (Bonierbale *et al.*, 1997), la de frijol y taxa afines (Hidalgo y Beebe, 1997) y conglomerados genéticos de forrajes tropicales (Maas *et al.*, 1997).

La apuesta del gobierno Colombiano para consolidar la estrategia de conservación y uso de la biodiversidad, ha sido a través de la conformación del Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura. A partir de las colecciones de trabajo existentes, el MADR junto con el ICA, le otorgaron el mandato a CORPOICA para el manejo de las colecciones de material vegetal, animal y microbiano, así como la tarea de liderar la estrategia de conservación y aprovechamiento de nuevas accesiones y colecciones adicionadas a las ya existentes (Valencia *et al.*, 2010). Con estas directrices y el manejo de los bancos de germoplasma, CORPOICA estableció una estrategia para desarrollar procesos y productos con valor agregado requeridos por el sector agropecuario del país, en forma directa o mediante alianzas estratégicas con otras entidades del sector tanto públicas como privadas, con lo cual ha respondido a la Política Nacional de Biodiversidad: Conservación, Conocimiento y Utilización Sostenible.

El Sistema de Bancos de Germoplasma engloba tres tipos de Subsistemas de recursos genéticos: Vegetales, Animales y Microorganismos. La estrategia de trabajo en estos bancos de germoplasma involucra cuatro componentes: i) Colecta y conservación ii) Caracterización y sistemática iii) investigación y desarrollo y IV) documentación.

Para el año 2010, el subsistema vegetal acumuló un inventario de aproximadamente 34.100 accesiones, incluyendo duplicados, de 76 especies de plantas. Dentro de esta colección se incluyen especies nativas e introducidas, las cuales en la mayoría de los casos son de gran importancia biológica y económica para el país.

Un común denominador tanto para las colecciones del Banco de Germoplasma como para las demás colecciones distribuidas en el resto del país, ha sido la limitada caracterización de estos recursos; en la mayoría de los casos solo han alcanzado la evaluación y caracterización morfo-agronómica (Valencia *et al.*, 2010). Al respecto, se ha reportado que para un universo de 15.840 accesiones del Sistema de Bancos de Germoplasma, 10.181 accesiones cuentan con evaluación morfológica por atributos cuantitativos, es decir 64,26% del total. Dentro de este conjunto 6.057 accesiones cuentan con una caracterización definida por caracteres cualitativos, 38,23% del conjunto; 355 por isoenzimas, 2,24% del conglomerado; 64 con información ecofisiológica, 0,40% de éstas; y 980 estudiadas molecularmente, 5,8% de la metapoblación (Lobo, 2011).

Durante los últimos años, tanto el Sistema de Bancos de Germoplasma como las acciones conjuntas de investigación lideradas por los diferentes centros de investigación de CORPOICA a nivel nacional y otros actores del sistema de Ciencia y Tecnología del sector agropecuario, han permitido iniciar la exploración del potencial que poseen algunos de los materiales biológicos almacenados en los bancos de germoplasma.

Dentro de las aproximaciones más relevantes se encuentran las caracterizaciones de atributos organolépticos, determinación de compuestos de actividad antioxidante y caracterización fenotípica (morfología) y genotípica (marcadores genéticos) en las colecciones biológicas de algunas de las especies de plantas tales como tomate, maíz, papayuelas de altura, granadilla, granadilla de piedra, curuba, gulupa, fríjol, tomate de árbol, arracacha, ají y pimentón, papa común y criolla, lulo, uchuva, mortino o agraz, plátano, guayaba, cacao, guanábana y papaya, entre otras.

A partir de las caracterizaciones anteriormente mencionadas se han podido conformar colecciones núcleo, las cuales han sido utilizadas para la estructuración de programas de mejoramiento en donde se han privilegiado aquellos atributos que aporten valor a la especie. Para la implementación definitiva de estos programas, se requiere de procesos previos de pre mejoramiento, en los cuales el material biológico recibe o acepta material genético (genes) proveniente de genotipos exóticos, otras especies, géneros o familias vegetales. El ingreso de este material genético se puede realizar a través de procesos clásicos de mejoramiento genético acoplados con el uso de biotecnologías (v.g. marcadores moleculares, ómicas, bioinformática). Con estos procedimientos se busca asociar características favorables. Las actividades de pre mejoramiento con la utilización de los bancos, se han realizado con frutales andinos, particularmente lulo, tomate de árbol, papa, palma de aceite africana, y café, con trabajos conducidos por CORPOICA, ICA, Universidad Nacional de Colombia y CENICAFÉ. Asimismo, el germoplasma del Sistema de Bancos de Germoplasma, ha apoyado programas de mejoramiento, así, en el período 1994-2003, se reportó la entrega de 50 variedades por parte de CORPOICA, con participación de 250 accesiones del sistema y siembra de 46.651 hectáreas, con 42 de los cultivares, en los cuales se logró recabar información (Lobo, 2011).

En cuanto a recursos genéticos animales, Colombia fue el primer país de Latinoamérica en iniciar programas de conservación en el año de 1939, acción apoyada por el Decreto Número 828, donde se estableció que el 25% de los hatos bovinos en manos de particulares debían estar conformados por ganado Criollo. Esto condujo, en el año 1940, a la conformación de núcleos de mantenimiento, correspondientes a las razas “Costeño con Cuernos” y “Blanco Orejinegro”. Otras entidades, como la Universidad Nacional de Colombia, sedes Medellín y Palmira y el Fondo Ganadero de Santander han conservado núcleos de razas bovinas como “Blanco Orejinegro” o Bon, “Hartón del Valle” y “Chino Santandereano”, respectivamente; las dos últimas con poblaciones diezmadadas en la actualidad. También es destacable el esfuerzo privado con la raza “Lucerna” de doble finalidad en el Valle del Cauca.

El Subsistema de Bancos de Germoplasma Animal está conformado por poblaciones de razas bovinas criollas, porcinas y ovinas. En bovinos, se incluyen Sanmartinero, Blanco Orejinegro, Romosinuano, Costeño con cuernos y más recientemente la raza bovina Casanareña. Para el caso de los porcinos, posee ejemplares de las razas Sanpedreño, Casco de mula y Zungo, mientras que para los ovinos se conservan

ejemplares de las razas Criolla y Mora de lana. El enfoque de investigación en esta área del conocimiento se ha centrado en el estudio de aspectos relacionados con el monitoreo de la variabilidad genética, mediante la utilización de marcadores genéticos de ADN. El propósito es el de establecer el estado de conservación de las razas, su origen y posible subestructura de las poblaciones; así como también distancias genéticas con otras poblaciones comerciales. Por otro lado, la investigación ha abordado el estudio de la resistencia a enfermedades y su relación con características heredables de los animales, a través de la identificación de marcadores genéticos tales como genes relacionados con el sistema inmune (v.g mayor susceptibilidad al contagio de la brucelosis). En el mismo sentido, se han adelantado estudios para buscar e identificar marcadores genéticos asociados con carga de ecto y/o endoparásitos.

Otro énfasis importante de la investigación en este campo es la búsqueda de relaciones entre la calidad del producto, marcadores y frecuencias génicas. Actualmente, se adelantan estudios para determinar si las frecuencias de determinados genes (v.g. calpastatina) están asociados con la calidad de leche, en la misma línea otros trabajos investigan si la variación alélica de ciertos genes está relacionada con la calidad de la carne y de la leche. Al final, se busca determinar si el estudio de la variación alélica de estos genes coincide con la expresión fenotípica que exhiben los animales. Por consiguiente, la disponibilidad de marcadores genéticos puede ser utilizada en los programas de selección de poblaciones que expresen mejores características, así como en programas de mejoramiento genético.

Como estrategia de uso y multiplicación de los bovinos criollos, CORPOICA, en convenio con el ICA y el MADR, desarrolló el Programa de Fomento de los Bovinos Criollos. Este programa tiene por objeto generar núcleos de fomento en empresas ganaderas particulares. Desde su inicio en el 2005, el programa ha entregado más de 1.700 animales a 76 productores de zonas diversas del país. El programa no sólo incluye la multiplicación de los animales, sino que va acompañado de planes de mejoramiento genético que buscan incrementar la competitividad de los sistemas de producción de cría y doble propósito del trópico colombiano.

En lo referente a las colecciones de microorganismos, el país actualmente cuenta con importantes colecciones de microorganismos establecidas en reconocidas instituciones, corporaciones y universidades (UNAD, 2011). En la mayoría de los casos el énfasis ha sido el de establecer plataformas de investigación que permitan enfocarse en problemáticas identificadas en la salud y la agricultura. Entre las colecciones microbianas de mayor importancia se encuentran los ceparios de la Universidad Nacional de Colombia, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), CORPOICA, la Universidad de Antioquia, la Universidad Industrial de Santander, la Universidad de los Andes, la Pontificia Universidad Javeriana, la Corporación de Investigaciones Biológicas (CIB) y el CIAT, entre otros. De otra parte, varias empresas privadas también cuentan con colecciones de microorganismos, muchos de los cuales tienen registro de producción comercial.

El Subsistema de Bancos de Germoplasma de Microorganismos que maneja CORPOICA, está conformado por un conjunto de colecciones diversas, que incluyen: i) Microorganismos con interés en Nutrición Animal, la cual cuenta con 340 accesiones de bacterias y hongos anaerobios aislados del tracto gastrointestinal de rumiantes y otros mamíferos herbívoros. Esta colección de microorganismos constituye un material importante con potencial para el desarrollo de bioproductos con importancia en la nutrición animal (probióticos), así como de uso bioindustrial (degradación de desechos orgánicos lignocelulósicos y producción de combustibles de segunda y tercera generación); ii) Microorganismos con interés en Control Biológico, esta colección está constituida por: bacterias y hongos (mohos y levaduras); el primer conjunto cuenta con 3.026 accesiones; el segundo comprende 301 y el tercero corresponde a 249. Para el caso de las bacterias y los mohos, se consideran un grupo promisorio con un elevado potencial de biocontrol tanto de insectos plaga como de fitopatógenos (del suelo, foliares y de postcosecha), mientras que en el caso de las levaduras su aplicación principal es para el control de patógenos foliares y de postcosecha y otros microorganismos. iii) Microorganismos Biofertilizantes, esta colección tiene 679 accesiones, en las que se incluyen bacterias fijadoras de nitrógeno simbiótico y asimbiótico, solubilizadoras de fosfatos y 24 aislamientos de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA); iv) Microorganismos con interés en Salud Animal, que en la actualidad se cuenta con 191 accesiones: 114 correspondientes a bacterias, 77 a virus. Adicionalmente, se cuenta con 23 cepas de hemoparásitos y 3 de ectoparásitos. Esta colección es única en el país y, cuenta con cepas de referencia internacional, así como aislamientos nativos, los cuales desde el punto de vista genético, forman parte de un material base para el estudio de diversas enfermedades animales.

Varios de los microorganismos presentes en las colecciones que maneja CORPOICA se han constituido en principio activo de varios bioproductos. En el caso de biofertilizantes se han desarrollado varios productos registrados con el nombre de Rhizobiol con base en los géneros bacterianos *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*, los cuales son considerados fijadores simbióticos de nitrógeno, que permiten sustituir en su totalidad la fertilización nitrogenada en cultivos de leguminosas (soya, arveja, frijol). Así mismo, a base de la bacteria *Azotobacter chroococcum* (fijador asimbiótico de nitrógeno) se desarrolló el biofertilizante Monibac que permite sustituir hasta en un 50% la fertilización nitrogenada en cultivos de algodón, hortalizas y algunos forrajes. Por otro lado, hay desarrollos que involucran productos con características para el control de plagas agrícolas tales como insectos y fitopatógenos. Este es el caso de un bioplaguicida a base de un virus específico para insectos (Baculovirus), el cual ha sido registrado comercialmente para la protección de semilla de papa contra la polilla guatemalteca en condiciones de almacenamiento.

Otro producto desarrollado a base de nucleopoliedrovirus se relaciona con el control del gusano cogollero del maíz, el cual se encuentra en las fases finales de evaluación en campo. De forma paralela, se han desarrollado varios bioproductos a base de

hongos y que actualmente se encuentran en proceso de registro comercial. Uno de estos productos se denomina Tricotec, elaborado a base del hongo *Trichoderma koningiopsis* y usado para el control de diferentes fitopatógenos del suelo y foliares. Otro desarrollo se relaciona con el hongo *Lecanicillium lecanii* para el control de las moscas blancas *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*. De otra parte, hay productos en proceso de desarrollo a base de bacterias, que cumplen con varias funciones simultáneamente (biofertilización, control biológico y promoción de crecimiento vegetal). En relación con microorganismos importantes para la nutrición animal, actualmente se encuentra en fase de desarrollo un bioproducto a base de bacterias anaerobias del rumen para disminuir las diarreas en terneros.

Es notorio que las posibilidades que representan los bancos de germoplasma animal, vegetal y de microorganismos para el desarrollo de bioproductos para el beneficio del sector agropecuario son inmensas. En este sentido, existe un gran potencial si se tiene en cuenta nuestra biodiversidad, los avances en ciencias ómicas (genómica, proteómica, transcriptómica, metabolómica) y bioinformática y la oportunidad de hallar sustancias de interés, considerando el hecho de que del total de compuestos bioactivos reportados a nivel mundial, la mayoría de ellos (59%) se han obtenido a partir de microorganismos (33% de bacterias y 26% de hongos), el 27% de los desarrollos son a base de plantas y el 13% son obtenidos de animales (Bull, 2004).

2.2.3.2. Cadenas Productivas del Sector Agropecuario de Colombia

La Ley de Cadenas Productivas (Ley 811 de 2003 que modifica la Ley 101 de 1993), permitió la creación de las Cadenas coordinadas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), que constituyen la unidad de análisis del enfoque que el MADR utilizó para la definición de Agendas. El MADR tuvo en cuenta el entorno para cada cadena y el interés por corregir aspectos que previamente se habían identificado como inconvenientes para un desarrollo satisfactorio de las políticas relacionadas (MADR, 2009). Entre los aspectos más destacados se encuentra la asignación de los recursos financieros según la oferta de investigación existente, lo que animó a grupos de investigadores a generar investigación en diversas áreas con el incentivo de obtener dichos recursos, y no por un deseo de satisfacer las necesidades propias de determinada área del Sector Agropecuario, las cuales permanecen en muchos casos insatisfechas, ocasionando inconvenientes para el desarrollo del Sector en el país, y favoreciendo el aumento de la brecha frente a otros países.

En Colombia, desde el año 2004 se han venido desarrollando y promoviendo políticas que pretenden mejorar la competitividad de los sectores productivos y fomentar las capacidades nacionales de desarrollo tecnológico, con un interés acorde con la actualidad mundial que se mueve en la misma dirección. Entre estas políticas nacionales se encuentran: La Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad de 2004; el Sistema Nacional de Competitividad – SNC desde

2006; la Política Nacional de Competitividad – PNC de 2008; la Ley de Ciencia y Tecnología (Ley 1286 de 2009); y finalmente las Agendas de Investigación y Desarrollo Tecnológico del MADR desde 2006.

La elección entonces, fue realizar un trabajo en asocio con los actores de las Cadenas, para identificar las demandas y ofertas de investigación de cada una, y establecer una agenda única nacional, que involucrara trabajo tanto en el corto como en el largo plazo. La definición de las agendas para las Cadenas Productivas contó con la participación de consultores brasileiros, y también involucró herramientas como el análisis de desempeño, *Benchmarking*, la Vigilancia comercial, la Vigilancia tecnológica, y la Prospectiva tecnológica (Castellanos *et al*, 2009).

Estas agendas partieron de las necesidades existentes en cada uno de los eslabones de las Cadenas Productivas del país, es decir de una definición de las demandas tecnológicas, para luego delinear necesidades por oferta de investigación. Además de identificar las demandas, el trabajo realizado por el MADR también consideró la inserción del Sector productivo en un agronegocio, interesándose por estudiar también las condiciones de producción, consumo, precios, balanza comercial, entre otros. También fue considerada la situación mundial de los Productos de las Cadenas, para luego identificar las oportunidades de negocio de los mismos, y también encaminar esfuerzos para la satisfacción de los requerimientos resultantes de estos análisis.

Siguiendo esta línea, el actual trabajo de Construcción de la Agenda Nacional, partió desde el lado opuesto de la brecha, al recoger las perspectivas desde la oferta tecnológica en el país para el Sector Agropecuario, para luego establecer el estado de las brechas, y así delinear el proceso que tiene que continuar en el sector para lograr las metas establecidas en mejora de competitividad y desarrollo económico para Colombia. En este contexto, la formulación del programa de agrobioprospección responde a prioridades establecidas en la Agenda Nacional.

Actualmente, al MADR se encuentran adscritas 37 cadenas productivas, todas ellas de importancia económica para el sector agropecuario de Colombia. En cada una de estas cadenas existen necesidades que pueden ser abordadas desde la bioprospección, por lo cual, la creación de un Programa Nacional en Agrobioprospección contribuirá en gran medida al mejoramiento y aumento de la productividad y de la competitividad del sector. Para lograr esto, se requiere que la implementación de este programa sea realizado por fases, es decir, todas las cadenas no pueden participar de una sola vez en la primera fase de implementación del Programa, por lo que se hace necesario un proceso efectivo de selección para la formulación de la propuesta bajo ciertos criterios, con el fin de obtener resultados de calidad en el tiempo estipulado y que a su vez, éstos puedan servir como modelo y sean aprovechados y replicados en beneficio de otras cadenas del sector.

2.2.4. Cadenas productivas vs. Áreas temáticas de la bioprospección

El análisis de los documentos de prospectiva disponibles para las cadenas productivas del sector agropecuario permitió identificar 3 áreas temáticas transversales en las cuales la bioprospección puede jugar un papel preponderante en la generación de valor agregado para la innovación. Estas áreas temáticas transversales fueron:

- i. Respuesta a factores bióticos y abióticos
- ii. Reemplazo de productos químicos
- iii. Calidad nutricional y funcional

La selección de estas áreas temáticas transversales fue realizada mediante el análisis del porcentaje de cobertura de cada área temática en relación con las demandas mencionadas en cada uno de los documentos de prospectiva disponibles, en el siguiente orden: i) Respuesta a factores bióticos y abióticos (96 % de las cadenas); ii) Reemplazo de productos químicos (83 % de las cadenas) y iii) Calidad nutricional y funcional (61 % de las cadenas).

Por directrices de entidades gubernamentales, otras temáticas de relevancia en bioprospección como agroindustria, cosmética, farmacéutica, biocombustibles, serían abordadas en otros programas nacionales del MADR y COLCIENCIAS, por lo que este libro es dirigido principalmente a bioprospección para la producción primaria con énfasis en alimentación y agricultura.

La Tabla 3 describe en detalle elementos de aplicabilidad de cada área temática por cadena productiva de acuerdo con los documentos de agendas prospectivas.

Tabla 3. Área temática transversal vs. Cadena productiva.

Cadena Productiva	Respuesta a factores bióticos y abióticos	Reemplazo de productos químicos en el sector agropecuario	Calidad nutricional y funcional (nutracéutica) con inocuidad	Departamentos productores	Otros no relacionados con las 3 áreas temáticas
Abejas y Apicultura	Se requieren colonias con tolerancia o resistencia a ecto-parásitos, así como también adaptación a ambientes más secos para incrementar productividad.	Mejoramiento genético para desarrollar colonias resistentes a ectoparásitos.		Huila, Valle del Cauca, Risaralda, Cauca, Tolima, Norte de Santander, Amazonas, Magdalena, Sucre	Se requiere tecnificación de la apicultura, a la par con sistemas de control de calidad de los productos derivados de la miel y certificación de sus características.
Algodón textil	Se necesitan variedades resistentes a enfermedades como Ramulariosis y Fusariosis. Es indispensable disponer de materiales que toleren el uso de herbicidas, al igual que a ambientes de sequía, alta salinidad, acidez y temperatura.	Desarrollo de variedades que exhiban resistencia a lepidópteros y coleópteros, así como tolerancia al uso de herbicidas (Round-Up). Para el caso de lepidópteros se propone el uso de materiales transgénicos (Bt).		Córdoba, Tolima, Región "Costa-Llanos"	Se requiere una mayor tecnificación y mejora en la calidad de las hilanderías.

**Esta tabla continúa en la página siguiente*

Cadena Productiva	Respuesta a factores bióticos y abióticos	Reemplazo de productos químicos en el sector agropecuario	Calidad nutricional y funcional (nutracéutica) con inocuidad	Departamentos productores	Otros no relacionados con las 3 áreas temáticas
Plantas aromáticas	Se requiere un mercado de semilla limpia y de alta calidad		Determinación de las propiedades funcionales tanto de tejidos como aceites esenciales obtenidas de diferentes especies y variedades	Cundinamarca y Valle del Cauca	
Camarón	Se requiere mejoramiento genético del material. Búsqueda de nuevas especies de camarones con tolerancia o resistencia a enfermedades particularmente para la región del Pacífico.			Costa Caribe y Pacífica	
Carne Bovina	Búsqueda de estrategias para reducir la emisión de gases (metano) proveniente de la fermentación entérica del ganado. Optimización de sistemas de alimentación y manejo de los sistemas de producción basados en forrajes. Desarrollo de nuevas variedades de cultivos forrajeros de mayor calidad nutritiva con tolerancia o resistencia a enfermedades y el estrés ambiental.	Utilización de materiales forrajeros adaptados a diferentes suelos. Implementación de biofertilizantes en las praderas como reemplazo de fertilizantes químicos.	Se necesitan pastos de alta calidad nutritiva para las diferentes regiones ganaderas. Disponibilidad de razas o cruces que incrementen el valor nutritivo de la carne, en particular los contenidos de aceites insaturados (ácido linoleico y linoléico).	Antioquia, Córdoba, Casanare, Cesar, Santander, Meta Magdalena	
Carne Ovina-Caprina	Se requiere incentivar la cría y levante de animales altamente adaptados a condiciones eco-climáticas limitantes como los ovinos y caprinos, así como a sustratos lignificados y pobres en nutrientes.	Los ovinos y caprinos son rústicos y no requieren tanto cuidado. Las razas existentes parecen exhibir tolerancia o resistencia a las enfermedades y parásitos que afectan comúnmente a los bovinos, lo cual disminuye el uso de medicamentos.		Guajira, Boyacá, Magdalena, Córdoba, Cundinamarca, Cesar, Santander, Tolima, Casanare, Sucre	
Carne Porcina	Explotaciones comerciales sostenibles con productos de alto valor agregado	Alternativas al uso de antibióticos y antivirales.		Antioquia, Bogotá, Valle y Risaralda	
Caucho	La selección de clones adaptados a diferentes condiciones podría extender el área actual de cultivos en Colombia	Los problemas sanitarios por plagas y enfermedades, pueden ser manejados con la inclusión de control biológico y variedades resistentes obtenidas por manipulación genética.		Caquetá, Meta, Santander, Antioquia	
Fique	Se necesitan variedades y plántulas resistentes a los principales problemas del cultivo como la Macana, la Estrella y el gusano pasador, y los bioinsumos para el control de estas plagas.	No hay insumos registrados para el cultivo del fique, el desarrollo de bioinsumos específicos para los problemas del fique podrían reemplazar el uso de insumos químicos.	El jugo y el bagazo de fique, son desechos que deben ser explorados como alimento animal por tener buenas propiedades nutricionales, para dar un mayor valor agregado a este cultivo.	Cauca, Nariño, Santander, Antioquia, Boyacá	Se requiere tecnificación del cultivo y procesos de extracción de fibra y aprovechamiento de los principios activos del jugo, y bagazo para la ampliación del mercado.

*Esta tabla continua en la página siguiente

Cadena Productiva	Respuesta a factores bióticos y abióticos	Reemplazo de productos químicos en el sector agropecuario	Calidad nutricional y funcional (nutracéutica) con inocuidad	Departamentos productores	Otros no relacionados con las 3 áreas temáticas
Flores con énfasis en clavel	Se requiere manipulación genética para desarrollar variedades resistentes a <i>Fusarium</i> para reducir los costos de producción y abrir un importante mercado internacional.	El control de patógenos y plagas se realiza en gran parte con productos químicos. El desarrollo de bioinsumos, como <i>Trichoderma</i> y el uso de camas hidropónicas que reciclan los nutrientes, podrían reducir los insumos químicos.		Sabana de Bogotá Antioquia	
Forestales madera	Se requiere determinar las especies nativas más útiles para la silvicultura y más adaptadas en diferentes regiones y condiciones.			Antioquia, Caldas, Córdoba, Santander, Magdalena Seco, Orinoquia y Valle del Cauca.	
Cacao-chocolate	Mejoramiento genético. Desarrollo de jardines clonales y aprovisionamiento de material vegetal de calidad.	Obtención de variedades resistentes a plagas y enfermedades asociadas al cultivo. Control de moniliasis, aprovechamiento de la calidad, (sabor y aroma) de los granos	Desarrollo de nuevos productos a partir de cacao orgánico.	Santander, Huila, Arauca, Nariño, Norte de Santander, Antioquia, Cundinamarca, Valle, Tolima, Meta, Caldas, Cesar, Risaralda, otros.	Estandarización de las variables en el proceso de producción del grano. Se requiere aprovechar la calidad de la pulpa para sorbetes y propiedades organolépticas de los granos para cacao con denominación de origen
Granadilla	Se requiere mejoramiento genético de variedades adaptadas a condiciones edafo-climáticas y con resistencia a plagas y patógenos en las zonas de producción.	Se requiere utilización de insumos biológicos para control de <i>Fusarium</i> , mosca de la fruta antracnosis, ojo de pollo y roña, al igual que el uso de biofertilizantes.	Se requieren plántulas con garantía de calidad genética, fisiológica y sanitaria y reducir la dependencia de los insumos de síntesis química que afectan la calidad de la fruta.	Huila, Risaralda, Caldas, Valle del Cauca y Cundinamarca	Viveros certificados y personal calificado para la producción de material vegetal.
Lácteos Queso y Arequipe	Se requiere mejoramiento genético de razas para producción de leche con mas grasa, proteína, que sean mas resistentes a patógenos. Mejorar la calidad y productividad de los pastos y cultivos forrajeros que incrementen la producción y calidad de la leche	Uso de vermífugos, antibióticos, vitaminas, anestésicos, vacunas, hormonas, probióticos y desinfectantes.	Control de enfermedades infecciosas que afectan la salud del ganado. Certificación de todos los hatos como libres de aftosa, brucelosis y encefalitis. Agregación de valor mediante el proceso de pasteurización y otras medidas asociadas a la inocuidad.	Cundinamarca, Boyacá y Antioquia	Tecnificación de los sistemas productivos
Mango criollo	Mejoramiento genético del material vegetal con tolerancia a Antracnosis y Mosca de la fruta.	Utilización de insumos biológicos para control de plagas y enfermedades, además de fertilización.	Acceso a materiales de propagación de vivero idóneos.	Cundinamarca, Tolima, Bolívar, Antioquia, Magdalena, Córdoba, Cesar, Atlántico, Huila, Boyacá Cauca, Valle del Cauca,	Tecnificación y mejoramiento en prácticas de manejo del cultivo
Palma de aceite (oleina roja)	Mejoramiento genético de variedades y uso de híbridos interspecificos. Caracterización molecular de variedades.	Uso de control biológico para reducir incidencia de <i>Ganoderma</i> , pudrición del cogollo y del estpite y raíz. Mejorar eficiencia de la fertilización.	Certificación de semillas. Ampliación de la base genética.	Nariño, Magdalena, Cesar y Bolívar, Norte de Santander, Santander, Caquetá, Casanare, Cundinamarca y Meta	

*Esta tabla continua en la página siguiente

Cadena Productiva	Respuesta a factores bióticos y abióticos	Reemplazo de productos químicos en el sector agropecuario	Calidad nutricional y funcional (nutracéutica) con inocuidad	Departamentos productores	Otros no relacionados con las 3 áreas temáticas
Papa criolla	Mejoramiento genético del material vegetal adaptado a las diferentes sub-regiones con resistencia a plagas y enfermedades, con tubérculos de buena forma y tamaño. Uso de colecciones de papas nativas, tanto tetraploides como diploides.	Se requiere control biológico y biofertilización para contribuir al manejo de plagas emergentes recurrentes y a reducir el uso de insumos químicos.		Cundinamarca, Antioquia, Nariño, Boyacá, Valle del Cauca	Estudios sobre Fisiología y desarrollo del cultivo. Contribución a la seguridad alimentaria. Variedades para nuevos usos y nichos de mercado.
Pitaya	Se requieren: variedades pues sólo hay una; material de propagación adecuado y adaptado a sub-regiones; estudios genéticos y citogenéticos.	Control de plagas y enfermedades como mosca del botón floral y pudrición basal del fruto con la aplicación de bioinsumos. Ajustes en la fertilización.	Se requiere mayor conocimiento sobre las propiedades y características medicinales, nutritivas, terapéuticas, nutracéuticas y funcionales de la fruta.	Boyacá, Valle del Cauca, Bolívar, Santander, Cundinamarca, Risaralda y Huila	
Uchuva en fresco	Se requiere ampliar la diversidad genética para mejorar la productividad y adaptabilidad de la especie. Mejoramiento de variedades resistentes a enfermedades (v.g. <i>Fusarium</i>) y cambios climáticos.	Hay inadecuado uso de insumos, pesticidas y fertilizantes; se requiere oferta de insumos de bajo impacto ambiental (Bioinsumos).	Se requiere investigación sobre las propiedades alimenticias funcionales, y nutracéuticas que le dan valor agregado a la fruta.	Cundinamarca, Boyacá, Antioquia y Tolima	
Tilapia	Se requiere identificar, caracterizar y desarrollar cruces, obtener líneas base para tilapias con alevinos más resistentes y de mayor adaptabilidad a los sistemas naturales donde se desarrolla la actividad piscícola.	Establecimiento de un sistema nacional sanitario acuícola para evitar el ingreso de agentes patógenos a los sistemas de producción y que permita certificar la inocuidad del alimento producido.	Calidad de los alevinos y del alimento balanceado. Manejo integrado del sistema de cultivo (producción, sanidad, nutrición, comercialización, mercadeo)	Huila, Meta y Tolima	Establecimiento de Buenas Prácticas de Producción
Trucha arco iris	Se requiere: control y selección genética a nivel nacional y departamental; control de sexo y producción nacional de ovas genéticas 100% hembras; reducir dependencia de líneas genéticas importadas para garantizar eficiencia y rendimiento.	Establecimiento de un sistema nacional sanitario acuícola para evitar el ingreso de agentes patógenos a los sistemas de producción y que permita certificar la inocuidad del alimento producido.	Fuentes alternativas de pigmentos.	Antioquia	Se requiere identificar nuevas tendencias de productos elaborados a partir de la trucha y tecnificación del proceso.
Panela	Mejoramiento genético de variedades con resistencia a plagas y enfermedades. Producción de semilla de buena calidad.	Se requiere uso de bioinsumos para control biológico y fertilización	Presencia de hongos en el producto final	Santander, Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Antioquia, Huila, Tolima, Caldas, Cauca, Norte de Santander, Risaralda, Caquetá y Valle del Cauca	
Hortalizas	Mejoramiento genético de nuevas variedades comerciales y adaptadas a diferentes zonas climáticas con mejores rendimientos, turgencia, tamaño, color, etc.) que generen diferenciación (asociada a certificación de origen).	Uso de bioinsumos para control biológico y fertilización para disminuir ataque de plagas, enfermedades y virus tales como mosca blanca, picudo del ají, <i>Phytophthora</i> , <i>Fusarium</i> , bacteriosis entre otras.	Desarrollo de variedades con mayor valor nutritivo a nivel internacional (carotenoides, sacarosa y ácido ascórbico). Producción de material vegetal de calidad.	Valle del Cauca, Guajira, Bolívar y Magdalena	Se requiere la tecnificación del cultivo

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR (2004, 2008, 2009 y 2011).

2.2.5. Parámetros de selección de los proyectos técnicos

Para el proceso de selección de los proyectos técnicos de la primera fase del Programa en Agrobioprospección, con los cuales se pueden generar resultados en el corto y mediano plazo, se consideraron dos criterios, que contaron con la participación de miembros de la red primaria de agrobioprospección para el sector agropecuario colombiano .

i) El análisis de las cadenas productivas adscritas al sector agropecuario teniendo en cuenta que los proyectos: 1) Abordaran varias áreas temáticas transversales definidas a partir de las demandas de los documentos de prospectiva en términos de calidad nutricional y funcional, respuesta a factores bióticos y abióticos y reemplazo de productos químicos; 2) Tuvieran un amplio cubrimiento y demanda regional (departamental); 3) Contaran con un relativamente avanzado estado del arte en Colombia, lo cual permitiría mostrar desarrollos en el corto o mediano plazo; 4) Sirvieran como modelo para otras cadenas al ser pilotos en la primera fase del Programa.

ii) El desarrollo de seis criterios en concordancia con los lineamientos de la *Ficha para selección de Megaprogramas sujetos de financiación de estudios de factibilidad - Fondo de CT&I* del Ministerio de Hacienda: Tres de factibilidad (Avance en diseño - Estado del Arte; Riesgo - Generación de Valor; y Apoyo Departamental) y tres de impacto (Efecto Demostrativo - CTI para resolver problemas; Fortalecimiento SIN - Desarrollo de Colombia; y Socio-Económico). Cada criterio se subdividió en subcriterios relacionados con la bioprospección en el sector agropecuario (Tabla 4). La Figura 1 muestra la matriz de decisión desarrollada y el orden de priorización de los sectores, para la selección de proyectos con mayor impacto y factibilidad. Estos criterios fueron revisados y validados por representantes de las entidades de gobierno y por representantes de sectores de investigación.

Tabla 4. Criterios y sub-criterios de factibilidad e impacto

Factibilidad				
Avance en diseño (Estado del Arte)				
Sub-Criterio	0	1	2	3
Caracterización del recurso biológico (RB) o genético	No Caracterizado	Caracterizado a nivel Morfológico	Caracterizado a nivel funcional	Caracterizado por mínimo dos niveles (fenotipo, funcional, ADN, ARN, proteína, metabolito, entre otros)
Capacidad técnica en tecnología de punta "ómicas"	No hay Capacidad	Capacidad incipiente	Capacidad media	Capacidad propia con alianzas establecidas (con resultados demostrables)
Nivel de desarrollo del producto	Hay que colectar RB	RB disponible y con mínimo dos niveles de caracterización	Desarrollo del producto a nivel de laboratorio	Producto escalado a nivel piloto

Apoyo Departamental				
Sub-Criterio	0	1	2	3
Apoyo regional	Oposición regional	Neutralidad Regional	Apoyo Regional	Demanda de origen regional

Riesgo (Generación de valor)				
Sub-Criterio	0	1	2	3
Propiedad intelectual	Todo patentado-campo cerrado	Fácil de copiar, no se puede proteger	La propuesta tiene alta posibilidad de conducir a alguna forma de protección (patente, secreto industrial, denominación de origen etc.) a nivel nacional	La propuesta tiene alta posibilidad de conducir a alguna forma de protección nacional e internacional
Demanda del usuario (productor, consumidor, otro)	No hay	Problema severo	En proceso	Hay demanda
Oferta (Riesgo de mercado)	No se conoce el mercado	Hay conocimiento incipiente del mercado	Se conocen las tendencias del mercado (precios, competidores, nichos de mercado)	Se conoce el mercado objetivo y hay alta probabilidad de lograr precios competitivos

Impacto				
Efecto Demostrativo- CTI Para Resolver Problemas				
Sub-Criterio	0	1	2	3
Propuesta para solucionar problema (s) CTI vs. soluciones existentes	Inferior a las soluciones existentes	Igual a las soluciones existentes	Superior a algunas soluciones existentes	Única solución disponible
Cobertura del Impacto	La solución no impacta a Colombia	Local	1-2 sub-regiones naturales	3 o más sub-regiones naturales

Fortalecimiento SNI - Desarrollo De Colombia				
Sub-Criterio	0	1	2	3
Desarrollo de capacidades CTI	No desarrolla capacidades (personal, formación de talento, humano, infraestructura, <i>know-how</i> , <i>good-will</i>)	Desarrolla sólo infraestructura	Desarrolla infraestructura más formación de talento humano	Desarrolla todo. Infraestructura más personal más <i>know-how</i> , <i>good-will</i> . Colombia es referente mundial (Top 2-10%)

Socio-Económico				
Sub-Criterio	0	1	2	3
Tasa Interna de Retorno (TIRec)	<12	12-20	21-30	>31
Número de pequeños agricultores beneficiados (en función de la propuesta)	Ninguno	Proporcionalmente Bajo	Proporcionalmente Medio	Proporcionalmente Alto

Impacto vs. Factibilidad

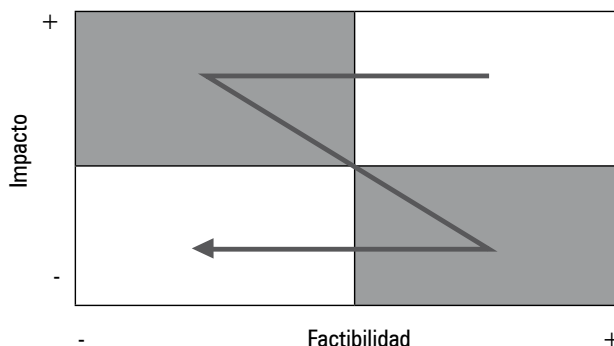


Figura 1. Matriz de factibilidad e impacto (cuadrantes de decisión). En el cuadrante superior derecho se ubican los proyectos con mayor impacto y factibilidad.

Como resultado del análisis y mediante una serie de talleres y consultas con expertos nacionales e internacionales, se seleccionaron inicialmente unas especies animales y vegetales con sus microorganismos asociados, con las cuales hay capacidad técnica nacional en universidades y centros de investigación, que a su vez pueden generar alto impacto en la economía y desarrollo de las regiones. Estas especies se propusieron como pilotos o modelos, para adelantar las actividades en la primera fase del Programa de Bioprospección para el desarrollo del sector agropecuario del país. Otras especies de interés para el país serán incluidas en fases posteriores. Así, la propuesta para la primera fase contempla los siguientes proyectos:

- i. Proyecto de plataforma tecnológica para fortalecimiento de las regiones
- ii. Proyectos piloto para 4 sectores específicos:
 - a. Una especie animal: ganado bovino de carne y leche, que puede extenderse a ganado ovino-caprino
 - b. Dos especies vegetales de la familia Solanácea como modelo de tubérculo (papa) y fruta (uchuva).
 - c. Una especie vegetal (cacao) como piloto de especie perenne.

Estos proyectos pilotos serán descritos y desarrollados en detalle en el capítulo 5.

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Colombiana de Parques Zoológicos y Acuarios (Acopazoa) (Ed) (2003) Biodiversidad- Colombia país de vida. Programa de formación ambiental para maestros.
- Bonierbale M, Guevara C, Dixon AG , Asiedu R (1997). Chapter 1. Cassava. Biodiversity in trust: conservation and use of plant genetic resources in CGIAR centers. Fuccillo D, Sears L, Stapleton P. (1997) Biodiversity in trust., New York , Cambridge University Press: 1-20.
- Bull A (2004) Microbial Diversity and Bioprospecting. Washington, D.C.: American Society Microbiology Press. 524pp. ISBN 978-1-55581-267-6
- Castellanos O, Torres L, Domínguez K (2009). Manual metodológico para la definición de agendas de investigación y desarrollo tecnológico Cadenas Productivas Agroindustriales. M. D. A. Y. D. Rural, Universidad Nacional de Colombia, Biogestión: 198.
- Dávalos LM, Sears RR, Raygorodersky G, Simmons BL, Cross H, Grant T, Barnes T, Putzel L, Porzecanski AL. (2003). "Regulating access to genetic resources under the Convention on Biological Diversity: an analysis of selected case studies." Biodiversity and Conservation 12(7): 1511-1524.
- Hidalgo R, Beebe S. (1997). Chapter 11. Phaseolus Beans. Biodiversity in trust: conservation and use of plant genetic resources in CGIAR centers. Fuccillo D, Sears L, Stapleton P. (1997) Biodiversity in trust. New York, Cambridge University Press: 139-157.
- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) (2005) La agrobiodiversidad y la erradicación del hambre y la pobreza, cinco años después: Plataforma Chennai para la Acción. 7 pg.
- Lobo M (2011) Red De Agrobiodiversidad Plan Estrategico 2010-2019. Documento Interno CORPOICA.
- Maas BL, Hanson J, Robertson LD, Kerridge PC, Abd El Monein AM (1997) Chapter 22. Forages. Biodiversity in trust : conservation and use of plant genetic resources in CGIAR centres. Fuccillo D, Sears L, Stapleton P. (1997) Biodiversity in trust. New York, Cambridge University Press: 321-348.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Corporación Colombia Internacional (CCI) (2009). Sistema de Información de la Oferta Agropecuaria, Forestal, Pesquera Y Acuicola - Encuesta Nacional Agropecuaria 2009. [en línea]. [Fecha de consulta: Noviembre de 2011]. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/201046112648_RESULTADOS_ENA_2009.pdf.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) (2004) Proyecto Apoyo a Alianzas Productivas. [en línea]. [Fecha de consulta: Noviembre de 2011]. Disponible en: <http://observatorio.misionrural.net/alianzas/productos/uchuva/ventaquemada/PreInversionUchuvaVentaquemada.pdf>.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) (2008) Anuario estadístico de frutales 2003-2007. Dirección de Política Sectorial-Grupo de Sistemas de Información. Republica de Colombia. Bogotá D. C. Colombia. 284 p.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) (2009) Agenda de investigación de cadenas productivas. Boletín Informativo 04, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 6.2009.

- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) (2011) MINAGRICULTURA y FEDECACAO firman acuerdo de cooperación para fortalecer la competitividad de los cacaoteros. Boletín de Prensa N° 037. 24 de Febrero de 2011. Red de Comunicaciones MADR, Republica de Colombia. Bogotá D. C. Colombia. 2p.
- Pimbert M (1999) Sustaining the multiple functions of agricultural biodiversity. International Institute for Environment and Development, Sustainable Agriculture Programme. 24 p.
- Rastogi G, Sani R (2011) Molecular techniques to assess microbial community structure, function, and dynamics in the environment. In: Microbes and molecular technology: Agricultural and environmental applications. Ahmad I, Ahmad F, Pichtel J (Eds). Springer science & Business media. P. 29-58.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) (2011) "Microbiología Estado del Arte." [en línea]. [Fecha de consulta: Agosto de 2012]. Disponible en: http://www.unad.edu.co/fac_ingenieria/pages/Microbiologia_mutimedia/1-estadoarte.htm.
- Valencia RA, Lobo M, Ligarreto GA (2010) "Recursos Genéticos Vegetales en Colombia: Sistema de Bancos de Germoplasma. Estado de arte. En: Revista CORPOICA Ciencia y Tecnología Agropecuaria 11(1): 85-94.
- World Federation for Culture Collections (WDCM) (2011) Committee. [Referent Date: Agosto de 2012]. From: <http://www.wfcc.info/index.php/committees/wdcm/>.