



COLCIENCIAS

CIENCIAS BÁSICAS

6



PLAN
ESTRATÉGICO

1999
2004

COL
00811

PROGRAMAS NACIONALES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Col
00812

**INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS"**
—COLCIENCIAS—

PLAN ESTRATÉGICO
1999-2004

Programa Nacional de Biotecnología

Dirección y Coordinación General del Plan Estratégico

Elizabeth Hodson de Jaramillo - PhD

Jefe. Programa Nacional de Biotecnología 1992-1998

Rafael Humberto Aramendis - QF; MSc; MSc

Asesor. Programa Nacional de Biotecnología 1994-1999

Santa Fe de Bogotá, diciembre de 1999



© Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia
y la Tecnología 'Francisco José de Caldas'
—Colciencias—

Coordinación Colciencias de la edición
Myrian Henao Willes

Dirección y coordinación del Plan Estratégico
Elizabeth Hodson de Jaramillo y
Rafael Humberto Aramendis Ramirez

Diseño y diagramación
Vinculos Gráficos

Diseño e ilustración de carátula
Clara Inés Silva - CIS

Fotomecánica e impresión:
Arte y Fotolito, Arfo

ISBN: Volumen 958-9037-92-5
Colección 958-9037-83-6

Impreso en Colombia - Printed in Colombia



COLCIENCIAS

Director

Álvaro Mendoza Arango

Secretario General

Hernando Ochoa Núñez

Subdirector de Programas de Desarrollo Científico y Tecnológico

Gerardo Martínez López

Subdirector de Programas Estratégicos

Ricardo Fournier Ángel

Subdirector de Programas de Innovación y Desarrollo Empresarial

Campo Elías Bernal Poveda

Subdirector Financiero y Administrativo

Luis Ignacio Gutiérrez Cárdenas

Programa Nacional de Ciencias Básicas

Miguel Tobar Carrizosa (Asesor)

Programa Ciencias Sociales y Humanas

Juan Plata Caviedes (Asesor)

Programa Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat

María Cristina Amézquita Ortiz (Jefe)

Programa Ciencia y Tecnología del Mar

Leonor Botero Arboleda (Jefe)

Programa Ciencias y Tecnología de la Salud

Gloria Inés Palma Álvarez (Jefe)

Programa Estudios Científicos de la Educación

Myrian Henao Willes (Jefe)

Programa Biotecnología

Rafael Humberto Aramendís Ramírez (Asesor)

Programa Desarrollo Tecnológico, Industrial y Calidad

Joaquín Emilio Mejía Mantilla (Jefe)

Programa Ciencia y Tecnología Agropecuaria

Oscar Alberto Duarte Torres (Jefe)

Programa Electrónica, Telecomunicaciones e Informática

Elsa Neira de Uribe (Jefe)

Programa Investigaciones en Energía y Minería

Eduardo Castaño Celemin (Jefe)

División de Formación de Recursos Humanos y Fortalecimiento
de la Comunidad Científica

División de Internacionalización de la Ciencia

División Sistemas de Información Científica y Tecnológica

División Planeación Estratégica y Evaluación

División de Ciencia, Cultura y Comunicación



RECONOCIMIENTOS

Colciencias agradece la dirección y orientación del proceso de planeación estratégica de los Programas Nacionales del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología al Dr. Fernando Chaparro, Director General de Colciencias —Septiembre 1994 – Septiembre 1998— y a su equipo directivo: Dr. Hernán Jaramillo, Dr. Luis Fernando Castro y Dr. Jorge Ahumada.

Consejo del Programa Nacional de Biotecnología

Eduardo Aycardi, Gabriel Cadena, Jaime Colmenares, Ricardo Fournier, Sonia Jaramillo, Mario Lobo, Andrés Montaña, William Roca, Oscar Orozco, Sergio Orduz.

Asesores Principales

Dr. Ricardo Fournier Angel, PhD; Dr. Rafael Rangel Aldao, Empresas Polar (Venezuela)

Secretaría Técnica del Programa

Elizabeth Hodson de Jaramillo (Jefe del Programa); Rafael Aramendis Ramírez (Asesor del Programa); Mariana Delgado (Secretaría Ejecutiva).



INDICE

PRESENTACIÓN	9
INTRODUCCIÓN	13

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DEL CONTEXTO

I. Introducción	17
II. Antecedentes y Evolución de la Biotecnología	19
III. Biotecnología y Competitividad	28
Estados Unidos	29
Canadá	37
Singapore	40
IV. Caracterización de la Comunidad Científica de Biotecnología en Colombia	42
Infraestructura Organizacional	48
Requerimientos de Recursos Humanos y Desarrollo de una Capacidad de Investigación	50
Desafíos para el Desarrollo de la Comunidad	55
Grupos y Centros de Excelencia	56
Investigación Universitaria	57
Internacionalización	59
Relación Universidad - Empresa	63
V. Antecedentes y Logros del Programa Nacional de Biotecnología en el Periodo 1992-1999	65
1. Recursos aprobados	66
Primera Fase (1991-1994)	66
Estrategias Planteadas por el Consejo del Programa Nacional de Biotecnología (1993)	66
Segunda Fase (1995-1997)	67
Tercera Fase (1998-1999)	67
2. Formación de Recursos Humanos	70

3. Sistemas de Información	70
4. Estudios Prospectivos	71
5. Marco Regulatorio	71

CAPÍTULO II

ANÁLISIS ESTRATÉGICO	75
I. Análisis del Proceso de Innovación	77
Mercado y Comercialización	77
Investigación y Desarrollo Industrial Avanzado	79
Investigación Aplicada	79
Investigación Básica	80
Base del Conocimiento	80
II. Análisis DOFA	81
Fortalezas	81
Capacidad Científica	81
Experiencia Institucional	82
Cooperación Internacional	82
Debilidades	83
Oportunidades	83
Amenazas	85

CAPÍTULO III

EL PLAN ESTRATÉGICO: LINEAS DE ACCIÓN Y PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN	
I. Visión	87
II. Misión	87
III. Objetivos Estratégicos	88
BIBLIOGRAFÍA	93



PRESENTACIÓN

La articulación de la planeación estratégica a la ciencia y la tecnología ha representado un desafío para la comunidad académica y científica del país. Introducir sus lógicas, técnicas y metodologías a una dimensión social y cultural tan compleja como lo es la ciencia y la tecnología ha implicado para Colciencias el compromiso de llevar a cabo un ejercicio inteligente, de visión a mediano y largo plazo, que necesariamente va a generar cambios significativos, en las prácticas tradicionales de planeación indicativa utilizadas hasta ahora por el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

La colección de los planes estratégicos de los Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología que el Sistema pone en circulación con la presente publicación, es el resultado de un trabajo de consulta, convocatoria y reflexión, de más de dos años, en el que están involucrados la diversidad de actores que participan activamente en la tarea de mantener viva la actividad científica y tecnológica en el país.

La planeación estratégica en la ciencia y tecnología se concibe como un instrumento gerencial, orientado a mejorar la efectividad de los programas nacionales, en términos de su capacidad para alcanzar los objetivos, mejorar su eficiencia en el uso de los resultados y desarrollar destrezas para adaptarse a los continuos cambios en el entorno nacional e internacional. Con la adopción sistemática de esta metodología, el Sistema busca adquirir una mayor competencia en la interpretación de la realidad y en la construcción de escenarios futuros que fundamenten sus derroteros en la ciencia y la tecnología nacional y en las corrientes mundiales de generación y uso del conocimiento científico y de esta manera fortalecer su contribución a la elevación de la calidad de vida de la población colombiana.

La actividad científica y la tecnológica en su carácter de bien público, al servicio de la academia y de la sociedad, en cuyo desarrollo participan los esfuerzos sociales y los recursos estatales, compromete a quienes la realizan, a la rendición de cuentas en el espacio público. Para ello, la racionalidad de la planeación estratégica hace más transparente su actuación, permite generar y establecer indicadores, dar señales claras sobre sus productos, resultados e impacto y elevar la valoración y el reconocimiento de esta dimensión en beneficio de la competitividad y sostenibilidad nacional.

La razón de ser de los Planes Estratégicos se inscribe en cuatro objetivos fundamentales:

- Identificar los desafíos, los problemas críticos que el país enfrenta, así como las oportunidades que el contexto nacional e internacional brinda, en cada uno de los sectores en los que se desarrollan los Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología.
- Lograr una concentración selectiva de recursos financieros, y por lo tanto de esfuerzos de investigación y de desarrollo tecnológico, en ciertos campos o temas de investigación, o ciertas líneas de acción, con el fin de desarrollar masas críticas de investigación (desarrollo de una capacidad nacional), y de alcanzar objetivos estratégicos, haciendo factible la visión del futuro en la que se basa cada Plan Estratégico de Programa.
- Desarrollar una relación más estrecha entre las actividades de investigación y de generación de conocimientos y los usuarios de dicho conocimiento, para asegurar una vinculación efectiva y real de la ciencia y la tecnología a la sociedad, a la cultura y a la economía nacional. Esto tiene que ver con el uso y la aplicación de los resultados de la investigación y con la apropiación social del conocimiento como instrumento básico para que la ciencia y la tecnología contribuyan al desarrollo socio económico y cultural del país.

- Desarrollar una visión que contemple tanto las acciones a realizar en el corto plazo, como en el mediano y largo plazo, respondiendo a los desafíos y oportunidades que ofrecen el contexto nacional e internacional, así como las tendencias de la ciencia y la tecnología y las posibilidades de acción que genera el uso del conocimiento en las sociedades contemporáneas.

Esta publicación hace parte de los actos de celebración de los 30 años de existencia de Colciencias, como reconocimiento público a la labor desarrollada en favor de la consolidación de la capacidad científica y tecnológica y de la formación del personal científico y tecnológico que requiere el país.

Alvaro Mendoza Arango
Director General Colciencias



Los sistemas de diagnóstico una alternativa de desarrollo comercial en empresas de Biotecnología

(Fotografía Camilo Gómez Durán. Archivo Colciencias)



INTRODUCCIÓN

La instauración del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, hacia finales de 1991, creó el Programa Nacional de Biotecnología, como un mecanismo de coordinación y enlace de las diferentes actividades que en esta área se llevaban a cabo en el país por parte de entidades públicas y privadas. Como un primer paso concreto para materializar éste objetivo se buscó, mediante un amplio consenso con la comunidad científica, académica y empresarial, establecer las bases para un Plan de Acción del Programa, éste sirvió como instrumento de política desde 1993 y fue conocido como "Tecnologías de la Vida para el Desarrollo. Bases para un Plan del Programa Nacional de Biotecnología".

En la medida en que los objetivos y compromisos de este Plan se ponían en operación, los grupos nacientes de Biotecnología comenzaban a recibir recursos por parte del estado para financiar su equipamiento, infraestructura y la formación de personal. Esta tendencia se incremento en el tiempo pero debió ser reformulada por el cambiante entorno empresarial, científico, tecnológico y legal que las actividades mundiales de Biotecnología adquirieron a mediados de la década de los 90s.

En América Latina y en nuestro país en particular, se hizo evidente la necesidad de coordinar y focalizar los esfuerzos dispersos de los grupos nacionales de investigación y desarrollo y racionalizar la asignación de los escasos recursos destinados, de modo tal, que se pu-

diera entregar a la sociedad un bien o un servicio biotecnológico que mejorara la calidad de vida del hombre colombiano.

En cumplimiento de este mandato en el año de 1997 se establecieron líneas programáticas de acción que determinaron las actividades del Programa Nacional de Biotecnología y que llevaron en 1998 en actividad guiada por el Consejo del Programa Nacional a formular el texto que se presenta: " Plan Estratégico del Programa 1999- 2004".

Este Plan concebido como un instrumento de planeación fue diseñado en tres capítulos. El primero de ellos busca identificar y determinar la posición de Colombia en el contexto internacional de la Biotecnología, mediante la aplicación de una herramienta de benchmarking, usando los modelos de desarrollo de la Biotecnología en Estados Unidos, Canadá y Singapore y comparados con las actividades en Colombia, previa caracterización de su comunidad científica e infraestructura organizacional.

En el segundo capítulo se presenta un análisis conceptual de la manera como el proceso de innovación ha sido modificado por la Biotecnología y se concluye con un análisis del tipo DOFA para el caso Colombiano.

En el último capítulo se entregan las líneas de acción y las prioridades de investigación materializadas en la misión, visión y los objetivos estratégicos del Programa.

Este Plan, que necesariamente debe servir como marco nacional e institucional de referencia para guiar las actividades de Biotecnología en el país, tiene por su misma naturaleza que cumplir con la doble misión: de ser dinámico y adaptable a las veloces desarrollos de la Bio-

tecnología a nivel mundial y de poder responder a las necesidades del país y a las oportunidades de mercado que esta tecnología sin par presenta para Colombia en el nuevo siglo.

Esta edición estará disponible a partir de febrero del año 2000 en la página Web del Programa Nacional de Biotecnología

(<http://www.colciencias.gov.co/simbiosis/>)
simbiosis@colciencias.gov.co



Los procesos de fermentación un soporte para el desarrollo industrial de la Biotecnología.
(Fotografía archivo Colciencias)

CAPÍTULO I



ANÁLISIS DEL CONTEXTO

I. INTRODUCCIÓN

Comúnmente la biotecnología se conoce como cualquier técnica o conjunto de técnicas que utiliza organismos vivos o sus partes para obtener o modificar productos, para mejorar plantas o animales, o para desarrollar microorganismos con usos específicos (U.S.A. Congress Office of Technology Assessment, OTA, Commercialization of Biotechnology, 1984)¹. Esta descripción abarca tanto la biotecnología «convencional» (vgr. producción de ácidos orgánicos o antibióticos por fermentación) así como la «moderna» biotecnología (procesos que involucran DNA recombinante y técnicas de manipulación genética).

1. USA. Congress Office of Technology Assessment: OTA. Commercialization of Biotechnology. 1984

En el lapso de unas pocas décadas, la biotecnología ha revolucionado la agricultura, la medicina, y la conservación del medio ambiente. Los países más desarrollados del mundo, con los Estados Unidos a la cabeza, han escogido a la biotecnología como la tecnología de frontera más importante estratégicamente para mantener altas tasas de crecimiento económico, y seguir siendo altamente competitivos en los mercados globales. Los llamados tigres asiáticos y algunos de los más avanzados países en vías de desarrollo han optado por estrategias similares, mientras que al resto del mundo en desarrollo se le ha llevado a pensar que no tiene opciones estratégicas en el uso de la biotecnología, excepto por algunas aplicaciones, no tan sofisticadas, para resolver algunos problemas principalmente en el área agrícola.

Lo que caracteriza a la biotecnología es que a pesar de no ser una ciencia autónoma ni una disciplina en si misma, es una actividad intensiva en ciencia y en conocimiento. Dada su proyección es necesariamente inter, transdisciplinaria y multisecto-

rial. Por definición, el resultado de su actividad debe derivar en el desarrollo y mejora de procesos o productos para el sector productivo o en bienes y servicios para la sociedad en general: su actividad busca generar bienestar o mejora en la calidad de vida de la comunidad.

En el presente documento, después de compararnos (benchmarking) con tres modelos de desarrollo biotecnológico utilizados en Estados Unidos, Canadá y Singapore, y de presentar extensivamente el panorama de la biotecnología en Colombia, se analizan las principales barreras o impedimentos mayores para poder utilizar a la biotecnología como un verdadero y estratégico factor de competitividad y desarrollo socioeconómico. Posteriormente se lleva a cabo un análisis estratégico siguiendo una metodología DOFA, el cual nos permite llegar a la definición de las que se consideran deberán ser las principales opciones estratégicas para el desarrollo de la biotecnología en el país, por lo menos a un corto y mediano plazo, y que implican un total compromiso de los diferentes



actores de la realidad nacional en su ejecución y desarrollo. Como todo plan estratégico, este es dinámico, lo cual exige su continua actualización dependiendo de los distintos factores coyunturales que afecten nuestro entorno socioeconómico, y teniendo en cuenta las distintas fuerzas que constante y continuamente moldean las realidades internacionales.

II. ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA

Los avances en biotecnología en la última década han sido vertiginosos, principalmente en países desarrollados. Sin embargo, las expectativas actualmente son más realistas que las planteadas inicialmente y es claro que no todos estos avances van a ocasionar impacto en el sistema productivo en un corto plazo.

En países industrializados se ha encontrado que los retornos de las inversiones que las empresas han realizado en biotecnología no se han materializado de la manera como se esperaba: solo un 20-30% de las empresas

biotecnológicas eran rentables en el período 1990-92 en los Estados Unidos de América. Esta situación se debió a que el desarrollo, escalamiento y mercadeo de los productos fue más lento que lo previsto debido a situaciones tales como: lentitud en las aprobaciones reguladoras y de protección de propiedad industrial, dificultades en el escalamiento y formulación de los productos, demoras en los resultados de las pruebas biológicas y los ensayos clínicos, y consideraciones éticas.

En general, especialmente en el sector farmacéutico, el tiempo que transcurre entre la investigación de un principio activo o un producto hasta su aparición en el mercado es demasiado largo (12 a 15 años con una inversión estimada de 300 millones de dólares). Con frecuencia hay incremento en los costos de producción principalmente por aumento de precios en los insumos o por economías poco estables.

Los esfuerzos realizados en la década 80-90 llevaron al desarrollo e industrialización de productos de la «moderna» biotecnología, principalmente en el



sector farmacéutico en donde han causado un efecto económico significativo. La insulina, el interferón, la eritropoyetina, la somatotropina bovina, la hormona de crecimiento humano entre otros productos biológicamente activos, han causado un impacto notable en la sociedad y se utilizan ampliamente. La producción y mercadeo de la mayoría de estos compuestos ha estado y está bajo el dominio de grandes compañías transnacionales.

Los desarrollos y logros obtenidos durante los 80 fueron superiores a lo esperado, principalmente en biotecnologías agroalimentarias. Sin embargo, una revolución en el conocimiento no se tradujo inmediatamente en una revolución agroindustrial o en una aplicación comercial, y ya es claro que su incidencia en la producción agropecuaria puede llevar de 10 a 20 años o más. Esto depende principalmente de condiciones externas al proceso mismo del desarrollo biotecnológico: económicas, legales, percepción pública, políticas sectoriales e industriales.

El auge de la aplicación de la «moderna» biotecnología se pre-

senta con una concentración inicial de inversiones y esfuerzos para el desarrollo y comercialización de productos en su mayoría de alto valor agregado y bajo volumen, es decir, intensivo en capital, ciencia y tecnología. La demora en los retornos de capital llevó a que bajo estas condiciones, las grandes compañías o consorcios de compañías transnacionales ocuparan un lugar preponderante en estos desarrollos. Así mismo, pequeñas compañías fueron absorbidas por las grandes, se presentó fusión de multinacionales, y algunas actividades se emprendieron mediante cooperación interempresarial.

El mercado mundial actual para los productos de origen biotecnológico que se encuentran comercializados es de alrededor de 15.000 millones de dólares, de los cuales un 27% corresponde a agrobiotecnología. El mercado para el año 2000 se ha estimado en 120.000 millones de dólares de los cuales el 55% corresponderá a salud y el 30% a la agrobiotecnología.

Para tener una idea de la magnitud de la actividad biotecnológica en América Latina se debe



considerar un poco la actividad industrial de la biotecnología en el mundo. Así, en 1995 la distribución de empresas biotecnológicas era la siguiente: 1.308 en Estados Unidos; 386 en Europa Continental; 245 en Canadá; 166 en el Reino Unido y 62 en América Latina. El principal campo de aplicación para Latinoamérica (el 53%) fue la propagación y mejoramiento de cultivos, un 16% se dedicó a productos farmacológicos, 14% a productos alimenticios y el resto a otros sectores.

El Directorio Latinoamericano de la Industria de Biotecnología elaborado por el IICA, con volúmenes publicados para los casos de Argentina, Brasil, América Central, la Región Andina, México y Uruguay² muestra las tendencias de uso y aplicación de la biotecnología. Según se mencionó, el mayor porcentaje está involucrado en la producción de insumos agropecuarios, seguido

por empresas farmacéuticas y de alimentos. La distribución de empresas por país se encuentra correlacionada con las capacidades científicas existentes. Así, los países grandes con capacidades de investigación importantes (Argentina, Brasil y México) presentan el mayor número de empresas.

El denominador común para los desarrollos biotecnológicos y su aplicación comercial en los países de América Latina es que un número importante de empresas aplica la biotecnología en algunos de sus procesos productivos, pero no constituyen en sí empresas de base biotecnológica. Los ejemplos más frecuentes de utilización de biotecnologías en América Latina son cultivo de tejidos vegetales, pruebas inmunológicas y moleculares, principalmente para sistemas diagnósticos, y producción de bioplaguicidas. Su enfoque de desarrollo tecnológico es de corto plazo, dado que no pueden costearse actividades de I&D a largo plazo. Las empresas establecidas para insumos biológicos y las agroindustriales inician, por lo general, sus actividades con gru-

2. IICA Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Directorio Latinoamericano de la Industria Biotecnológica. Programa II. Generación y Transferencia de Tecnología. San José. 1991



pos de investigación nacionales. En términos generales no existe un esfuerzo significativo de investigación dentro de la propia industria.

Dadas las características mismas del desarrollo de la biotecnología tanto a nivel mundial, como bajo las consideraciones propias de los países en desarrollo, y teniendo en cuenta la magnitud de la inversión requerida para la generación, transferencia y adaptación a las condiciones específicas de cada país o región, varias agencias internacionales de cooperación científica y técnica han realizado esfuerzos con el fin de definir prioridades y posibilidades reales de aplicación de los desarrollos biotecnológicos en los países en desarrollo, así como apoyo para mejorar la cooperación horizontal y facilitar los avances en forma complementaria. Para el caso de América Latina se encuentran entre otros, los trabajos adelantados por el Programa Regional de Biotecnología PNUD-UNESCO-ONUDI; el Programa Multinacional de Biotecnología y Tecnología de Alimentos de la OEA; estudios adelantados por la FAO;

por el gobierno de Holanda a través del International Service for National Agricultural Research (ISNAR), así como del International Biotechnology Service (IBS); y el estudio que apoyó CIID de Canadá a través de la iniciativa de Canadá-América Latina en biotecnología para el desarrollo sustentable, CAMBIOTEC.

Recientemente y como una muestra de la importancia que la Biotecnología tiene a nivel mundial, debe destacarse el hecho que la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas reunida durante su cuarto período de sesiones (17 al 21 de mayo de 1999 en Ginebra, Suiza)³ examinó el informe de la Secretaría de la UNCTAD sobre el Grupo de Estudio de la Biotecnología, que entre otros aspectos abordó los siguientes:

- “Biotecnología para la producción de alimentos y sus repercusiones para el desarrollo”.

3. United Nations, UN. Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Cuarto Período de Sesiones, Ginebra, Suiza, 1999



- “Cuestiones relacionadas con especies vegetales y animales y sus características”.
- Fortalecimiento de la capacidad endógena para el desarrollo y la transferencia de biotecnología, incluidos mecanismos para integrar la biotecnología en la investigación agrícola”.

Dentro de las conclusiones más importantes de este foro se destacan: la capacidad de la biotecnología para incrementar y mejorar la producción agrícola, facilitar la solución al problema de la seguridad alimentaria, producir impactos en el sector farmacéutico, el aprovechamiento de los recursos marinos y la lucha contra la deforestación. Así mismo se menciona que en los países en desarrollo, si bien, los avances logrados son alentadores, el despegue de la biotecnología ha sido lento debido principalmente a la falta de definición de políticas nacionales claras sobre biotecnología, a la escasez de mano de obra y a la persistencia de problemas económicos y sociales.

Con respecto al desarrollo y difusión de la Biotecnología, se

destaca que “si bien era fundamental realizar actividades de investigación y desarrollo a nivel nacional, para que, entre otras cosas, se tuvieran en cuenta las condiciones locales, el intercambio de conocimientos en el marco de asociaciones y redes Norte-Sur y Sur-Sur y la formulación de iniciativas regionales para lograr una eficaz transparencia y difusión de la tecnología, otros factores importantes también son: la movilización de recursos y la capacitación especializada a fin de desarrollar la capacidad necesaria para las actividades de investigación y desarrollo, la evaluación de riesgos y la elaboración de directrices sobre seguridad biológica y la supervisión de su cumplimiento.

Una muestra adicional de la importancia global del tema la constituye el hecho que en el proyecto de resolución se acordó que el tema principal en el cual se debería centrar la labor de la Comisión durante el período intersesional 1999-2001 sería el “Fomento de la capacidad nacional en materia de biotecnología”, estableciendo grupos de



estudio o trabajo para realizar análisis y formular recomendaciones sobre diversas cuestiones relativas al tema, incluido el desarrollo de los recursos humanos, la transferencia, comercialización y difusión de tecnología, el incremento de la sensibilización y participación pública, la bioética, la seguridad biológica y la biodiversidad y los asuntos jurídicos y normativos atinentes a dichas cuestiones a fin de lograr un tratamiento equitativo”.

Todos estos ejercicios han contribuido notablemente a estimular el estudio interno en cada país de sus condiciones y han proporcionado una orientación muy valiosa para la priorización de actividades y la implementación de planes en los diferentes países. Las principales conclusiones que se han derivado de las diferentes reflexiones y análisis que se han realizado en el contexto Latinoamericano, concuerdan en la conclusión de que dadas las condiciones del desarrollo y aplicación de la biotecnología en el mundo, se requiere una visión diferente a la de los países desarrollados para lograr que la biotecnología sea

tanto competitiva, como de impacto social en nuestros países, sin excluir la posibilidad de copiar y adaptar modelos de desarrollo biotecnológicos que han sido exitosos en países desarrollados. La mayor parte de los productos biotecnológicos nuevos de alto valor agregado provendrán de los países desarrollados, en los cuales el mercadeo está manejado y controlado por las grandes compañías y consorcios transnacionales, y para los cuales no existe posibilidad de competir por parte de los países en desarrollo, a no ser que nos enfoquemos estratégicamente en el descubrimiento de nuevas entidades biotecnológicas que podamos apalancar para su comercialización, en alianzas estratégicas con empresas multinacionales.

Por otra parte, hay problemas, situaciones o demandas específicas en la región para los cuales estas compañías no están interesadas en realizar desarrollos propios, pero si algunas alianzas estratégicas con instituciones o empresas nacionales. Estos serían los nichos específicos para ser abordados por estos países.



Otra consideración definitiva es que en países, con recursos limitados para I&D, no es posible ni razonable seguir dispersando los esfuerzos hacia demasiados temas. Es indispensable concentrar los recursos tanto humanos como financieros hacia problemas de carácter nacional o regional susceptibles de ser resueltos a través del uso de biotecnologías. Deben estimularse los grupos multidisciplinarios e interinstitucionales, con la participación de investigadores, sector productivo, expertos en comercialización y mercadeo, en escalamiento de procesos e ingeniería de productos. Los proyectos desde un principio deben plantearse con un enfoque integral, darles un seguimiento y orientación permanentes y facilitar su articulación con el usuario, ya sea el sector productivo o a través de la prestación de servicios a la sociedad.

Por otra parte, se considera indispensable que la decisión y selección de las tecnologías a desarrollar o adaptar y el financiamiento de los proyectos cuente con la participación definida del sector productivo. La

competencia internacional está fundamentada en la eficiencia del uso de los recursos, en la calidad de los productos y en la productividad de la inversión, aspectos que dependen en buena medida de la tecnología, su dominio y de la capacidad de innovación continua. Este es el reto que debe enfrentar el empresario latinoamericano.

En muchos países en desarrollo los inversionistas deben innovar no solo en ciencia y tecnología sino principalmente en el establecimiento de una base de infraestructura y capacidades de las cuales depende el desarrollo y la innovación. En América Latina se han establecido empresas a partir de grupos de investigación o de institutos de investigación, como es el caso de Agroceres S.A. (Brasil) o vía esquemas de apoyo gubernamental como el Parque de Ciencia BioRio (Brasil), algunas de capital privado como BioSidus (Argentina), empresas conjuntas (Joint ventures) como en el caso de investigadores de la U. Católica de Santiago quienes establecieron BioChile en conjunto con



Chiron⁵, una empresa norteamericana, para manufacturar y exportar anticuerpos monoclonales hacia EEUU y Asia.

La incorporación efectiva de la biotecnología en la industria de la región ha ocurrido en pocas empresas, los casos conocidos son estudiados como rareza. Son frecuentes los casos de iniciativas interesantes con grandes expectativas que no han funcionado principalmente por dificultades o limitaciones en ingeniería de procesos y productos y por aspectos de mercado.

Es denominador común que las lagunas científicas y tecnológicas que se encuentran en el desarrollo de la biotecnología en América Latina tienen paralelo con las deficiencias que las instituciones involucradas demuestran en gestión tecnológica. Esta situación se hace muy compleja en biotecnología dada la proximidad entre ciencias, tecnologías de proceso, tecnologías de producto y tecno-

logías aplicadas. La complejidad se incrementa dada la producción y el avance exponencial de nuevos conocimientos que conllevan una aceleración en los cambios e introducción de innovaciones con impacto social, principalmente en los campos de salud y ambiental.

Una de las limitaciones para la aplicación de los avances, es que la llamada «ciencia de punta» se produce en su mayoría (más del 70 %) en solo siete países, ninguno de los cuales es de Iberoamérica.

Un aspecto adicional a considerar es que la cuestión crítica para definir el interés del sector empresarial, es como ser realmente competitivo en este escenario, nuevo para la mayoría de las empresas.

Otro de los puntos débiles que se han detectado en nuestros países es que muy pocos emprendimientos biotecnológicos presentan estrategias y procesos de gestión tecnológica definidos. Los resultados desalentadores de algunas iniciativas se han derivado fundamentalmente de problemas gerenciales y no científicos o tecnológicos. Hay carencia de

4. Colombia. Presidencia de la República. Departamento Nacional de Planeación, DNP. Plan Nacional de Desarrollo. Bases 1998-2002. "Cambio para la Construir la Paz", Santa Fé de Bogotá, 1998.



capacidad para la selección adecuada y el uso de instrumentos de gestión tecnológica en nuestro ambiente empresarial.

Un requisito indispensable para el desarrollo exitoso de la biotecnología en nuestro medio es que las empresas interesadas, involucradas o potencialmente usuarias de biotecnologías tengan una buena capacidad de administración estratégica, la cual ha mostrado ser muy poco utilizada. La empresa debe tener un portafolio adecuado de productos y servicios, capaces de mantener y desarrollar el posicionamiento competitivo de la empresa, planeado de tal manera que garantice su desempeño, su rentabilidad y su estabilidad. Para ello se requiere de un análisis profundo de oportunidades y riesgos y la visualización e intuición de escenarios futuros. Es necesaria la comprensión real del negocio, los mercados, los clientes, la percepción pública, los proveedores, consideraciones que deben llevar a la definición de los posibles aspectos empresariales críticos. Esta reflexión es la que conduce a la identificación de estrategias competitivas, y es

la que desafortunadamente no es frecuente en nuestros países. Solamente a través de una estrategia corporativa clara y objetiva es posible definir una estrategia tecnológica.

Adicional a la carencia de capacidad de gestión estratégica empresarial, o tal vez como consecuencia de ella, pocas empresas en América Latina muestran alguna sensibilización para realizar inversiones en I&D. Sectores como el farmacéutico y el agroalimentario tienen como actitud ignorar la cuestión tecnológica como factor de competitividad y fundamentan su estrategia competitiva en una producción tradicional, adquisición de principios activos seguidos de simples formulaciones y tácticas comerciales basadas en precios y no en calidad.

En Colombia, la situación en relación con la incorporación de la biotecnología al sector productivo es fundamentalmente la misma que en América Latina. No existen como tal empresas de base biotecnológica, solamente hay dos iniciativas desde mediados de 1996, una de biología molecular (Corpogen) y otra de



anticuerpos monoclonales (Histo-lab) las cuales se encuentran en la incubadora de empresa de Base Tecnológica (Innovar).

III. BIOTECNOLOGÍA Y COMPETITIVIDAD

La definición más aceptada y general de competitividad internacional es que esta es la habilidad relativa de las empresas de un país para desarrollar, producir, y comercializar bienes equivalentes a menor costo que los de las empresas de otro país. La competitividad es un asunto de precios relativos, reflejándose en estos los costos relativos de desarrollo, producción y distribución de los bienes y servicios. Se debe tener en cuenta que cuando se trata de analizar la competitividad de una nación, este análisis se enfoca en un sector industrial específico, siendo probablemente la suma de todos los sectores el coeficiente de competitividad del país. En otras palabras, un país puede ser altamente competitivo en un cierto sector pero muy pobremente competitivo en los otros que componen el potencial industrial, por lo cual en términos generales se podría afirmar que es un país muy

poco competitivo a nivel global. Lo anterior dificulta mucho el análisis de competitividad de la biotecnología en Colombia, pues ésta por definición impacta muchos sectores industriales de diferente manera.

El Plan Nacional de Desarrollo⁴ "Cambio para Construir la Paz" en su capítulo "Las exportaciones como motor de la competitividad" acápite. Apoyo al Desarrollo Científico y Tecnológico, pág. 359 plantea que: "Resulta imperativo focalizar los recursos financieros dirigidos a actividades científicas hacia aquellos sectores dinámicos y estratégicos tales como el conjunto de las nuevas tecnologías genéricas, la electrónica y la informática, y sectores en los cuales el país cuenta con claras ventajas comparativas como el procesamiento de recursos naturales, LA BIOTECNOLOGÍA, etc.

5. Gil L.; Irarrazabal M. C. Biotecnología en Chile. Oportunidades de Innovación Tecnológica. CAMBIOTEC. Santiago. 1999.



En el caso de Colombia la mayoría de sectores industriales poseen un muy bajo nivel de competitividad internacional, por problemas asociados a mercados, distribución, procesos de manufactura y control de la calidad, etc., por lo que es muy difícil poder conocer y analizar el impacto de la Biotecnología en los mismos. Por lo tanto nos limitaremos a presentar las estrategias competitivas utilizadas por los Estados Unidos, como modelo de implementación de la base tecnológica más avanzada del mundo, por Canadá, que nos permite estudiar el desarrollo de la biotecnología en un mercado, que aunque avanzado es "pequeño", y en Singapore, considerado como el mejor modelo de desarrollo de la Biotecnología para países en vías de desarrollo. De esta presentación sintética extrapolaremos los principales factores "competitivos" de los modelos que se tendrán en cuenta para elaborar este plan estratégico de la Biotecnología para Colombia.

Estados Unidos

Las siguientes son las prioridades definidas por este país

para asegurar su liderazgo a nivel mundial en Biotecnología.

1. Incrementar las inversiones y esfuerzos en investigación conducentes a descubrir, caracterizar, modificar, y controlar los procesos y productos genéticos y bioquímicos de un amplio espectro de organismos terrestres y marinos para su aplicación en Biotecnología.
2. Aplicar las herramientas de la Biotecnología moderna a los problemas de la agricultura, el medio ambiente, y la manufactura para facilitar el desarrollo de nuevos y mejores productos, procesos, y métodos de análisis.
3. Fortalecer y potencializar la infraestructura, bases de información, estándares de referencia, y recursos humanos para asegurar la vitalidad futura del establecimiento industrial y comercial (el "negocio") biotecnológico del país.

Desde los comienzos de los programas federales de Biotecnología a principios de los 70, el énfasis fue en el sector salud, donde se invirtieron grandes su



mas de dinero del gobierno en el apoyo a la investigación básica, y se definieron y ajustaron toda una serie de políticas fiscales y regulatorias enfocadas a respaldar e incentivar los esfuerzos privados que condujeron al establecimiento y fortalecimiento de la base industrial biotecnológica.

Los resultados de esta primera "ola" de desarrollo biotecnológico son impresionantes. El valor de capitalización de mercado de las principales 50 empresas biotecnológicas sobrepasa los 35.000 millones de dólares, con empresas como Amgen, Genentech y Chiron que valen más de 20.000 millones de dólares. Vale anotar que el total del valor de capitalización de la industria biotecnológica es casi igual al de una sola multinacional farmacéutica, Schering-Plough, la cual ocupa el décimo lugar en valor con Merck de primera (valor de mercado: US\$ 110.113 millones). La capitalización de mercado de estas diez empresas farmacéuticas supera los US\$ 550.000 millones equivalentes a 8 veces el PIB de Colombia. La inversión en investi-

gación y desarrollo de la base industrial biotecnológica se acerca a los 10.000 millones de dólares (no incluye inversiones en I & D biotecnológico de las farmacéuticas la cual es de 8.000 millones), mientras que el gobierno federal invertirá cerca de 5.000 millones de dólares. En total se invirtieron cerca de 23.000 millones de dólares en 1997 en investigación, desarrollo y comercialización biotecnológica.

El costo del desarrollo de un producto biotecnológico es inmenso. La empresa Biogen (cuarta en valor de mercado) invirtió 11 años y US\$ 120 millones en la investigación, desarrollo y comercialización de su medicamento insignia el Avonex. Genentech, empresa formada hace 20 años por el nobel Herb Boyer y Bob Swanson, posee en el mercado 6 de los 11 principales productos biotecnológicos que se comercializan en el mundo (con 18 más en el canal de desarrollo (PPP - "Portfolio Products Pipeline"). Con ingresos por US\$ 968 millones, sus gastos en I & D fueron de US\$ 471 millones (49% de los ingresos).



La tendencia a las alianzas estratégicas entre empresas biotecnológicas llamadas dedicadas (dedicate) y las farmacéuticas se debe a las siguientes razones estratégicas:

1. Mientras que la industria farmacéutica es altamente competitiva en procesos de comercialización, las empresas dedicadas lo son en investigación.
2. Las empresas biotecnológicas no poseen la capacidad financiera para pasar de la etapa de descubrimiento, mientras que las farmacéuticas no solo tienen el "músculo" financiero para la comercialización, sino que también poseen la infraestructura y el conocimiento para llevar a cabo estas fases (pre-clínica, tres fases clínicas, regulatoria, lanzamiento), las cuales son por lo general tres o cuatro veces más costosas que la fase de investigación (discovery). Normalmente en el desarrollo y comercialización de un producto biotecnológico en el área de la salud humana los costos se distribuyen de la siguiente forma: Descubrimiento 100 (índice

base), pre-clínica 80, Fase clínica I 60, fase clínica II 50, fase clínica III 100, lanzamiento 50., para un total de 440. Menos del 25% del costo de innovación (del concepto al producto en el mercado) son los costos de investigación. También se debe tener en cuenta que solo 1 de cada 10 productos que salen de la fase de investigación, tiene un 20% de probabilidad de ser un producto exitoso en el mercado.

En cuanto a tiempos de desarrollo estos son (tiempo promedio de E.Lilly): Desarrollo y pre-clínico 2500 días, fases 1 y 2 440 días, fase 3 clínica 550 días, registro y aprobación 350 días, lanzamiento y consolidación 500 días.

3. El costo de investigación (discovery) es dos veces más alto para una empresa farmacéutica multinacional que para una empresa dedicada biotecnológica.

Todo lo anterior ha forzado a las multinacionales farmacéuticas a formar alianzas estratégicas con las pequeñas empresas



biotecnológicas. Una farmacéutica como SKB necesita 2 productos y una vacuna nuevos por año para mantenerse competitiva en el mercado global (asegurar un crecimiento anual de ingresos del 10%). Dados los altísimos costos del proceso de comercialización, el cual comienza después de la investigación, estas empresas farmacéuticas han optado estratégicamente por no llevar a cabo la investigación básica que conduce al descubrimiento de una entidad molecular con potencial terapéutico, sino negociar con las empresas biotecnológicas dedicadas a este proceso.

Es esta situación donde se exige la especialización y la dedicación a los procesos de investigación, lo que ha dado lugar a la aparición de un nuevo tipo de empresa llamadas facilitadoras (*enabling*), las cuales han desarrollado las nuevas tecnologías del descubrimiento biotecnológico como son la química combinatoria, la genómica, las técnicas de identificación y tamizaje de alto rendimiento (*High Throughput Screening*), y la evaluación clínica de alto desempe-

ño (*High Performance Clinical Evaluation*) capaz de aplicar pruebas y evaluar resultados en poblaciones de pacientes "específicos" de 50 a 100.000 personas.

Las grandes farmacéuticas tienden a contratar estos servicios, aunque cada día es más frecuente la adquisición de las nuevas "facilitadoras" por parte de las multinacionales para reforzar sus unidades facilitadoras internas (Merck tiene un equipo de más de 400 químicos dedicados a química combinatoria).

Empresas facilitadoras biotecnológicas como Aurora Biosciences, son capaces, vía la nanoingeniería aplicada a la biotecnología, de hacer "screenings" de hasta un millón de células por día contra blancos (*targets*) de hasta 100.000 entidades moleculares. Pharmacopeia Inc., a través de química combinatoria de separación paralela le está sintetizando y analizando a Chiron cerca de 3 millones de compuestos orgánicos por mes.

El mercado farmacéutico internacional alcanzó para 1996 un valor cercano a 282 billones



(282.000) de dólares, correspondiéndole a América Latina el 8% del total. El mercado farmacéutico Argentino vale 4 mil millones de dólares y el Brasileño 8 mil millones. El mercado Colombiano está por encima de los 2.500 millones de dólares. Aunque la participación en el mercado global no es muy alta, el mercado farmacéutico Latinoamericano es el de mayor crecimiento del mundo con tasas promedio del 16% anual (1).

(1) Paradójicamente en Colombia seguimos pensando que las enfermedades que se presentan en nuestro país son típicas de un país tropical tercermundista. Según la OMS, el perfil epidemiológico de morbilidad y mortalidad de un país como Colombia, corresponde al de enfermedades pos-transición. La primera causa de mortalidad en el Valle del Cauca no son las enfermedades infecciosas ni las parasitarias, sino los accidentes cardiovasculares. La incidencia de enfermedades circulatorias y degenerativas es un 25% más alta en los países en vía de desarrollo que en los países industrializados, mientras que el número de personas que mueren de cáncer es casi el mismo. Hay 8 veces más casos de enfermedades respiratorias en los llamados países avanzados del tercer mundo que en los países desarrollados. Por supuesto que las enfermedades parasitarias e infecciosas siguen (y seguirán) teniendo un peso proporcional alto en nuestro país, pero tengamos en cuenta que las tres principales causas de mortalidad en Colombia son grupos de enfermedades que podríamos llamar típicas de un país altamente industrializado.

Para una empresa farmacéutica multinacional el problema no es el tamaño de los mercados nacionales individuales, pues sus estructuras de comercialización son de mercados virtuales (sin fronteras geográficas). Su enfoque estratégico es por clases terapéuticas y no por "conteo" poblacional. Una droga para el tratamiento del SIDA apunta a un nicho de mercado aquí o en los Estados Unidos. De ahí que en ese país se inventaron una regulación preferencial que se conoce como la de las drogas huérfanas (Orphan Drug Act) orientada a darle un tratamiento preferencial a aquellas drogas con una población de acción terapéutica inferior a 220.000 personas. Esta regulación ha sido utilizada por las multinacionales, que no podrían recuperar las fuertes inversiones en investigación en un mercado tan "pequeño", a ampliar la clase terapéutica. Como ejemplo de esta estrategia se puede citar el caso de la HCH (Hormona del Crecimiento Humano). Su acción terapéutica a sido "extendida" al tratamiento de problemas estéticos de estatura baja normal, y no solamente



a problemas verdaderamente clínicos de enanismo.

La verdadera razón por la cual las multinacionales farmacéuticas, que poseen los recursos financieros para comercialización, no se muestran interesadas en "hacer" investigación y desarrollo en Colombia, no es por que exista o no un mercado, sino simplemente por el hecho de que en Colombia no hay investigación de frontera que apunte al descubrimiento de entidades con potencial terapéutico. Y esta condición fundamental no se da en Colombia no por falta de recursos financieros, sino por falta de científicos y organizaciones "dedicadas" al descubrimiento científico. Excepción la vacuna contra la malaria, a la cual le ha faltado un potente plan de comercialización, que implique un programa de mejoramiento.

Las empresas multinacionales no están interesadas en financiar la etapa de descubrimiento (o sea la investigación). Negocian a partir de patentes y por entidades terapéuticas que preferiblemente se encuentren en la fase preclínica, y esto es igual

aquí o en Francia o en EE.UU o en cualquier lugar del mundo.

Las farmacéuticas multinacionales (el mercado mundial en su totalidad lo manejan 50 empresas) estratégicamente, y ante la pérdida de protección de sus medicamentos estrellas (85% de las patentes han vencido), están afanosamente buscando empresas biotecnológicas en cualquier país del mundo, que posean productos con barreras tecnológicas y potencial terapéutico, para formar alianzas estratégicas y mantener su competitividad. No tienen alternativas, o se "casan" o perecen. Un enfoque por clase terapéutica nos daría la opción de crear empresas pequeñas, con buen respaldo financiero para investigación, alrededor de los recursos humanos que ya poseemos. Pensemos en cáncer o enfermedades cardiovasculares devastadoras en Colombia y en el resto del mundo, para generar productos con alto valor agregado que podamos negociar con las farmacéuticas multinacionales.

La segunda "ola" de la investigación biotecnológica en los Estados Unidos se enfoca en cuatro áreas estratégicas⁶:



1. Agricultura. Las prioridades son:

- Mapeo y secuenciamiento de los genomas animal/vegetal/microbiano para elucidar función genética y regulación y que facilite el descubrimiento de nuevos genes como preludio a su modificación.
- Determinar los mecanismos bioquímicos y genéticos de control de las vías metabólicas en animales, plantas, y microorganismos que lleven a productos con nuevas aplicaciones industriales y farmacéuticas.
- Extender la comprensión de las bases moleculares del crecimiento y el desarrollo incluyendo la biología estructural de plantas y animales.
- Dilucidar las bases moleculares de las interacciones de plantas y animales con su entorno físico y biológico,

como base para mejorar la salud y el bienestar de estos organismos.

- Incrementar y fortalecer las metodologías de aseguramiento en seguridad de los alimentos.
- ## 2. Medio Ambiente. Sus prioridades son:

- Desarrollar la comprensión de la estructura de las comunidades microbianas y su dinámica en respuesta a las variaciones y estreses antropogénicos.
- Determinar los mecanismos bioquímicos involucrados en la degradación aeróbica y anaeróbica de contaminantes.
- Expandir la comprensión de la genética microbiana como base de mejoramiento de la capacidad de los microorganismos para degradar contaminantes.
- Desarrollar nuevas tecnologías de biorremediación.
- Desarrollo de nuevas metodologías de monitoreo con biosensores para programas de biorremediación.

6. USA Biotechnology for the 21 st Century. New Horizons. Report from the Biotechnology research subcommittee. Committee on fundamental science. National Science and Technology Council. 1995



3. Manufactura/Bioprosesos

- Investigar métodos para incrementar la eficiencia y expandir la utilidad de la tecnología de los procesos "upstream" (bioreactor hacia atrás).
- Desarrollar la capacidad para recuperar y purificar productos (procesos "downstream").
- Desarrollar métodos avanzados de monitoreo y control de los bioprosesos comerciales.
- Expandir el desarrollo de nuevos biomateriales, incrementando la investigación en ingeniería de tejidos y síntesis química.

4. Biotecnología Marina y Acuicultura

- Desarrollar una comprensión fundamental de los factores genéticos, nutricionales, y ambientales que controlan la producción de metabolitos primarios y secundarios en los organismos marinos, como una base para el desarrollo de nuevos y mejores productos.

- Identificar compuestos bioactivos y determinar sus mecanismos de acción y función natural para generar modelos para nuevas líneas de materiales con aplicaciones en medicina y en la industria química.
- Desarrollar estrategias de biorremediación para ser aplicadas en las áreas costeras.
- Utilizar las herramientas de la biotecnología para mejorar la salud, el crecimiento, la reproducción, y en general el bienestar y la productividad de los organismos acuáticos cultivados.
- Mejorar la comprensión de la fisiología, genética, bioquímica y ecología de los microorganismos acuáticos para desarrollar sistemas de producción y comercialización, y contribuir a la conservación de los océanos.

Se puede apreciar a partir de las anteriores estrategias y prioridades, que los Estados Unidos apuntan hacia un fortalecimiento de la base de conocimientos fundamentales en las cuatro



áreas planteadas, y continúan reforzando y estimulando el desarrollo de modelos de comercialización. Se reafirma la política de que la investigación que no concluya con un bien de uso público, ya sea en un contexto comercial o de mercado social, no tiene ninguna razón de ser y por consiguiente no se considera prioritario para este país.

En la raíz de todo esto encontramos una de las características fundamentales del "modo de ser" (cultura) de los Estados Unidos, y esta es el gran espíritu empresarial que le ha permitido a esta nación ser la más avanzada del mundo.

En un país con más de 600.000 empresas industriales, menos del 3% (16.000) de estas empresas venden al año más de un millón de dólares. El 97% de la base industrial la conforman microempresas.

Canadá

Este es un país con un desarrollo de su base industrial biotecnológica que presenta unas características muy interesantes

por su similitud estratégica a países menos desarrollados.

En 1981 el gobierno federal selecciona a la biotecnología como una de las tecnologías estratégicas para el desarrollo socioeconómico, y como foco para soporte financiero estatal. En el mismo año se fundan las dos primeras "microempresas" biotecnológicas, Allelix y QLT Photo Therapeutics. Solo hasta el año 84 se inicia la estrategia nacional biotecnológica y se establece el Instituto de Biotecnología Vegetal. En los dos años siguientes se crean Cangene y Biomira y en 1987 se crea el Instituto de Investigaciones Biotecnológicas -IIBC, el cual se constituye en el motor fundamental de la biotecnología Canadiense.

Diez años después de la creación del IIBC operan en Canadá 224 empresas biotecnológicas, de las cuales 59 son públicas (por acciones) con un valor de capitalización de mercado de 8.000 millones de dólares (canadienses). La base industrial biotecnológica emplea 11.000 trabajadores directos y genera ingresos al sistema económico por más de 1.000 millones de dólares.



Del total de empresas dedicadas, el 72% están clasificadas como pequeñas o muy pequeñas, con un promedio de menos de 10 empleados. Aquí vemos de nuevo el común denominador del espíritu empresarial. La base biotecnológica invirtió más de 400 millones de dólares en investigación durante 1997.

Las empresas biotecnológicas cambiaron muy rápidamente su enfoque estratégico de convertirse en FIPCOS (Fully Integrated Pharma Companies.) a un enfoque especializado y "dedicado" a la investigación conducente al descubrimiento, buscando alianzas estratégicas con las grandes empresas farmacéuticas. Este es el mismo patrón estratégico al adoptado por las empresas Norteamericanas, donde la fortaleza en I & D de las microempresas biotecnológicas se combina con la fortaleza financiera y de comercialización de las farmacéuticas. Este patrón se repite en Francia, Alemania, Singapur, y en casi todos los países que han logrado sentar las bases industriales y comerciales del "negocio" biotecnológico.

Los dos grandes impedimentos que tienden a desacelerar la

evolución de esta base biotecnológica son la complejidad de los procesos de registro y legislación regulatoria, y la falta de talento gerencial y personal calificado con experiencia en desarrollo corporativo.

Las siguientes son las áreas estratégicas y sus líneas prioritarias:

1. Salud Humana (37% de las empresas)
 - Productos farmacéuticos y vacunas (en todas las clases terapéuticas)
 - Mecanismos de administración de medicamentos
 - Modelos transgénicos
 - Test diagnósticos in-vivo e in-vitro
2. Agricultura (26%)
 - Salud y nutrición animal
 - Biotecnología vegetal
 - Biopesticidas
 - Animales transgénicos
3. Medio ambiente (22%)
 - Biorremediación
 - Biomasa



- Reciclaje
- Desarrollo de recursos minerales
- Desarrollo de recursos forestales.
- Desarrollo de sistemas en acuicultura

El 80% de los productos biotecnológicos Canadienses se comercializan por fuera del país. Este hecho reafirma un punto anterior de que si se tiene un producto altamente competitivo, los mercados locales pierden todo significado estratégico.

De un análisis del estado de la biotecnología canadiense se pueden extraer tres puntos estratégicos de suma importancia para definir nuestras prioridades en biotecnología.

1. El paradigma en salud humana está cambiando a un ritmo muy acelerado en casi todos los países del mundo. El modelo tradicional de costo-componente se está transformando en un nuevo modelo enfocado en el continuo de la prevención-atención. Las multinacionales farmacéuticas están desarrollando plataformas

de atención integradas en todo el sistema de salud, desde la gerencia de la enfermedad hasta la gestión de beneficios a nivel de las organizaciones de atención clínica. Solo las empresas biotecnológicas capaces de alinearse con las farmacéuticas y las plataformas de cuidado integrado, y que posean entidades terapéuticas de alto valor "integral" tendrán éxito comercial. Ya no es el costo del medicamento lo que determina las ventajas competitivas, sino los costos sociales asociados y los factores de calidad de vida de los usuarios (pacientes).

El componente más crítico para la industria farmacéutica es la farmacoeconomía de los procesos de desarrollo y mercadeo, y este componente deberá ser integrado a las estrategias de desarrollo corporativo de todas las empresas biotecnológicas "dedicadas" que operen en el campo de la salud humana. Este nuevo modelo abre una oportunidad importante para pequeños emprendimientos biotecnológicos que posean la "masa crítica" de talento y conocimientos para



descubrir nuevas y más efectivas soluciones biotecnológicas de diagnóstico y tratamiento terapéutico.

2. La industria biotecnológica posee barreras tecnológicas intrínsecas que la protegen contra la competencia del sector farmacéutico. La biotecnología es altamente compleja, y replicar una innovación o copiar un desarrollo requiere un profundo conocimiento del producto y los procesos, ambos patentables. Copiar una innovación biotecnológica implica grandes inversiones en tiempo y dinero, que aunque posible hacerlo, coloca a la farmacéutica en una desventaja competitiva.
3. Mencionábamos que uno de los mayores obstáculos para el desarrollo comercial de la biotecnología, sobretudo en bi-agricultura, es la falta de talento gerencial y empresarial para transferir los resultados de la investigación y el descubrimiento a un contexto de mercado. La solución que ha implementado Canadá para resolver este problema es fortalecer el sistema de forma-

ción de científicos y tecnólogos, con una capacitación empresarial. En Colombia todo programa de formación de biotecnólogos, debería incluir una o dos cátedras en formación empresarial. Los mejores gerentes del establecimiento biotecnológico son los científicos e ingenieros. Para este fin, tener gerentes y empresarios con una fuerte formación científica, es necesario superar problemas estructurales del sistema educativo nacional.

Singapore

Este país en vías de desarrollo representa un extraordinario ejemplo del impacto de la ciencia y la tecnología en la competitividad de una nación. Durante los últimos años, Singapore ha ocupado consecutivamente los primeros lugares en las pruebas mundiales de matemáticas y ciencias que se aplican simultáneamente a jóvenes estudiantes, en 40 países del mundo (Colombia ocupó el penúltimo lugar). De igual forma Singapore posee las tasas de crecimiento económico más altas del mundo, y hoy en día se considera entre el gru-



po de países desarrollados y como el más avanzado de los NIC's (Nuevos Países Industrializados) asiáticos. La estrategia nacional de desarrollo económico de este país está enfocada a la utilización de la investigación y el desarrollo científico-tecnológico como mecanismo del incremento del valor de las actividades industriales.

En 1996 se anunció el nuevo plan quinquenal de desarrollo tecnológico con un presupuesto asignado de 4.000 millones de dólares. Dentro de esta estrategia, el país más competitivo del mundo (World Economic Forum, 1996,1997), seleccionó a la biotecnología como la tecnología nuclear (core) de todo el plan, asignándole el 70% del presupuesto del plan para su desarrollo.

Los esfuerzos para la creación de esta base industrial biotecnológica datan de 1987 cuando se creó el Instituto de Biología Molecular y Celular (IMCB). Hoy en día la infraestructura estatal para investigación y desarrollo biotecnológico la componen además del IMCB, el Instituto de Agrobiología Molecular, Centro de

Tecnología en Bioprocesos, Instituto de Tecnología Ambiental, Instituto de Investigación e Ingeniería de Materiales, y BIOMAT, el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional. Además, con la ayuda de empresas multinacionales, se creó el Centro de Farmacología Clínica.

La estrategia de desarrollo biotecnológico se centra, al igual que los modelos Canadiense y Norteamericano, en la creación y desarrollo de empresas "dedicadas" y en la promoción de alianzas estratégicas entre éstas y las grandes multinacionales farmacéuticas y biotecnológicas.

Con este fin, se creó la incubadora de empresas de base tecnológica en 1994 donde hoy operan cerca de 200 compañías de las cuales 25 son empresas biotecnológicas. Adicionalmente se han fortalecido los programas de formación de recursos humanos con la meta de contar con 90 investigadores por cada 10.000 trabajadores (hoy tiene 50. Israel ocupa el primer lugar con 130 seguido por Japón con 80 y los EEUU con 75. Alemania y Corea tienen 58 y 57 respectivamente. Colombia no llega a 1).



Es la formación de una "masa crítica" de investigadores, apoyados por una excelente infraestructura de investigación y desarrollo científico-tecnológico, y respaldados por una decisión política frente a la biotecnología que canaliza fuertes recursos financieros hacia este campo, lo que le ha permitido a países "en vía de desarrollo" como Singapur, Taiwan, Corea, y China, lograr en un tiempo relativamente corto (10 años en promedio), una excelente plataforma industrial biotecnológica que ha tenido y continuará teniendo un fuerte impacto en el desarrollo socioeconómico, la competitividad, y por ende la calidad de vida de los pobladores de estas naciones.

IV. CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA DE BIOTECNOLOGÍA EN COLOMBIA

Para finales del año de 1991 y durante 1992, fechas en las cuales comienza a gestarse el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, los primeros análisis ^{7,8,9} de

la comunidad de investigadores que desarrollaba labores de biotecnología en el país, mostraban que ésta estaba conformada principalmente por profesionales provenientes de disciplinas como el Fitomejoramiento, la Biología, la Química Farmacéutica y la Bioquímica y se dedicaba en su mayor parte a desarrollar labores en Biotecnología aplicada al sector agrícola. Para esta misma época se encontraba que los profesionales dedicados a la investigación en los sectores agrícola y animal llegaban a 204, de los cuales 29 poseían un título de doctorado y 49 de maestría. De esta pequeña masa crítica el 50% aproximadamente laboraba en universidades y en entidades públicas.

7. Montoya, D. Aramendis R.R. Algunas consideraciones sobre el desarrollo de la Biotecnología vegetal en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Biotecnología, Santa Fé de Bogotá, 1991
8. Torres R. Elementos de Política para el Desarrollo de la Biotecnología en Colombia. COLCIENCIAS, Santa fé de Bogotá. 1991.
9. Torres R. The State of Agricultural Biotechnology in Colombia, Case Study (Preliminary version). International Service for National Agricultural Research, ISNAR, The Hague. 1991.



Se evidenciaba entonces que el mayor número de profesionales se desempeñaba en labores de aplicación de la biotecnología al sector agrícola abordando líneas de investigación relacionadas con la micropropagación, el saneamiento y la certificación, la conservación de germoplasma y la caracterización bioquímica y molecular de material vegetal ⁷.

Respecto a los otros campos de aplicación de la biotecnología se apreciaba una menor cantidad de profesionales y un lento desarrollo de algunas líneas de investigación en temas relacionados con salud humana. En este sentido era notable el esfuerzo por estudiar algunas enfermedades genéticas y metabólicas empleando herramientas de biotecnología y por desarrollar sistemas diagnóstico para algunas patologías prevalentes en el país.

Para este mismo periodo de tiempo era muy bajo el porcentaje de profesionales y las líneas de investigación dedicadas a la biotecnología aplicada a los campos pecuario, industrial y ambiental.

Hacia los años de 1993 y 1994¹⁰ el sector agrícola mantenía la mayor proporción de investigadores, pero se evidenciaba un interesante surgimiento de nuevas líneas de investigación en temas relacionados con transformación vegetal, biofertilizantes y biopesticidas. Así como el sector agrícola comenzó a ampliar su radio de acción la aplicación de la biotecnología en las áreas de salud, medio ambiente y pecuaria también comenzó a ganar investigadores que generaron nuevas propuestas de investigación.

En el sector salud fué notable el desarrollo de trabajos en temas relacionados con el empleo de anticuerpos monoclonales para la obtención de sistemas de diagnóstico y el desarrollo de técnicas de DNA recombinantes aplicadas a la alergología experimental. En los aspectos medio ambientales se dió inicio, con el apoyo del sector privado, al de-

7. Idem.

10. Torres R. El Estado de la Biotecnología Agropecuaria en Colombia (versión final) International Service for National Agricultural Research, ISNAR, The Hague. 1993.



sarrollo de sistemas de tratamiento de aguas residuales y en el sector pecuario se brindó un muy fuerte impulso al uso de herramientas de biotecnología para la caracterización de algunas razas de ganado criollo bovino de importancia económica para el país.

Para los años de 1995 y 1996 los análisis^{11, 12, 13} mostraron que se continuó incrementando el número de profesionales vinculados al desarrollo de actividades de biotecnología en el sector agrícola y su grado de formación académica. Para este periodo de tiempo se contaba con 251 investigadores de los cuales 48 poseían un título de

doctorado y 62 de maestría. Las líneas de investigación mantenían como temas preferenciales de trabajo los relacionados con control biológico y bioplaguicidas, pero se notaba la presencia de nuevos temas, como los relacionados con resistencia o tolerancia a patógenos y los estudios de caracterización molecular de especies de interés económico (vrg. plátano, banano, maracuyá).

En los otros campos de aplicación de la biotecnología también se mostraba un incremento en el número y en el grado de calificación académica de los investigadores involucrados.

En el sector industrial donde era casi inexistente el número de personal vinculado, se contaba con 36 investigadores de los cuales 5 poseían un grado de doctorado y 7 de maestría. Estos profesionales enfocan principalmente su labor investigativa al desarrollo de procesos fermentativos destinados, por ejemplo, a la producción de *Bacillus thuringiensis* para el control de insectos plaga, la obtención de enzimas como la renina

11. Colombia, COLCIENCIAS. Biotecnología. Cinco años de investigaciones en Colombia, 1991-1996. Aramendis R.R.; Hodson de J. E. Programa Nacional de Biotecnología, Santa Fé de Bogotá. 1996

12. Colombia, COLCIENCIAS. Directorio de Biotecnología Colombia, 1995. Aramendis R.R.; Hodson de J. E. Programa Nacional de Biotecnología. Santa Fé de Bogotá. 1996

13. Colombia, COLCIENCIAS. Programa Nacional de Biotecnología. Proyectos cofinanciados por Colciencias 1991-1997. Aramendis R.R. Hodson de J. E. Programa Nacional de Biotecnología, Santa Fé de Bogotá. 1998



o la obtención mediante métodos de cultivo de cepas vírales (caso del virus de la hepatitis B). En el sector ambiental se contaba con 82 investigadores de los cuales 14 tenían una formación doctoral y 31 título de maestría y continuaban aplicando la biotecnología a la solución de los problemas de contaminación generados por las aguas residuales.

Para finales de 1998 y comienzos de 1999 un análisis de conjunto de la información disponible en el programa de Biotecnología de Colciencias¹⁴ mostró que el país contaba con 74 grupos de investigación activos que

en su mayor proporción (57%) aplicaban de manera preferencial la Biotecnología al sector vegetal y agrícola, seguidos por la aplicación a la salud humana (17%), el medio ambiente (14%), el sector pecuario (7%) y que el campo más reducido de aplicación era el sector industrial (5%). Figura No. 1

Estos grupos de investigación se sitúan principalmente en las

14. Colombia, COLCIENCIAS. Biotecnología en Colombia. Grupos de Investigación 1998. Hodson de J. E. Aramendis R.R. Guhl M. Programa Nacional de Biotecnología, Santa Fé de Bogotá. 1998

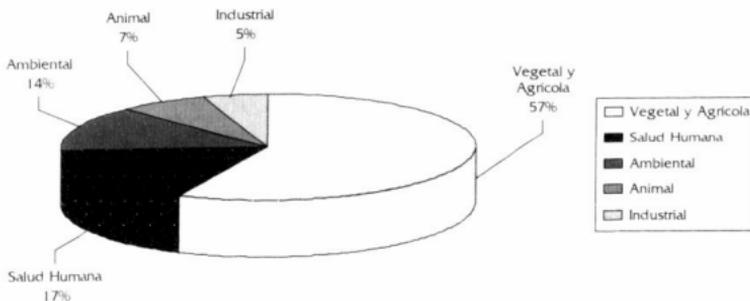


Figura 1. Distribución de 74 grupos de investigación, por campo de aplicación, 1998-1999. Programa Nacional de Biotecnología. COLCIENCIAS

universidades y en el sector productivo (35% y 33% respectivamente), pero también es notable la presencia de los mismos en los centros de investigación (27%) con una menor presencia en otras entidades, como las fundaciones o los entes mixtos. Figura No. 2

El grado de calificación académica global de la comunidad de Biotecnología hoy en Colombia muestra que en la actualidad se cuenta con un número de 532 investigadores de los cuales aproximadamente un 17% tiene un grado de formación doctoral y un 26 % ha alcanzado un título de maestría, Figura No. 3. Estos

profesionales están preferencialmente dedicados a ejecutar trabajos en el sector vegetal y agrícola (42%) y en los distintos campos de aplicación a la salud humana (31%), seguidos por las aplicaciones en los campos ambiental (14%), animal (7%) e industrial (6%). Figura No. 4

El anterior análisis muestra como a pesar de contar con un número apreciable de grupos de investigación e investigadores activos formados al más alto nivel (aproximadamente 90 de ellos con grado de doctorado) y dedicados preferencialmente al área agrícola, no existen aún resultados razonables como fruto

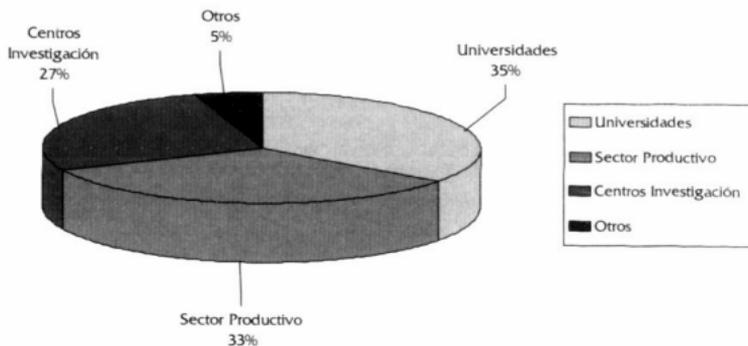


Figura 2. Distribución de 74 grupos de investigación, por tipo de institución, 1998-1999. Programa Nacional de Biotecnología. COLCIENCIAS

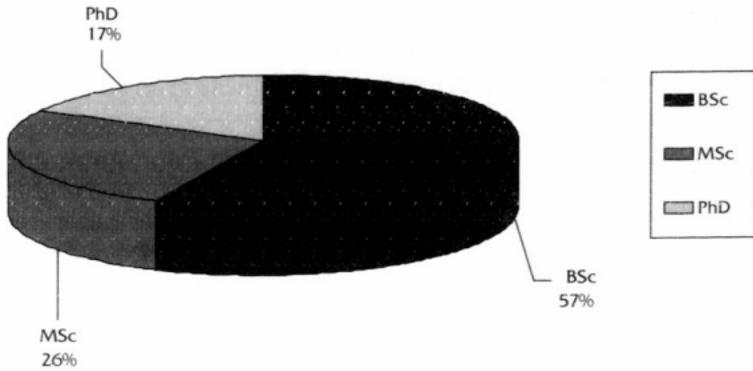


Figura 3. Distribución de 532 investigadores, por nivel académico, 1998-1999 Programa Nacional de Biotecnología. COLCIENCIAS

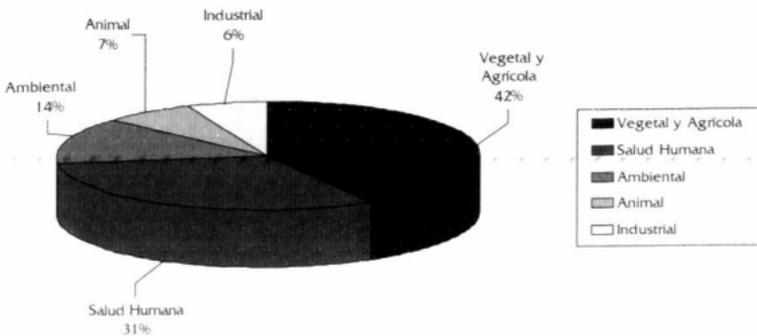


Figura 4. Distribución de 532 investigadores, por campo de aplicación, 1998-1999 Programa Nacional de Biotecnología. COLCIENCIAS

de la interacción entre ellos o con los sistemas privado/comercial y público social. Este gran poten-

cial del área agrícola podría usarse como base para desarrollar un programa piloto estratégico que



vinculara este potencial humano con las necesidades y prioridades del país y con sus ventajas comparativas.

Infraestructura Organizacional

La infraestructura con la que cuenta el país para desarrollar Biotecnología se encuentra principalmente localizada en los Centros de Investigación y en las Universidades, principales destinatarios de los recursos aportados por el Estado para el desarrollo de estas actividades. En el sector agropecuario es notable la presencia de Centros de Investigación de carácter público y Centros de Investigación ligados directamente a los gremios de la producción. Dentro del primer caso podemos citar como modelo a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, institución de carácter público que funciona bajo los sistemas del derecho privado y que vela por las labores de investigación y desarrollo de beneficio socioeconómico para el país y dentro

del segundo grupo se destacan aquellos centros de investigación financiados y apoyados por gremios específicos de la producción y que tienen como misión la resolución de problemas puntuales a sus afiliados. Dentro de estos podemos citar a CENICAFE, CENICAÑA, FEDEPAPA, FEDEARROZ, CORPOCEBADA, entre otros.

La principal fortaleza de estos centros radica en su capacidad de interactuar directamente con los usuarios y productores acortando de esta manera el ciclo entre la presentación de los problemas y la resolución de los mismos.

Es de destacar que la presencia de redes de investigación en Biotecnología ha sido una actividad de reciente instauración, especialmente gestada con apoyos estatales en temas definidos por el Consejo de Biotecnología como de importancia estratégica para el país.

Dentro de estas cabe destacar el trabajo que realizó la red Colombiana de Bioplaguicidas, que reunió a instituciones públicas y privadas (Universidad Nacional,



Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB), CORPOICA, VECOL S.A) interesadas en el tema del control biológico, con énfasis en *Bacillus thuringiensis* y la muy reciente creada Red Colombiana de Biotecnología Ambiental que reúne a universidades como la Industrial de Santander, los Andes y la Universidad de Antioquia.

La principal virtud de este mecanismo de alianzas interinstitucionales es la de propiciar un trabajo multisectorial e interdisciplinario que permita entregar soluciones a problemas considerados como críticos por sectores específicos de la comunidad. Sus desventajas radican en su bajo nivel de institucionalización, la poca experiencia de los investigadores en abordar la resolución de problemas con metodologías interdisciplinarias y en las dificultades de orden legal y técnico que se generan cuando los proyectos de investigación conducen a resultados que pueden ser comercializados o sujetos de protección legal vía patentes o cualquier otro mecanismo

de protección a la propiedad intelectual.

El Plan Nacional de Desarrollo⁴ en su capítulo "Las exportaciones como motor de la competitividad", acápite apoyo al desarrollo científico y la innovación tecnológica señala que "Se promoverá el desarrollo de nuevas formas organizacionales de la comunidad científica y tecnológica caracterizadas por conformación de consorcios de investigación, establecimientos de redes de investigación, fomento de alianzas estratégicas entre centros de investigación, universidades y empresas del sector productivo, desarrollo de nuevas formas de cooperación universidad-empresa, financiamiento a programas y proyectos de investigación en los que participen en forma asociativa diversos grupos y centros, y el establecimiento y fomento a las redes de innovación y desarrollo tecnológico.



Requerimientos de recursos humanos y desarrollo de una capacidad de investigación

Dado que la Biotecnología es una tecnología de punta, intensiva en conocimiento, para lograr el desarrollo de sus capacidades nacionales y la aplicación de las mismas a la solución de problemas del país, es indispensable la concurrencia de varios factores, a saber: a) la imprescindible formación a nivel de maestría y doctorado del recurso humano indispensable para apoyar diferentes líneas de investigación y generar núcleos de discusión científica y del personal de apoyo formado en comercialización y mercadeo de productos provenientes de altas tecnologías; b) generar una capacidad de respuesta efectiva y rápida a las necesidades del mercado o de la industria; c) desarrollar habilidades competitivas; d) definir estrategias e inversiones; e) lograr estímulos por parte del estado a la incorporación de nuevas tecnologías en el aparato productivo nacional. En nuestro país las universidades públicas y

privadas han contado y cuentan con formación a nivel de postgrado en algunas de las áreas que sustentan el desarrollo de la Biotecnología y mediante los programas de formación doctoral se encuentran en formación en el exterior algunos estudiantes en sus diferentes campos de aplicación.

Un análisis de la formación de recursos humanos en Biotecnología para el país mostró como resultado de diversos ejercicios de reflexión colectiva referidos específicamente al tema de la formación de recursos humanos en Biotecnología (vrg: Políticas de investigación en Biotecnología Vegetal, agosto 12-14 de 1991 y Hacia la formación de recursos humanos en Biotecnología Septiembre 27 de 1991¹⁵ que se requerían investigadores formados en las áreas de Biología y Genética molecular, Biología celular, Microbiología, Ingeniería Bioquímica, Inmunología, Fi-

15. Colombia. COLCIENCIAS. Políticas de Investigación en Biotecnología Vegetal. Hacia la Formación de Recursos Humanos en Biotecnología. Santa Fé de Bogotá, 1991.



siología vegetal, Fitopatología, Ingeniería de proteínas y Tecnología de enzimas.

En materia de formación a nivel doctoral en temas conexos con la Biotecnología la experiencia del país es muy reciente. Los primeros doctorados comienzan a ser aprobados hacia el año de 1994 y los de más reciente creación reciben apoyo oficial hacia el año de 1996. Se destacan dentro de estos el doctorado en Ciencias Biomédicas de la Universidad de Antioquia (1994), el doctorado en Genética de la Universidad de los Andes (1994), los doctorados en Biología y Ciencias

Biomédicas de la Universidad del Valle (1995), el doctorado en Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander (1995), el doctorado en Química de la Universidad Nacional y los demás reciente aprobación (1996) en Ciencias Biológicas y Biomédicas de las Universidades Javeriana y Pontificia Bolivariana, respectivamente.

La tabla 1 muestra los programas de formación doctoral que sustentan el desarrollo de la Biotecnología en Colombia.

Es de destacar que de los ocho programas doctorales ofrecidos, existen tres de ellos enfocados

Tabla 1. Programas de formación doctoral que apoyan el desarrollo de la Biotecnología en Colombia. 1998-1999 Programa Nacional de Biotecnología. COLCIENCIAS

Entidad	Doctorado	Fecha Aprobación
Universidad de Antioquia	Ciencias Biomédicas	1994
Universidad de los Andes	Genética	1994
Universidad Nacional	Química	1994
Universidad del Valle	Biología, Química y Ciencias Biomédicas	1995
Universidad Industrial de Santander, UIS.	Ingeniería Química	1995
Universidad Javeriana	Ciencias Biológicas	1996
Universidad Pontificia Bolivariana	Ciencias Biomédicas	1996



al área de las ciencias Biomédicas, tres en el área de las ciencias Biológicas (Biología, Genética y Ciencias Biológicas), dos Química y otro en Ingeniería Química. Esto haría suponer, que en un futuro cercano, cuando egresaran estos profesionales, la capacidad nacional para desarrollar aspectos de Biotecnología basados en tecnologías genéricas de tipo biológico podría aumentar, pero sería notoria la debilidad en la formación de investigadores capaces de desarrollar los aspectos prácticos de la ingeniería de procesos.

En relación con la formación a nivel de maestría puede decirse

que los programas existentes son de más amplia trayectoria, se ofrecen en seis entidades universitarias del tipo público y privado y son más numerosos que los programas doctorales.

La tabla 2 resume los principales programas de maestría que apoyan el desarrollo de la Biotecnología en el país.

Estas maestrías son ofrecidas prácticamente por las mismas entidades que apoyan los doctorados destacándose que de los 13 programas ofrecidos, por lo menos cinco de ellos están enfocados a generar capacidad para las tecnologías genéricas de tipo biológico (genética, repro-

Tabla 2. Programas de formación a nivel de maestría que apoyan el desarrollo de la Biotecnología en Colombia. 1998-1999. Programa Nacional de Biotecnología. COLCIENCIAS

ENTIDAD	MAESTRIA
Universidad Nacional	Química, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Química (Bioquímica) Genética, Reproducción animal, Microbiología
Universidad de los Andes	Microbiología, Biología
Universidad del Valle	Microbiología, Bioquímica, Química, Biología
Universidad de Antioquia	Inmunología
Universidad Javeriana	Ingeniería Ambiental, Microbiología.
Universidad Industrial de Santander, UIS	Ingeniería Química



ducción animal, microbiología, biología e inmunología), uno a tecnologías de tipo químico y tres de ellos al desarrollo de capacidades básicas de Ingeniería (química o ambiental).

Del análisis global de los programas de formación a nivel de posgrado ofrecidos en el país y que sustentan el desarrollo de la Biotecnología, podemos inferir que en el mediano plazo (cinco años aproximadamente) se contará con un número apreciable de investigadores formados en tecnologías genéricas de tipo biológico, pero que será notoria la falta de nuevos investigadores capaces de abordar los procesos de Biotecnología desde el punto de vista de la ingeniería de los procesos de producción y el escalamiento para la obtención de bienes y servicios, además, de la falta de formación de gerentes y especialistas en comercialización y mercadeo de productos de alta tecnología en empresas de base tecnológica.

La formación de investigadores jóvenes a nivel doctoral en el exterior, mediante los programas BID-COLCIENCIAS, etapas I-IV, en campos aplicados a la Bio-

tecnología, representa un porcentaje muy bajo (solo 6%) en relación con la formación en otros campos del conocimiento pero responde a la dinámica de la comunidad que cuenta con un mayor número de investigadores en las áreas vegetal y agrícola y con números menores en los campos de aplicación en salud humana, ambiental e industrial.

De un total de 32 becarios doctorales en formación en los programas BID I-IV 20 regresarán al país capacitados para ejecutar labores en los campos vegetal y agrícola, y el resto se deberá distribuir en investigadores formados en las aplicaciones industriales de la Biotecnología (5 doctorandos) y en aplicaciones en salud humana (3), ambiental y pecuaria (2 doctorandos) cada una. Estos análisis permiten inferir que la formación de doctorandos en el exterior podría mejorar en el mediano plazo, la amplia demanda de investigadores en los campos vegetal y agrícola, pero que se necesitará un mayor número de personal y un mayor grado de calificación académica en los campos de aplicación in-



dustriales, de salud humana, pecuarios y ambientales.

Los análisis de la formación de recursos humanos para Biotecnología tanto en el país como en el exterior permiten ver que en el mediano plazo (cinco años) algunas de las necesidades de formación de recursos humanos que se habían previsto en el año de 1991 (Fisiología vegetal, Fitopatología, Microbiología) podrían ser cubiertas por los nuevos profesionales formados bien sea en los postgrados ofrecidos por el país o con aquellos que regresen luego de culminar sus estudios de doctorado. Sin em-

bargo se continuará presentando un déficit en la formación de recursos humanos en áreas como ingeniería de bioprocesos, ingeniería de proteínas, tecnología de enzimas.

Para esta época también se hará necesario considerar que debido al vertiginoso desarrollo de nuevas técnicas y aplicaciones de la Biotecnología es indispensable la capacitación de recursos humanos en áreas de apoyo a las tecnologías convencionales, sin las cuales es impensable desarrollar bienes o servicios. Dentro de éstas podríamos citar a la Bioinformática, la gestión

Tabla 3. Distribución de 32 Becarios Doctorales en Programas en Programas de Biotecnología BID-COLCIENCIAS I-IV 1991-1997*

	ANIMAL	AMBIENTAL	INDUSTRIAL	HUMANA SALUD	VEGET/ AGRIC	TOTAL
UNIVERSIDADES	0	2	5	2	11	20
CENTROS INVESTIGACION	2	0	0	1	9	12
SECTOR PRODUCTIVO	0	0	0	0	0	0
OTROS	0	0	0	0	0	0
TOTAL	2	2	5	3	20	32

*Durante los años 1998 y 1999 no se ofrecieron Programas de becas para estudios de doctorado y maestría ni en Colombia ni en el exterior



tecnológica, la gerencia tecnológica, la transferencia de tecnología y la propiedad intelectual. Es necesario definir una estrategia y unos mecanismos de cooperación internacional que le permitan al país comenzar a formar recurso humano en estos temas.

Desafíos para el desarrollo de la comunidad

Los retos que enfrenta la comunidad de Biotecnología del país para su desarrollo están ligados a tres aspectos centrales: 1. la formación de recursos humanos, 2. la definición de potenciales tecnológicos y de mercado para el desarrollo de productos y/o procesos seleccionados, 3. la adopción y/o adecuación de sistemas legislativos y regulatorios.

1. En materia de recursos humanos se requiere la consolidación, no solo, de equipos de investigadores con alta formación especializada, (PhD y MSc) principalmente, con una excelente capacidad de desarrollo y gestión tecnológica, sino de especialistas en comercialización y mercadeo de

productos de alta tecnología, propiedad intelectual y gestión tecnológica. Estos equipos deben ser de carácter interdisciplinario y multisectorial y deberán enfocar sus esfuerzos a mantener una actualización permanente de conocimientos científicos en las áreas básicas que soportan la biotecnología y en sus áreas comerciales y de gestión tecnológica, de modo tal que puedan convertirse no solo en generadores de conocimientos útiles para resolver problemas nacionales, sino también en interlocutores válidos con capacidad de llegar a las industrias para apoyar los procesos de selección, negociación, implantación o transferencia de tecnologías que el país no está en capacidad de desarrollar, bien sea por su alto costo o porque la brecha tecnológica existente es demasiado amplia para ser superada.

2. En materia de aspectos tecnológicos y de mercado son necesarias dos tipos centrales de acciones. La primera destinada a definir de manera concertada entre generadores



y usuarios finales del conocimiento, aquellos nichos estratégicos en los cuales se puede ser competitivo de acuerdo con esquemas que privilegien la demanda sobre la oferta y la adopción de esquemas de necesidades / capacidades / oportunidades y la segunda el acceso a capital público o privado de riesgo de modo tal que puedan ejecutarse emprendimientos conjuntos para el desarrollo y/o implantación de tecnologías adecuadas a nuestras necesidades.

Es notable también la urgencia por adaptar y mejorar los sistemas regulatorios y legislativos que permitan no solo el avance de las actividades de investigación y desarrollo en universidades, centros de investigación y empresas en el país, sino el fortalecimiento de las actividades de transferencia y adaptación de tecnologías que las grandes compañías multinacionales desean desarrollar en el país. Es necesario entonces actualizar los sistemas legislativos vigentes en materia de propiedad intelectual, adoptar normatividades nacionales, acordes con los estándares in-

ternacionales en aspectos de Bioseguridad y reglamentar las normas vigentes sobre acceso a recursos genéticos.

Grupos y centros de excelencia

La consolidación de cualquier comunidad científica requiere un proceso de mutuo aprendizaje entre grupos y centros líderes en la aplicación y uso de conocimientos específicos y grupos con menor capacidad en materia de recursos humanos, tecnologías e infraestructura. En general, esta interacción debe darse con criterios que permitan que el grupo o centro sea capaz de contar con una capacidad científica propia de reflexión y análisis, que pueda generar un programa y un plan de actividades, que sea capaz de generar estabilidad y permanencia en el tiempo y que obtenga productos de calidad que puedan ser medibles mediante estándares internacionales, bien sea mediante publicaciones reconocidas en el ámbito científico o mediante la obtención de productos o procesos que ingresen a los circuitos de mercado o que puedan ser protegibles me-



dian­te cual­quier sistema de pro­piedad in­tel­ec­tual.

Si bien estos criterios apli­can en ge­neral para la ges­ta­ción de gru­pos o cen­tros en cual­quier cam­po del co­no­ci­mien­to, para la Bio­tec­no­lo­gía en par­ti­cu­lar, adic­io­na­les a estos pa­rá­me­tros, puede pen­sarse que se deben tener en cuenta los si­guien­tes ele­men­tos adic­io­na­les:

Capa­ci­dad de res­pon­der me­diante el em­pleo de he­rramien­tas de Bio­tec­no­lo­gía (por­ta­folio de ser­vi­cios) a la so­lu­ción de pro­ble­mas de in­terés na­cio­nal.

Posi­bi­li­dad de brin­dar so­lu­cio­nes me­diante la apli­ca­ción de Bio­tec­no­lo­gías a li­mitan­tes de los pro­ce­sos pro­duc­ti­vos

Capa­ci­dad de ar­ticu­lar sus es­tra­te­gias y pla­nes de de­sar­rol­lo con los es­que­mas de de­man­da co­mer­cial.

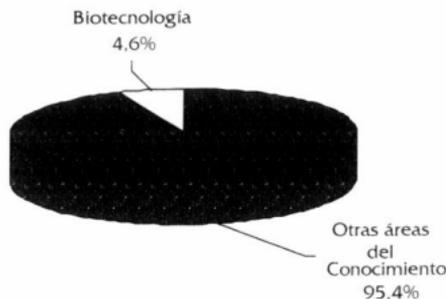
Flexi­bi­li­dad en sus pla­nes y pro­gra­mas de mo­do tal que pue­dan res­pon­der a ne­ce­si­da­des de be­ne­ficio so­cial.

Investigación universitaria

Durante el pe­ri­o­do de tie­mpo com­pren­di­do en­tre 1991 y 1996

el ma­yor por­cen­ta­je de re­cursos (a pe­sos cor­rien­tes), asig­na­dos para Bio­tec­no­lo­gía a tra­vés de pro­yec­tos finan­cia­dos por Col­ciencias, fue cap­ta­do por los cen­tros de in­ves­ti­ga­ción (54%), con una par­ti­ci­pa­ción me­nor de las uni­ver­si­da­des (41%) y de las em­presas (5%) Fi­gu­ra 5. Si se ana­li­za la par­ti­ci­pa­ción uni­ver­si­ta­ria por cam­pos de apli­ca­ción de la Bio­tec­no­lo­gía en­con­tra­mos que para los sec­to­res ve­ge­tal-agrí­co­la y pecu­a­rio, la uni­ver­si­dad tu­vo un ni­vel de par­ti­ci­pa­ción en in­ves­ti­ga­ción ba­jo (34% y 7%) res­pec­ti­va­mente, en com­pa­ra­ción

Fi­gu­ra 5. Becarios doctorales asignados al programa de Bio­tec­no­lo­gía BID-Col­ciencias I-IV* 1991-1997



* Durante los años 1998 y 1999 no se ofrecieron programas de becas para estudios de doctorado y maestría ni en Colombia ni en el exterior



con los niveles de participación, en el mismo campo de aplicación, de los centros de investigación y de las empresas.

Esta situación es diferente para los campos de aplicación en salud humana, medio ambiente e industria, donde los niveles de participación de la universidad son significativamente más altos que los niveles de participación de los centros de investigación y las empresas (67% en salud humana, 100% en el campo ambiental y 92% en el campo industrial).

Estos datos deben ser analizados teniendo presente varias consideraciones:

a) En el sector agrícola - pecuario tradicionalmente la investigación había sido asumida por el estado con funciones de beneficio social y se concentró en el antiguo Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la reestructuración de este organismo y el traslado de las funciones de investigación del ICA a CORPOICA aumentó, a partir de la consolidación de esta institución, el nivel de participación de los centros de investigación.

b) Debe tenerse en cuenta que buena parte de la investigación en este campo se ejecuta a través de gremios o asociaciones sectoriales de producción, como: CENICAFE, CENICAHÑA, FEDEPAPA, FEDEARRROZ, CENIBANANO, entre otros, que captan recursos para desarrollar directamente actividades de I&D aplicadas a la resolución puntual de problemas en sus procesos productivos. En el sector pecuario, la universidad tradicionalmente participaba en programas de corto alcance y programas de extensión universitaria que no respondían a una política oficial en la materia. Es con la consolidación de CORPOICA que fundamentalmente el Estado por intermedio de Colciencias brinda un apoyo muy significativo a las labores pecuarias de los centros de investigación (se destaca en este aspecto la formulación de programas conjuntos entre CORPOICA y la Universidad de Antioquia).

La participación mayoritaria de la universidad en los campos de aplicación en salud humana, medio ambiente e industria



presenta varias connotaciones relacionadas con el recurso humano disponible, las regulaciones existentes y la infraestructura disponible.

Como se ha anotado anteriormente los programas de posgrado, especialmente a nivel de maestría, cuentan con alguna trayectoria y muestran una tendencia a formar personal capacitado en tecnologías genéricas de base biológica, que pueden ser aplicadas a la salud humana. Podría pensarse que buena parte del personal formado a nivel de maestría en el país estaría dedicado a conformar líneas de investigación universitaria en temas relacionados con la salud humana. En relación con el campo medio ambiental es preciso anotar que la expedición de la ley 99 de 1993 y la creación del sistema nacional ambiental movieron a las universidades a consolidar proyectos de apoyo al sector industrial urgido de cumplir con las nuevas normativas en la materia. Esto podría explicar en parte el lento pero creciente nivel de participación y la captación mayoritaria de recursos de la universidad en

programas medio ambientales. En el sector industrial han sido las universidades las líderes en tratar de implantar y desarrollar a nivel de laboratorio tecnologías que podrían ser acogidas en las empresas para mejorar algunas etapas de los procesos productivos.

Un análisis similar al realizado previamente, para los años de 1998 a 1999, respecto a la asignación de recursos destinados a la financiación de proyectos del programa de Biotecnología, muestra que la participación por tipos de institución se ha mantenido a niveles constantes frente al período inmediatamente anterior (52% a los centros de investigación; 42% a las universidades y 6% a las empresas). Figura 6

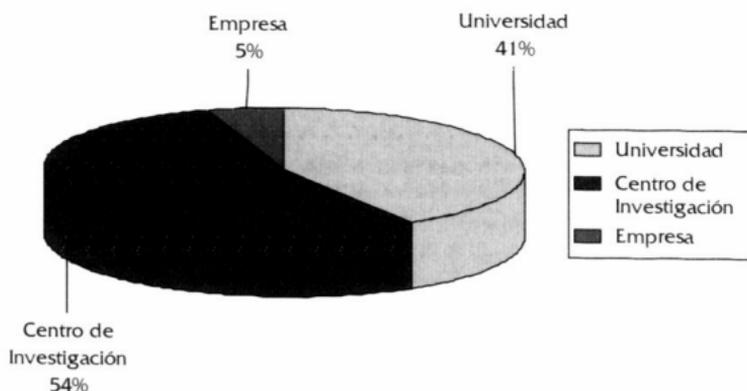
Internacionalización

La cooperación con grupos y centros de excelencia a nivel internacional en Biotecnología fue desde sus inicios en el país (mediados de los 70s), del tipo vertical mediante la cual instituciones de primer nivel principalmente en Europa y Estados Uni-



Figura 6. Recursos asignados en pesos corrientes a financiación de proyectos por el Programa Nacional de Biotecnología, por tipo de entidad en el período 1991-1996

TIPO DE ENTIDAD	AÑO			TOTAL	%
	1991-1992	1993-1994	1995-1996		
UNIVERSIDAD	352.18	360.39	1.044.33	1.756.9	41%
CENTRO DE INVESTIGACIÓN	154.16	1.074.13	1.082.42	2.310.71	54%
EMPRESA	—	164.91	62.25	227.11	5%



dos formaban o entrenaban personal, especialmente universitario, en metodologías y técnicas de avanzada mediante la participación en pasantías, talleres y cursos prácticos. El objetivo fundamental de estos entrenamien-

tos era el de brindar herramientas que le permitieran al estudiante aplicar los conocimientos adquiridos una vez regresara a su laboratorio de origen. Sin embargo este cometido no siempre se cumplía. No se contaba



en muchas de las ocasiones con el equipo, los recursos o el grupo de investigación en el cual implantar estos desarrollos, y así la formación adquirida no redundaba en beneficio del país.

Esta situación comenzó a cambiar a mediados de los 80s cuando se generan los primeros programas regionales de Biotecnología (Programa Regional de Biotecnología para América Latina y el Caribe PNUD/UNESCO/ONUDI y el Programa Multinacional de Biotecnología y Tecnología de Alimentos de la OEA) que comienzan a brindar participación de tipo regional horizontal a los países y a las instituciones, (especialmente universitarias). La participación en esta experiencia le permitió al país formar grupos con alguna capacidad de interlocución y ubicar laboratorios con los cuales se compartían agendas de trabajo similares. Hacia los años 90s los programas regionales de Biotecnología comienzan a entrar en sus fases de evaluación de resultados pero aparece otro tipo de cooperación no ofrecida por las grandes agencias sino especializada temáticamente y consolida-

da en redes físicas o electrónicas que brinda a grupos seleccionados capacitación y entrenamiento, así como solución a sus necesidades investigativas o empresariales; como ejemplos de estos casos podemos citar la participación de Colombia en las actividades del Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología, ICGEB, en algunas de las actividades en red del Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED y la participación de investigadores, docentes y personal vinculado a la industria en los cursos de formación ofrecidos por el Centro Argentino Brasileño de Biotecnología, CABBIO o por la Universidad de las Naciones Unidas, UNU.

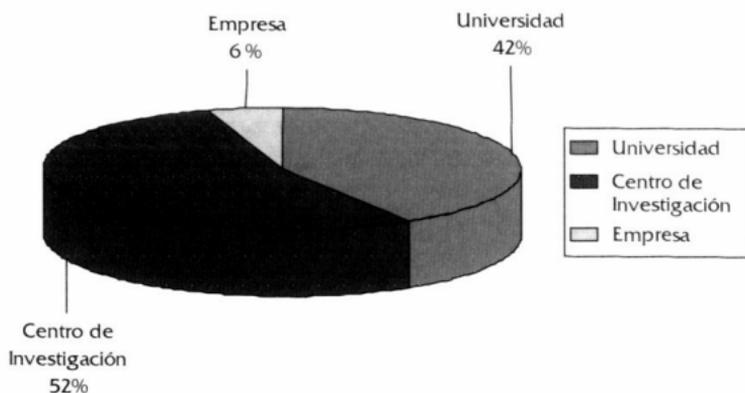
Esta evolución de la naturaleza y tipo de la cooperación en Biotecnología y sus tendencias actuales nos muestra como la internacionalización de las actividades de Ciencia y Tecnología es un área prioritaria de carácter transversal que debe promover no solo la búsqueda de recursos externos de financiamiento; sino preferencialmente el establecimiento de alianzas estratégicas de empresas y gru-

pos de investigación colombianos con pares empresariales multinacionales, o regionales, y/o con universidades y centros de investigación en la región y fuera de ella, la interrelación de los investigadores e innovadores colombianos con sus pares

en el exterior, la difusión del conocimiento, la formación del capital humano y la posibilidad de brindar cooperación del tipo vertical a países como los del Grupo Andino, Centroamérica y el área del Caribe.

Figura 7. Recursos asignados en pesos corrientes a financiación de proyectos por el Programa Nacional de Biotecnología, por tipo de entidad en el período 1997-1999

TIPO DE ENTIDAD	AÑO			%
	1997-1998	1999	TOTAL	
UNIVERSIDAD	540.64	188.87	729.51	42%
CENTRO DE INVESTIGACIÓN	803.04	100	903.04	52%
EMPRESA	101.75	—	101.75	6%





Dado que la agenda internacional del gobierno descrita en el Plan Nacional de Desarrollo "Cambio para Construir la Paz" está basada en "una orientación regional, continental y mundial que privilegia las acciones multilaterales y que se basa en los principios de reciprocidad, corresponsabilidad y equidad con énfasis hacia la consolidación de espacios económicos determinados para América Latina, Estados Unidos, la Unión Europea y la Cuenca del Pacífico" se sugiere buscar una correspondencia entre las necesidades de cooperación del Sistema y los planes y políticas del gobierno en materia de su agenda exterior.

Respecto al apoyo que puedan brindar los programas de internacionalización como fuentes de financiación externas, adicionales a las fuentes del gobierno central, se sugiere establecer dentro de un marco de política externa del país, concordante con las prioridades del Plan Nacional de Desarrollo y del Sistema Nacional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica,

un portafolio de proyectos estratégicos prioritarios hacia los cuales se debería focalizar la atención en la búsqueda de recursos externos de financiamiento.

La cooperación internacional no solo debe apoyar las áreas anteriormente mencionadas, sino que se debe propiciar y fortalecer técnica y financieramente los vínculos de los diferentes actores del sistema, Programas de Ciencia y Tecnología, Universidades, Centros de Investigación y empresas a redes temáticas especializadas tanto nacionales como internacionales, como el Sistema de Información Especializada en Biotecnología y Tecnología de Alimentos, Simbiosis de la OEA.

Relación universidad - empresa

El tradicional grado de desvinculación entre la universidad y el sector productivo en el país, se hace evidente al observar que para los diferentes campos de aplicación de la biotecnología en Colombia, los menores porcentajes de participación corresponden a los proyectos ejecutados



y cofinanciados por el propio sector productivo. Figuras 5 y 6.

Frente a esta situación deben efectuarse ciertas consideraciones referidas específicamente a la naturaleza de la Biotecnología.

Por ser ella una tecnología intensiva en capital y conocimiento, el empresario, por actitud cultural, es temeroso en asumir el riesgo de implantar una nueva tecnología en sus procesos productivos.

Se desconocen tanto en el sector académico como en el investigativo todas las potencialidades reales de la Biotecnología.

Se han generado falsas expectativas acerca de resultados y plazos esperados para la introducción de productos o procesos derivados de la Biotecnología, lo que genera desconfianza entre investigadores y empresarios acerca de su futuro.

Por ser una tecnología en la cual el retorno de la inversión es lento, el proceso de introducción en el mercado costoso y a muy largo plazo, investigadores y empresarios prefieren emplear otras tecnologías alternativas.

Algunos casos particulares de interacción positiva entre el sector académico y el industrial de la Biotecnología en el país merecen destacarse. En el sector agrícola cabe mencionarse la colaboración entre la Universidad Nacional y algunas compañías del sector floricultor para el desarrollo de sistemas diagnósticos y entre la misma Universidad y el gremio de productores de papa para la obtención de semilla libre de virus y los convenios de colaboración entre los productores de banano y distintas universidades del país para la entrega de material libre de virus. En el sector medio ambiental es muy reciente la colaboración universidad - empresa y ésta se enfoca principalmente al manejo de aguas residuales en industrias de productos químicos y alimenticios (casos Alpina - Universidad Javeriana y Sucromiles - U. Javeriana).

Es de resaltar el hecho que pese a que la aplicación de la Biotecnología en el sector salud no es el campo de aplicación que cuenta con el mayor porcentaje de asignación de recursos ni con la mayor cantidad de personal



ampliamente calificado, muestra los resultados más promisorios respecto al desarrollo de productos o procesos que ya se encuentran en el mercado. Uno de estos casos es referido al desarrollo de sistemas diagnóstico para la determinación de grupos sanguíneos, realizado por una compañía nacional en asocio con la labor de algunos grupos de investigación nacionales.

Este caso necesita de un análisis particular pues su nivel de resultados promisorios puede indicar que se conjugan algunos de los factores que pueden conducir al buen suceso de las relaciones universidad-empresa. De una parte los investigadores innovadores son profesionales con título de maestría o doctorado con amplia experiencia investigativa en universidades y centros de investigación del país y el exterior; se cuenta con empresarios dispuestos a invertir capital de riesgo y con experiencia en la comercialización de productos de base tecnológica y el apoyo estatal se ha brindado por medio de sistemas blandos de financiación y mediante la inserción de estas compañías

en incubadoras de empresas de base tecnológica, (caso INNOVAR).

De estas consideraciones puede inferirse que podría ser necesario para lograr una buena interacción universidad-empresa replicar algunas de las condiciones manifiestas en el caso del apoyo a las compañías del sector salud sumado a posibilidades de garantizar sostenibilidad y mantenimiento de la inversión, posibilidad de asociaciones tipo joint-venture para producir, distribuir, o comercializar los productos de la propia compañía o de otras compañías.

V. ANTECEDENTES Y LOGROS DEL PROGRAMA NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA EN EL PERÍODO 1992-1999

Los logros del Programa en el período analizado se relacionan con el cumplimiento de las estrategias planteadas por el Consejo del Programa en 1993, como guía a seguir para iniciar el desarrollo de la Biotecnología en el país; la cofinanciación de



proyectos de investigación, la formación de recursos humanos, el apoyo a la consolidación de redes y sistemas de información y la definición de marcos regulatorios adecuados.

1. Recursos Aprobados:

La asignación de recursos por parte de Colciencias para la financiación de programas o proyectos en Biotecnología, ha tenido tres etapas bien definidas. La primera etapa o fase de despegue, que cubrió desde 1991 a 1994 y en la cual se definieron las líneas programáticas de acción; la segunda etapa que cubrió desde 1995 hasta 1997 y que pretendió fortalecer las infraestructuras de los grupos de investigación y la última desde 1998 a 1999 que buscó el apoyo preferencial a líneas consideradas esenciales, mediante la ejecución de convocatorias específicas.

PRIMERA FASE (1991-1994)

En términos de asignación de recursos globales por parte del Programa de Biotecnología de Colciencias encontramos que la

primera fase de las inversiones realizadas (años 91, 92, 93 y 94) tuvo el propósito fundamental de estimular la generación de capacidades básicas de grupos y centros para el manejo de tecnologías genéricas, en infraestructura y equipamiento y en la formación inicial del recurso humano.

Estrategias planteadas por el Consejo del Programa Nacional de Biotecnología (1993)¹⁶

Las estrategias se relacionaban preferencialmente con la formación de recursos humanos, el establecimiento de sistemas de información, el desarrollo de capacidades para la generación de estudios prospectivos, el establecimiento de un marco regulatorio, la generación de una capacidad de monitoreo de la actividad científica y tecnológica y el fortalecimiento de los vínculos entre el sector productivo y los investigadores.

¹⁶ Colombia, COLCIENCIAS. Tecnologías de la vida para el Desarrollo. Bases para un plan del Programa Nacional de Biotecnología. Santa Fe de Bogotá, 1993



SEGUNDA FASE (1995 A 1997)

Tuvo como meta el consolidar la capacidad de estos grupos y centros de investigación, buscando que en un horizonte temporal de mediano plazo se definieran sus agendas y prioridades de trabajo en términos de una adecuada interrelación con el sector productivo y en el desarrollo de líneas de investigación de beneficio social.

La misma tendencia se presentó para el número de proyectos sometidos y aprobados.

Durante el período 1977 a 1999 la financiación (en pesos corrientes) alcanzó los \$2.086.470.000, pero se evidenció un descenso en el número de proyectos aprobados, pasando estos de (31) en el período 95-96 a (21) en el período 97-98, llegando hasta nueve (9) proyectos en 1999.

TERCERA FASE (1998-1999)

Desde el año de 1991 a 1996, la asignación de recursos para Biotecnología por parte de Colciencias creció con una tendencia constante (en términos de pesos corrientes) hasta alcanzar la cifra global de \$4.592.550.000.

La financiación global en el periodo analizado (1991-1999) alcanzó en (pesos constantes) la suma de \$6.679.020.000.

Las tablas 4, 4A y 4B muestran el monto de los recursos aprobados por tipo de entidad.

Tabla No. 4. Montos aprobados por tipo de entidad en el periodo 1991-1994

Tipo Entidad	1991 - 1992			1993 - 1994		
	No.	Monto Colciencias	Monto Total	No.	Monto Colciencias	Monto Total
Universidades	8	352.18	716.47	8	360.39	789.64
Centros de Investigación	3	154.16	666.14	7	1.074.13	1.884.20
Sector Productivo	0	0.00	0.00	3	164.91	338.85
Otras Entidades	0	0.00	0.00	1	67.05	91.93
Total	12	506.34	1.382.61	19	1.666.48	3.104.62

**Tabla No. 4A.** Montos aprobados por tipo de entidad en el periodo 1995-1998

Tipo Entidad	1995 - 1996			1997- 1998		
	No.	Monto Colciencias	Monto Total	No.	Monto Colciencias	Monto Total
Universidades	16	1.044,33	2.902,33	8	540,64	1.444,88
Centros de Investigación	13	1.082,42	2.851,36	8	803,04	1.798,14
Sector Productivo	1	62,25	116,65	1	101,75	244,73
Otras Entidades	1	230,73	495,88	4	302,17	758,38
Total	31	2.419,73	6.366,22	21	1.747,60	4.246,13

Tabla No. 4B. Montos aprobados por tipo de entidad en el año 1999 y en el periodo 1991-1999

Tipo Entidad	1999			Total 1991-1999		
	No.	Monto Colciencias	Monto Total	No.	Monto Colciencias	Monto Total
Universidades	5	188,87	730,83	45	2.486,41	6.584,15
Centros de Investigación	2	100,00	624,86	33	3.213,75	7.824,70
Sector Productivo	0	0,00	0,00	5	328,91	700,23
Otras Entidades	2	50,00	106,00	8	649,95	1.452,19
Total	9	338,87	1.461,69	91	6.679,02	16.561,27

entre 1991 y 1999 así como el número de proyectos aprobados por año para este mismo periodo.

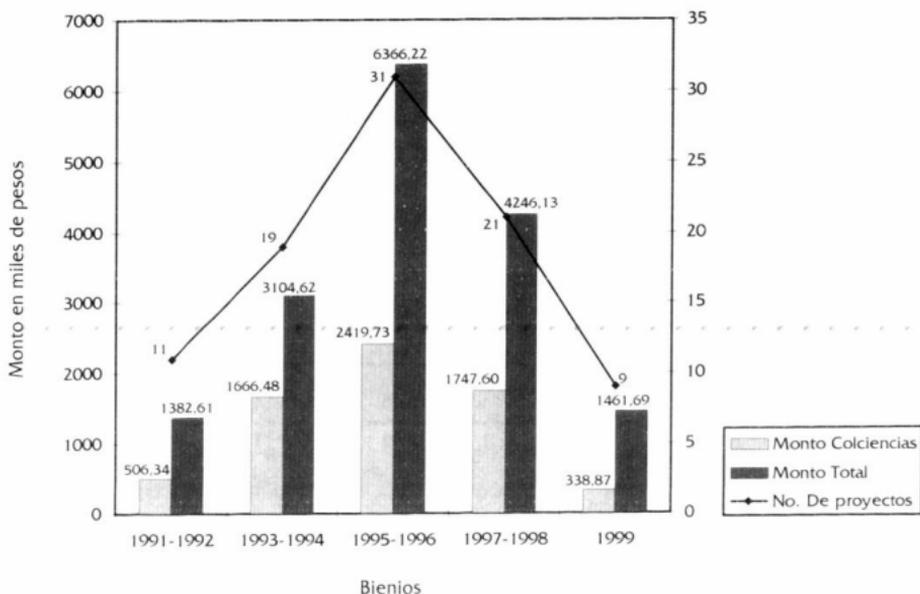
Como se anotó anteriormente, la labor de los centros de investigación y de las universidades se centró preferencialmente en los sectores vegetal-agrícola

y pecuario. Este fomento en el caso vegetal agrícola se dió para generar capacidades tecnológicas mínimas en temas agrícolas básicos (Fitopatología, certificación), pero hoy el interés se centra en el conocimiento molecular de especies de interés económico para el país, de



Figura 8. Distribución bianual de No. de proyectos, montos aprobados por Colciencias y montos totales en financiación para el Programa Nacional de Biotecnología en la vigencia 1991-1999

	1991-1992	1993-1994	1995-1996	1997-1998	1999
Monto Colciencias	506.34	1.666.48	2.419.73	1.747.60	338.87
Monto Total	1.382.61	3.104.62	6.366.22	4.246.13	1.461.69
No de Proyectos	11	19	31	21	9



sus patologías y en la producción de insumos para el sector agrícola.

En salud las universidades son en la actualidad las principales ejecutoras y su labor se ha man-



tenido constante enfocándose hacia el estudio de algunas patologías propias del país y hacia el desarrollo de sistemas diagnóstico. Los campos de aplicación medio ambiental e industrial son campos emergentes promisorios desarrollados muy recientemente por parte de las universidades y de algunas pocas empresas y enfocan principalmente su labor al desarrollo de sistemas de tratamiento de aguas residuales y a los procesos fermentativos destinados a la producción de insumos agrícolas, alimenticios y farmacéuticos.

2. Formación de Recursos Humanos

Respecto al primer aspecto se resalta que aunque la formación a nivel doctoral mediante el sistema de becas crédito BID COLCIENCIAS, en áreas que apoyan el desarrollo de la Biotecnología es baja (4.6%), en comparación con la formación de doctores para las otras ramas del conocimiento, el programa ha facilitado la actualización e intercambio permanentes de los investigadores con sus pares interna-

cionales a través de su participación en eventos internacionales auspiciados por las diferentes agencias o entidades con las cuales el programa mantiene contactos (dentro de estas cabe destacar el PNUD/UNESCO/ONUDI, la OEA, los programas PCP del gobierno Francés, el Centro Argentino Brasileño de Biotecnología) y el Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología, ICGEB.

3. Sistemas de Información

Como una de las necesidades sentidas del país para el desarrollo de su capacidad Biotecnológica se destacaba la necesidad de contar con bases de datos que permitieran sistematizar la literatura nacional, presentar los resultados de los proyectos de investigación y acceder a otras bases de datos internacionales. Hoy esta limitante ha sido superada y los investigadores de Biotecnología en el país cuentan con el nodo Colombia de la Red SIMBIOSIS del Programa multinacional de Biotecnología y Tecnología de Alimentos de la Organización de los Estados Americanos, O.E.A. Este sistema



como punto de partida para el desarrollo de futuros sistemas de información permite a los investigadores colombianos acceder a literatura especializada e información en Biotecnología y Tecnología de Alimentos en 14 países de la región y en algunas áreas del Caribe y a bases de datos de instituciones tan destacadas como ONUDI, FAO, OMC, Base de datos tropical en Brasil, CINVESTAV en México, CITA en Costa Rica y CONICIT en Venezuela y consultar y acceder a la información sobre proyectos cofinanciados por Colciencias, publicaciones y formación de personal por proyectos y actividades de biotecnología en el país.

4. Estudios Prospectivos

Otra de las labores que se adelantó con énfasis en el periodo de 1992 a 1996 fué la generación de una capacidad nacional para elaborar estudios de prospectiva y análisis de escenarios nacionales e internacionales de modo tal que se generaran capacidades de definición de nichos competitivos y de actividades tecnológicas endógenas. Se destacan los trabajos adelanta-

dos con el Banco Interamericano de Desarrollo, BID, el Programa CAMBIOTEC del CIID de Canadá, el ISNAR de Holanda y el Programa Monitoreo de Nuevas Tecnologías de la Universidad Andina Simón Bolívar. Estos ejercicios han generado y fortalecido la capacidad nacional para reconocer sus capacidades, sus limitantes, oportunidades y posibilidades y para diseñar estudios prospectivos nacionales.

5. Marco Regulatorio

Dado que es condición imprescindible para cualquier actividad en Biotecnología el contar con un marco regulatorio adecuado en materia de legislación referida a acceso a recursos genéticos, propiedad intelectual y bioseguridad el Programa ha tenido una fuerte presencia en todos los foros nacionales donde se debate el tema y en donde se adoptan reglamentaciones en la materia y ha participado como asesor del gobierno nacional en algunas de las negociaciones internacionales en la materia; se destacan en este aspecto las asesorías brindadas a Ministerios como el de Relaciones Exterio-



res y Medio Ambiente en lo relacionado con la legislación andina sobre acceso a recursos genéticos, las decisiones 344 y 345 relativas a propiedad intelectual y títulos de obtentores de variedades vegetales, respectivamente, el apoyo al Departamento Nacional de Planeación —DNP en el análisis del sistema de propiedad industrial Colombiano y el apoyo técnico a la Corte Constitucional referido a la adopción en Colombia del Convenio Internacional para la protección de las Obtenciones Vegetales, UPOV.

En la actualidad se brinda apoyo al Ministerio de Salud en las modificaciones del Código Sanitario Nacional o Ley 9/73

El Plan Nacional de Desarrollo "Cambio para Construir la Paz" en su capítulo de Medio Ambiente, pág. 275 y 286 señala que "Colombia ha participado activamente en el proceso de negociación de los tratados multilaterales y acuerdos bilaterales dirigidos a enfrentar los problemas ambientales, como uno de los nuevos retos impuestos por la globalización."

Es necesario que Colombia, como país de megabiodiversidad, asuma en este contexto sus obligaciones y derechos" y que "se pondrá particular atención al seguimiento de las negociaciones relacionadas con la Organización Mundial de Comercio y el Acuerdo General de Aranceles y Comercio, GATT, así como a los espacios de negociación internacional, regional y bilateral en materia de propiedad intelectual, particularmente aquellos que afecten la materia viva, tales como el acuerdo TRIPs del GATT y las decisiones de la Junta del Acuerdo de Cartagena sobre propiedad industrial y acceso a recursos genéticos".

La conjunción de los esfuerzos tendientes a desarrollar capacidades de prospectiva y análisis y la labor proactiva desarrollada por el Programa con el fin de conocer la capacidad y potencial de la comunidad de Biotecnología en el país ha permitido caracterizar la comunidad académica e investigativa del país y analizar las tendencias internacionales, regionales y locales que pueden generar oportunidades



de mercados y clientes potenciales. Este esfuerzo se ve reflejado en 12 publicaciones del Programa Nacional de Biotecnología, que reflejan el estado de la Bio-

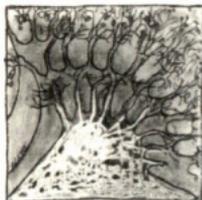
tecnología en Colombia y en los estudios de prospectiva y mercados que se realizan para sectores específicos del conocimiento.



Las herramientas Biotecnológicas contribuyen a mejorar la productividad y eficiencia en la agricultura.

(Fotografía Camilo Gómez Durán. Archivo Colciencias)

CAPÍTULO II

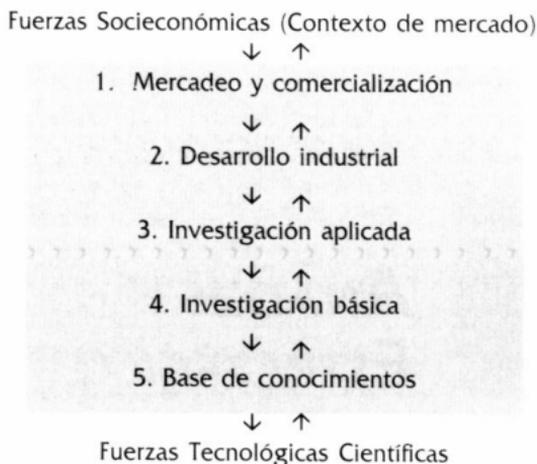


ANÁLISIS ESTRATÉGICO

El problema más complejo con el que se enfrenta la biotecnología es el de su comercialización. La investigación biotecnológica que no esté orientada a satisfacer una necesidad social de mercado carece de sentido práctico, y está condenada a terminar en un callejón sin salida, sirviendo únicamente para dilapidar los escasos recursos con que cuenta el país para crear sus bases de competitividad biotecnológica.

El análisis estratégico, que sirve como base para la formulación de estrategias concretas, toma en cuenta lo anteriormente mencionado y se fundamenta a su vez en los bloques conceptuales del proceso de innovación tecnológica que apuntan hacia la comercialización y la generación de factores de competitividad científica y tecnológica internacional.

El modelo de innovación asumido se presenta en la siguiente figura.



A continuación se presenta un análisis de cada uno de los bloques conceptuales del proceso de innovación biotecnológica. Posteriormente este análisis se consolida en un análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas).

Análisis Estratégico

El flujo unidireccional, lineal, de la ciencia hacia la tecnología, y de ésta al mercado ya no se corresponde con la realidad. La distinción entre la investigación básica, la aplicada y la tecnología se ha desdibujado, precisamente, con la biotecnología avan-

zada; y el ejemplo más claro y dramático de esto es el clonamiento de la oveja *Dolly*¹⁷ con el cual se demostró que las células diferenciadas pueden ser reprogramadas en células germinales y de allí en un animal completo (conocimiento básico) el cual, a la vez, resulta en un bio-reactor capaz de producir medicamentos específicos en forma indefinida. Algo similar está ocurriendo con la genómica en la cual los conocimientos básicos sobre las secuencias de genomas completos está dando origen a

17. Wilmut et al. Nature 385, 810-813



tecnologías como los biochips¹⁸ que sirven para hacer diagnósticos y seguimiento terapéutico. Estas tecnologías, y sus aplicaciones prácticas, a la vez, retroalimentan más investigaciones básicas creándose así un flujo multidimensional entre la ciencia y el mercado que es bastante diferente al concepto tradicional.

I. ANÁLISIS DEL PROCESO DE INNOVACIÓN

Mercadeo y comercialización

1. En un esquema ideal de desarrollo de concepto, el empuje (Push) tecnológico y el arrastre (Pull) de la demanda actúan y determinan cada uno de los puntos del proceso del desarrollo. Por lo tanto, el push de una tecnología poderosa por lo general resulta en productos y procesos comercializados.

De la misma manera el pull generado por las mismas demandas del consumidor dan lugar a la investigación básica y

aplicada. Debido a la separación entre la investigación de los componentes industriales y de mercado que existe en el país en biotecnología, la acción de las fuerzas anteriormente mencionadas no opera, resultando en un esfuerzo tecnológico que no termina en nada concreto, o concluye en una investigación básica que no apunta hacia ningún lado.

2. Para el caso de salud humana debe tenerse en cuenta que las mayores causas de morbilidad y mortalidad en Colombia no son las enfermedades parasitarias, ni infecciosas, sino las de tipo degenerativo, circulatorio y el cáncer, y que por lo tanto será necesario reorientar los esfuerzos biotecnológicos hacia esas áreas epidemiológicas de interés para el país.

De acuerdo al más reciente informe de la firma Ernst & Young¹⁹ los diez productos más vendidos de la industria biotecnológica, todos del sector biofarmacéutico, correspondieron en 1996, a distintos agentes te-

18. Broww P.O. et al. Science 278. 680-686

19. Ernst & Young. The Twelfth Biotechnology Industry Report, New Directions 1998, pp 440



rapéuticos dirigidos contra ese grupo de enfermedades al que alude el Plan tal como puede apreciarse en la siguiente tabla 5:

3. Casi todas las actividades biotecnológicas en Colombia están diseñadas para aumentar nuestras capacidades de investigación y prácticamente ninguna para aumentar nuestras capacidades de producción y comercialización
4. Nuestros más reconocidos biocientíficos han creado poderosos vínculos con el esta-

blecimiento político desconociendo completamente la necesidad de crear poderosos vínculos con el establecimiento industrial y comercial. De la misma manera los más poderosos grupos económicos del país están ausentes completamente de la investigación y desarrollo biotecnológico, con excepción de la Federación Nacional de Cafeteros.

5. El concepto de mercadeo es rechazado por la mayoría de los investigadores por una ignoran-

Tabla No. 5 Diez productos más vendidos en la Industria Biotecnológica. 1996

PRODUCTO	PRODUCTOR	DISTRIBUIDOR	VENTAS (Millones\$)
Epogen	<i>Amgen</i>	<i>Amgen</i>	1.150
Neupogen	<i>Amgen</i>	<i>Amgen</i>	1.017
Procrit	<i>Amgen</i>	<i>Ortho</i>	995
Humulin	<i>Genentech</i>	<i>Eli Lilly</i>	884
Engerix-B	<i>Genentech</i>	<i>SKB</i>	568
Intron A	<i>Biogen</i>	<i>Schering-Plough</i>	524
Betaseron	<i>Chiron/Berlex</i>	<i>Berlex/Schering</i>	353
Epivir	<i>Glaxo</i>	<i>Glaxo</i>	306
Activase	<i>Genentech</i>	<i>Genentech</i>	284
Humatrope	<i>Genentech-Lilly</i>	<i>Eli Lilly</i>	268



cia total sobre los efectos de los procesos de comercialización en el desarrollo de la competitividad socioeconómica.

Investigación y desarrollo industrial avanzado

En el país se presentan las siguientes características:

1. Ausencia de unidades capaces de escalamiento y desarrollo de procesos de recuperación y purificación ("downstream").
2. Carencia de personal capaz de transferir resultados de investigación a la industria.
3. Muy baja interacción universidad-industria lo cual limita el acceso del usuario tecnológico-industrial a la base de conocimientos y a los resultados de la investigación básica y aplicada universitaria.
4. De los tres centros de desarrollo tecnológico (CDT) en biotecnología que existen en el país, dos funcionan como extensiones de las universidades y uno como Centro de investigación, con toda la problemática anteriormente mencionada. Estos, centros enfrentan grandes di-

ficultades para realizar transferencia tecnológica al usuario de la misma, y para generar planes de comercialización de sus investigaciones.

5. Ausencia casi total de personal calificado para la operación de unidades de escalamiento biotecnológico.

Investigación aplicada

La situación puede describirse bajo los siguientes aspectos:

1. Bajo nivel de investigación aplicada en las universidades.
2. Baja interacción profesional entre investigadores universitarios e investigadores industriales.
3. Escasez de contratantes de la investigación aplicada y de usuarios (consumidores) de sus resultados.
4. Aunque el porcentaje de investigación aplicada en los centros e institutos de investigación es importante, su desarrollo posterior y eventual comercialización son casi nulos, debido en la gran mayoría de los casos a mal enfoque de los proyectos ("descontextualizados"), y/o a baja calidad de los resultados.



5. Carencia casi total de investigación biotecnológica aplicada en la industria.

Investigación básica

1. A pesar que existe una base científica sustancial en las universidades y centros de investigación, éste elemento por si solo no es suficiente sino esta acompañado de estímulos que propicien la vinculación del sector privado en el desarrollo tecnológico, que faciliten la transferencia de tecnología y las exportaciones de base tecnológica.
2. Por los problemas mencionados en el bloque anterior, el acceso a la base de conocimientos, fundamental para la investigación básica, no es eficiente ni eficaz.
3. Hay fuertes barreras para la consecución de reactivos y equipos de investigación especializados, lo cual conlleva a demoras y frecuentes cambios en los proyectos de investigación, y aumenta considerablemente los costos de los mismos, reduciendo y hasta eliminando las ventajas causadas por el menor costo de la mano

de obra especializada. Un proyecto de investigación en Colombia puede ser tan costoso como uno llevado a cabo en otro país, afectando la relación costo beneficio como causa de la baja productividad.

4. Carencia de equipos de investigación sofisticados (resonancia magnética, flujometría, cristalografía por rayos x, etc.), y de repuestos para los pocos que se poseen, limitando el alcance de las investigaciones de punta.
5. Escasez de personal altamente capacitado para el servicio técnico de equipos e infraestructura sofisticada.
6. Ausencia de profesores en las universidades dedicados únicamente a la investigación (sin carga académica).
7. Mala remuneración a los investigadores, y poca "imagen" social.
8. Falta de experiencia industrial de la gran mayoría de investigadores universitarios.

Base de conocimientos

1. Existen muy pocas bibliotecas de investigación en Colombia,



todas centralizadas en las grandes ciudades, y carentes en su mayoría de los suficientes recursos bibliográficos (libros y revistas especializadas) que apoyen investigaciones de punta. El acceso a los bancos de datos es limitado y extremadamente costoso.

2. Los contactos personales con científicos de talla mundial de los países más desarrollados son poco frecuentes y limitados. Se dan en solo unos pocos grupos élite de investigación, que poseen los recursos necesarios para viajar con frecuencia, o costear visitas de investigadores del exterior.
3. Alta concentración en 3 o 4 ciudades de los grupos llamados de excelencia, lo cual implica baja difusión de la innovación a los lugares más necesitados de su aplicación.
4. La base de conocimientos tecnológicos (no científicos), ingenieriles, y gerenciales para la comercialización, son casi inexistentes.

II. ANALISIS DOFA

Con base en el anterior análisis estratégico las siguientes se-

rían las fortalezas, debilidades y amenazas para la biotecnología en Colombia.

FORTALEZAS

Capacidad Científica:

Una infraestructura con capacidades humanas disponibles, aunque es claro que debe fortalecerse y continuar incrementándose. Aunque el país cuenta para Biotecnología, con una masa crítica pequeña en número de investigadores y reducida en su grado de formación profesional (solo el 17% posee título de formación doctoral y el 26% título a nivel de maestría), ésta se orienta preferencialmente a desarrollar trabajos académicos en el campo vegetal y agrícola, pero aun no aprovecha su potencial para resolver problemas o limitantes del sector industrial en sus diferentes campos de aplicación.

Para Colombia esa base científica es muy importante, pero no determinante, si no se diseñan instrumentos de política que estimulen al sector privado a participar en el desarrollo tecnológico, y que a través de esa



inserción ayuden a los investigadores a obtener mejores condiciones de trabajo y sustento económico

Experiencia Interinstitucional:

Se cuenta con experiencia en actividades conjuntas interinstitucionales e interdisciplinarias. Dado el carácter multidisciplinario y transversal de las aplicaciones de la Biotecnología desde 1995 se comenzó a apoyar y gestionar el trabajo en redes de cooperación interinstitucional entre universidades, centros de investigación y empresas para desarrollar productos y procesos en Biotecnología, en temas como control biológico y tratamiento de residuos. Estos esfuerzos han permitido la consolidación de acuerdos de colaboración centro de investigación-empresa para el escalamiento y producción comercial de agentes de control biológico y el inicio de las actividades de redes nacionales, como las de Control Biológico y Biotecnología ambiental.

Cooperación Internacional

Se cuenta con una buena capacidad para la cooperación interna-

cional. El Programa de Biotecnología tiene relaciones de cooperación con numerosas agencias de cooperación técnica internacional y regional, y de hecho muchas de las actividades que adelantan los grupos cuentan con cooperación y asesoría de instituciones de excelencia internacional. Se destacan las labores que en la actualidad se desarrollan en el marco de las actividades del Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología²⁰, ICGEB que han permitido la realización de proyectos conjuntos de cooperación internacional, con países socios del Centro (Venezuela, 1999), como los del área de investigación en rotavirus humanos y que han posibilitado la formación y el entrenamiento de por lo menos 20 investigadores colombianos en diferentes campos de la Biotecnología; así como los programas de capacitación que la Organización de Estados Americanos, OEA, por intermedio del Programa de Biotecnología, ha apoyado en temas como legisla-

20. Colombia, COLCIENCIAS. International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology. Informe de Actividades, ICGEB. Programa Nacional de Biotecnología, 1999.



ción en Biotecnología (1994) y más recientemente en las áreas de recursos genéticos y bioseguridad (1998) y de intercambio de experiencias entre las empresas de Biotecnología de América Latina y el Caribe (1999).

En la actualidad han comenzado a darse los primeros frutos de la interacción entre el Centro Argentino Brasileño de Biotecnología, CABBIO y el Programa Nacional de Biotecnología, lo que se ha traducido en formación de estudiantes colombianos en diferentes temas de Biotecnología, en la escuela de dicho centro y en la participación de becarios argentinos y brasileños en eventos de formación de Biotecnología en Colombia.

DEBILIDADES

Aunada a una deficiencia marcada en relación con la capacidad técnica y financiera para realizar el "desarrollo del producto" es decir ingeniería de procesos: escalamiento, formulación, pruebas de campo y validaciones, que se traduce en una baja competitividad en investigación y desarrollo; se encuentra un bajo nivel de interrelación entre los

investigadores y el sector productivo, que potencia y agudiza los problemas entre esos sectores.

No se cuenta con programas de capacitación gerenciales a nivel de altas tecnologías ni con programas de capacitación para comercialización y mercadeo de los productos provenientes de las altas tecnologías.

El estado no cuenta con mecanismos ágiles y eficientes de capital de riesgo que incentiven la conformación y la consolidación de empresas de base Biotecnológica.

Los marcos regulatorios en materia de propiedad intelectual, Bioseguridad y acceso a recursos genéticos, deben ser adecuados a los estándares internacionales de modo que propicien la inversión extranjera y las vinculaciones entre investigadores e inversionistas nacionales e internacionales.

OPORTUNIDADES

1. Si la incorporación de la biotecnología al sistema productivo nacional, se acompaña de la realización de estudios detallados sobre demanda de



bienes y servicios en los mercados internacionales, regionales y/o nacionales y consultas con los usuarios finales de la tecnología, será factible que esta tecnología contribuya a la mejora de procesos y a la productividad global nacional.

2. La Biotecnología por su enorme capacidad de entregar bienes y servicios en los sectores agrícola, pecuario, de salud humana, medio ambiente e industria, puede potenciar el desarrollo de nuevos productos y procesos que tienen la capacidad de incrementar y diversificar la oferta exportable del país, fijada como prioridad por el actual Plan Nacional de Desarrollo "Cambio para Construir la Paz" 1999-2002.

El Plan Nacional de Desarrollo "Cambio para Construir la Paz", en su capítulo las exportaciones como motor del crecimiento, pág. 360 manifiesta que 'será necesario dirigir sus acciones hacia la generación de nuevos productos y procesos, la adaptación tecnológica, la capacitación

avanzada de trabajadores y la adopción de cambios en la cultura empresarial', y en la página 362 añade que 'se potenciará la incorporación de tecnología avanzada al sistema productivo que conduzca a la mejora de procesos y a la productividad global'.

Este mismo plan, 350 afirma que 'la prioridad número uno será incrementar y diversificar la oferta exportable, no solamente a través del crecimiento de los actuales sectores exportadores sino, también, con nuevos productos, para lo cual será necesario un minucioso análisis de las oportunidades que ofrecen los nuevos mercados mundiales, así como mayor aprovechamiento del potencial del aparato productivo nacional'.

Mediante la aplicación de herramientas de Biotecnología en los campos agrícola, pecuario, medio ambiental e industrial, será posible contribuir a generar nuevos procesos y/o productos que puedan incorporarse a la economía nacional y mejorar la competitividad internacional del país.



El Plan Nacional de Desarrollo ⁴ en su capítulo de Medio Ambiente pág. 277 señala que 'el agua la biodiversidad y los bosques son los tres programas prioritarios para el cumplimiento del objetivo de conservar y restaurar áreas prioritarias en las eco-regiones estratégicas' y que 'la producción más limpia y mercados verdes son los programas prioritarios para el cumplimiento del objetivo de contribuir a la sostenibilidad de los sectores ambientales'.

Así mismo dentro del tema de biodiversidad se anota que 'se aportará a la conservación y restauración de ecosistema forestales y no forestales en ecosistemas estratégicos y que se fortalecerá el conocimiento e innovación sobre los componentes y usos de la biodiversidad, optimización de los beneficios sociales y económicos.

AMENAZAS

1. Carencias de regulaciones claras y adecuadas y falta de políticas empresariales.
2. Ignorancia pública y/o pobre percepción sobre los beneficios de la biotecnología.
3. Monopolio de las transnacionales en casi todos los segmentos de mercado de bienes biotecnológicos, con los consecuentes esfuerzos de estas empresas no solo por mantener sus participaciones, sino por capturar los nichos que aún quedan.
4. Saturación de mercados internacionales lo cual conlleva a expansión a mercados del tercer mundo.
5. Mayores restricciones a los procesos de transferencia tecnológica a través de regulaciones internacionales más fuertes sobre la propiedad intelectual.
6. Restricción a la base de conocimiento biotecnológico en los países desarrollados como mecanismos de competitividad.
7. Desconocimiento de la importancia estratégica de las altas tecnologías para el desarrollo socioeconómico por parte del gobierno nacional.



El tratamiento de residuos apoyado en procesos biotecnológicos es un camino hacia el desarrollo sostenible.
(Fotografía archivo Colciencias)

CAPÍTULO III



EL PLAN ESTRATÉGICO: LÍNEAS DE ACCIÓN Y PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN

I. VISIÓN

Facilitar la inserción de la biotecnología como componente del desarrollo socioeconómico del país con criterios de competitividad y beneficio social.

II. MISIÓN

Fomentar el establecimiento de la capacidad nacional requerida para seleccionar, desarrollar, adecuar, aprovechar e implantar tecnologías que respondan a las condiciones específicas nacionales o regionales y que produzcan un impacto favorable en el desarrollo socioeconómico del país, con criterios éticos, de sostenibilidad, competitividad y de protección al medio ambiente.



III. OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

Teniendo en cuenta algunos de los lineamientos de política relacionados con la Ciencia y la Tecnología, contenidos en el Plan de Desarrollo "Cambio para construir la Paz" 1999-2002 y basándose en que estos son considerados como instrumentos del Estado para incentivar el crecimiento económico y social del país y que en lo pertinente se enfocan principalmente a los siguientes aspectos:

- Apoyar la política de exportaciones del país como motor de la competitividad y del crecimiento económico nacional
- Fomentar la generación de nuevos productos y procesos
- Apoyar la incorporación de tecnología avanzada al sistema productivo que conduzca a la mejora de procesos y a la productividad global.
- Desarrollar mecanismos para la creación de fondos de capital de riesgo a través de instituciones como Bancoldex y el IFI.

- Estimular las alianzas regionales, con inversionistas públicos y privados interesados en financiar estudios de factibilidad y en participar con aportes de capital que apunten proyectos de desarrollo sostenible, con impacto social y en sectores estratégicos.
- Articular las diferentes instituciones que ejecutan programas y planes de apoyo al sector empresarial, para lograr impacto en las condiciones competitivas en las que se desarrolla el sector productivo colombiano.

Se propone como objetivos estratégicos del Programa Nacional de Biotecnología para el período 1999-2004 los siguientes:

1. Promover la generación de políticas industriales y económicas que logren fomentar en los inversionistas nacionales y extranjeros, públicos y privados, la colocación de capital de riesgo en Biotecnología. Se propone establecer políticas fiscales de apoyo a la industrialización y comercialización de bienes y servicios de base biotecnológica.



2. Promover los procesos de transferencia de tecnología, adaptación, distribución y comercialización de productos biotecnológicos nuevos por parte de empresas colombianas interesadas en desarrollar y generar productos y/o procesos en Biotecnología.

3. Fomentar en las empresas innovadoras de base biotecnológica la selección adecuada de tecnologías, la capacidad de innovación continua, la calidad final en los productos y/o procesos.

Este mecanismo será viable en la medida que los marcos regulatorios de la biotecnología (especialmente en materia de propiedad intelectual, acceso a recursos genéticos y bioseguridad) sean claros y concordantes con los estándares internacionales) y si se logran consolidar políticas de apoyo a la creación de pequeños negocios biotecnológicos que les permitan a sus copropietarios elaborar sus planes de negocio, mercadeo estratégico y comercialización de sus bienes.

4. Apoyar la formación de recursos humanos en todas las

áreas del proceso innovativo de la Biotecnología y promover la conformación en universidades, institutos y centros de investigación de unidades de vinculación y transferencia tecnológica en biotecnología que promuevan el acercamiento con el sector industrial desde la perspectiva de la demanda y que busquen vincular a los actores del proceso de innovación.

La formación del capital humano deberá hacerse efectiva, no solo en las áreas científicas y tecnológicas, sino también considerar aspectos como mercadeo, comercialización y gerencia tecnológica de altas tecnologías, así como también en temas centrales al proceso de innovación como son la transferencia de tecnología y la propiedad intelectual.

5. Seleccionar, bajo cuidadosos análisis de demanda de bienes y servicios biotecnológicos, en el exterior y en el país, nichos estratégicos competitivos por campos de aplicación de la Biotecnología.

Será necesario, a este efecto, propiciar el establecimiento de



alianzas estratégicas con empresas nacionales o multinacionales y la concentración de recursos humanos y financieros aplicados a resolver problemas nacionales y/o regionales.

Fortalecer en el campo agrícola las áreas de estudios genómicos y de aplicación de herramientas de fitomejoramiento a cultivos de interés estratégico nacional; así como el fortalecimiento de la capacidad de innovación en biopesticidas y biofertilizantes cubriendo en este último caso la investigación básica y la aplicada.

Mejorar, en salud humana, la capacidad de innovación en sistemas de diagnóstico, y en sistemas de prevención y tratamiento en problemas de salud de relevancia crítica nacional y el desarrollo de procesos y productos conducentes a la obtención de vacunas para el tratamiento humano y animal.

Propiciar el empleo de herramientas de Biotecnología en materia de agua, biodiversidad, producción limpia y mercados verdes. En los temas de agua y producción limpia se busca la

aplicación de herramientas de biotecnología al tratamiento de residuos sólidos, líquidos industriales y domésticos y el empleo de procesos de biorremediación para el tratamiento de desechos bióticos y xenobióticos. En materia de Biodiversidad y bosques se pretende fortalecer el conocimiento y la innovación sobre los componentes genéticos y moleculares de la biodiversidad y aportar conocimiento de tipo genético y molecular a la conservación (In situ y Ex situ)

Apoyar el empleo de la Biotecnología en el área de mercados verdes como mecanismo para agregar valor de tipo bioquímico, genético y/o molecular y/o para mejorar los procesos de escalamiento y obtención de los mismos.

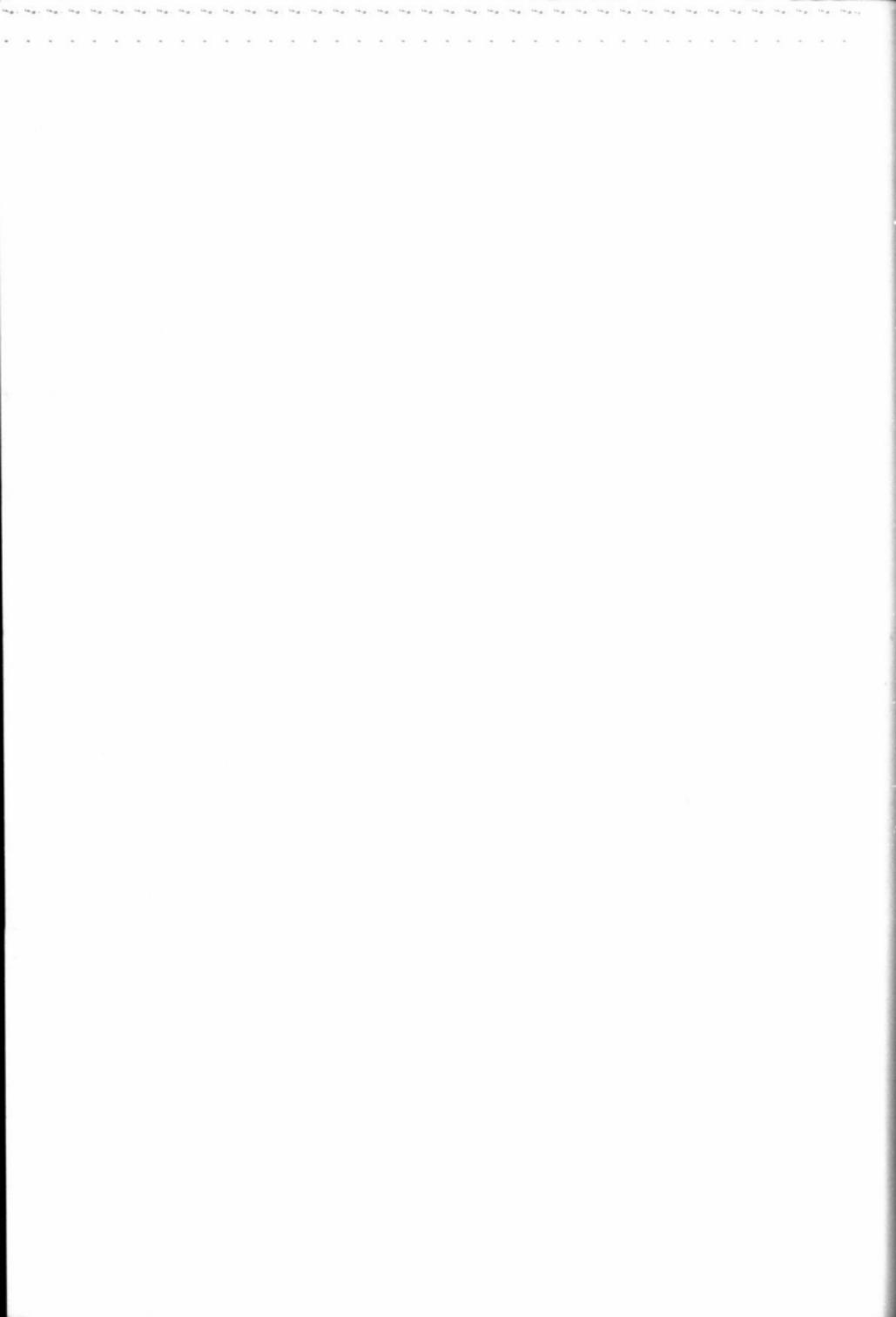
Propiciar proyectos del área industrial destinados a aplicar la Biotecnología para generar y/o mejorar productos y/o procesos que previo análisis de oportunidades en mercados internacionales o nacionales, permitan incrementar y diversificar la oferta exportable del país.



Fortalecer aquellas áreas de Biotecnología aplicadas al mejoramiento animal que permitan conocer, el potencial genético y productivo de las razas criollas, así como la aplicación de métodos para el diagnóstico, tratamiento y prevención de patolo-

gías de interés para el sector ganadero del país.

Buscar la aplicación de herramientas de Biotecnología para conocer a nivel genético y/o molecular nuestra diversidad marina, así como para usar esta de manera sostenible.



BIBLIOGRAFÍA

1. USA. Congress Office of Technology Assessment: OTA. Comercialization of Biotechnology. 1984
2. IICA Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Directorio Latinoamericano de la Industria Biotecnológica. Programa II, Generación y Transferencia de Tecnología, San José. 1991
3. United Nations, UN. Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Cuarto Período de Sesiones, Ginebra, Suiza, 1999
4. Colombia. Presidencia de la República. Departamento Nacional de Planeación, DNP. Plan Nacional de Desarrollo, Bases 1998-2002. " Cambio para la Construir la Paz", Santa Fé de Bogotá, 1998.
5. Gil L; Irrazabal M. C. Biotecnología en Chile. Oportunidades de Innovación Tecnológica, CAMBIOTEC, Santiago, 1999.
6. USA Biotechnology for the 21 st Century. New Horizons. Report from the Biotechnology research subcommittee. Committee on fundamental science. National Science and Technology Council. 1995
7. Montoya. D. Aramendis R,R. Algunas consideraciones sobre el desarrollo de la Biotecnología vegetal en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Biotecnología, Santa Fé de Bogotá. 1991
8. Torres R. Elementos de Política para el Desarrollo de la Biotecnología en Colombia. COLCIENCIAS, Santa fé de Bogotá. 1991.
9. Torres R. The State of Agricultural Biotechnology in Colombia, Case Study (Preliminary version). International Service for National Agricultural Research, ISNAR, The Hague. 1991.
10. Torres R. El Estado de la Biotecnología Agropecuaria en Colombia (versión final) International Service for National Agricultural Research, ISNAR, The Hague. 1993.
11. Colombia, COLCIENCIAS. Biotecnología. Cinco años de investigaciones en Colombia, 1991-1996. Aramendis R,R; Hodson de J. E. Programa Nacional de Biotecnología, Santa Fé de Bogotá. 1996
12. Colombia, COLCIENCIAS. Directorio de Biotecnología Colombia. 1995. Aramendis R,R; Hodson de J. E. Programa Nacional de Biotecnología, Santa Fé de Bogotá. 1996

13. Colombia, COLCIENCIAS. Programa Nacional de Biotecnología. Proyectos cofinanciados por Colciencias 1991-1997.. Aramendis R.R. Hodson de J. E. Programa Nacional de Biotecnología, Santa Fé de Bogotá. 1998
14. Colombia, COLCIENCIAS. Biotecnología en Colombia. Grupos de Investigación 1998. Hodson de J. E. Aramendis R.R. Guhl M. Programa Nacional de Biotecnología, Santa Fé de Bogotá. 1998
15. Colombia, COLCIENCIAS. Políticas de Investigación en Biotecnología Vegetal. Hacia la Formación de Recursos Humanos en Biotecnología. Santa Fé de Bogotá. 1991.
16. Colombia, COLCIENCIAS. Tecnologías de la vida para el Desarrollo. Bases para un plan del Programa Nacional de Biotecnología, Santa Fé de Bogotá, 1993
17. Wilmut et al. Nature 385, 810-813
18. Broww P.O. et al. Science 278, 680-686
19. Ernst&Young. The Twelfth Biotechnology Industry Report, New Directions 1998, pp 440
20. Colombia, COLCIENCIAS. International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology. Informe de Actividades, ICGEB. Programa Nacional de Biotecnología, 1999.





col
00811

**INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS"**
—COLCIENCIAS—

PLAN ESTRATÉGICO
1999-2004

Programa Nacional de Ciencias Básicas

Dirección y Coordinación General del Plan Estratégico

Miguel Tobar Carrizosa
Asesor

Claudia Patricia Tinjacá Espinel
Asesora

Josefina Ardila Díaz
Profesional Especializado

Santa Fe de Bogotá, diciembre de 1999



© Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia
y la Tecnología "Francisco José de Caldas"
—Colciencias—

Coordinación de la edición
Myrian Henao Willes

Dirección y coordinación del Plan Estratégico
Miguel Tobar Carrizosa
Claudia Patricia Tinjacá Espinel
Josefina Ardila Díaz

Diseño y diagramación
Vínculos Gráficos

Diseño e ilustración de carátula
Clara Inés Silva - CIS

Fotografías
Camilo Gómez Durán, Archivo Colciencias

Fotomecánica e impresión:
Arte y Fotolito, Arfo

ISBN: Volumen 958-9037-91-7
Obra 958-9037-83-6

Impreso en Colombia - Printed in Colombia



COLCIENCIAS

Director

Álvaro Mendoza Arango

Secretario General

Hernando Ochoa Núñez

Subdirector de Programas de Desarrollo Científico y Tecnológico

Gerardo Martínez López

Subdirector de Programas Estratégicos

Ricardo Fournier Ángel

Subdirector de Programas de Innovación y Desarrollo Empresarial

Campo Elías Bernal Poveda

Subdirector Financiero y Administrativo

Luis Ignacio Gutiérrez Cárdenas

Programa Nacional de Ciencias Básicas

Miguel Tobar Carrizosa (Asesor)

Programa Ciencias Sociales y Humanas

Juan Plata Caviedes (Asesor)

Programa Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat

María Cristina Amézquita Ortiz (Jefe)

Programa Ciencia y Tecnología del Mar

Leonor Botero Arboleda (Jefe)

Programa Ciencia y Tecnología de la Salud

Gloria Inés Palma Álvarez (Jefe)

Programa Estudios Científicos de la Educación

Myrian Henao Willes (Jefe)

Programa Biotecnología

Rafael Aramendis Ramírez (Asesor)

Programa Desarrollo Tecnológico, Industrial y Calidad

Joaquín Emilio Mejía Mantilla (Jefe)

Programa Ciencia y Tecnología Agropecuaria

Oscar Alberto Duarte Torres (Jefe)

Programa Electrónica, Telecomunicaciones e Informática

Elsa Neira de Uribe (Jefe)

Programa Investigaciones en Energía y Minería

Eduardo Castaño Celemín (Coordinador)

División de Formación de Recursos Humanos y Fortalecimiento
de la Comunidad Científica

División de Internacionalización de la Ciencia

División Sistemas de Información Científica y Tecnológica

División Planeación Estratégica y Evaluación

División de Ciencia, Cultura y Comunicación



RECONOCIMIENTOS

Colciencias agradece la dirección y orientación del proceso de planeación estratégica de los Programas Nacionales del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología al Dr. Fernando Chaparro, Director General de Colciencias Septiembre 1994 – Septiembre 1998 y a su equipo directivo: Dr. Hernán Jaramillo, Dr. Luis Fernando Castro y Dr. Jorge Ahumada.

La Secretaría Técnica del Programa Nacional de Ciencias Básicas quiere manifestar su agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma participaron en la elaboración del presente documento y en particular a los Miembros del Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas durante los periodos 1996 – 1997 y 1998 – 1999, por su asesoría en las diferentes etapas del proceso de consolidación de la versión definitiva del mismo.

Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas

Periodo 1996 - 1997

Xavier Caicedo (Departamento de Matemáticas - Universidad de los Andes), Rodolfo Castillo (Monómeros Colombo Venezolanos S.A.), Luis Fernando García (Laboratorio Central de Investigaciones - Universidad de Antioquia), Michel Hermelin (Departamento de Geología – Universidad EAFIT), Ana Lucía Narváez (Subdirección de Fomento – ICFES), Eduardo Posada (Departamento de Física – Universidad Nacional de Colombia), William Ponce (Departamento de Física – Universidad de Antioquia), Rodrigo Villa (Coservicios S.A.), Elena Stashenko (Escuela de Química – Universidad Industrial de Santander), Pedro Prieto (Departamento de Física – Universidad del Valle), Aloriso Takahashi (Departamento de Matemáticas – Universidad Nacional de Colombia) y Mónica Salazar (Unidad de Desarrollo Empresarial – DNP).

Periodo 1998 – 1999

Hernando Ariza (Laboratorio de Optoelectrónica – Universidad del Quindío), Jorge Iván Cossio (Departamento de Matemáticas Universidad Nacional de

Colombia), Luis Fernando Echeverri (Departamento de Química – Universidad de Antioquia), Gustavo Kattan (Fundación EcoAndina/ Wildlife Conservation Society), Isabel Cristina López (Varela S.A.), Javier Marrugo (Facultad de Medicina – Universidad de Cartagena), Hansjuürgen Meyer (Observatorio Sismológico del Suroccidente Colombiano – Universidad del Valle), Elena Stashenko (Escuela de Química – Universidad Industrial de Santander), Moisés Wasserman (Departamento de Química – Universidad Nacional de Colombia) Ana Lucía Narváez (Subdirección de Fomento – ICFES), Mauricio Nieto (Unidad de Desarrollo Empresarial – DNP) y Luis Eduardo Zapata (Lloreda Grasas S.A.).

INDICE

PRESENTACIÓN	9
INTRODUCCIÓN	13
CONSIDERACIONES GENERALES	15
Políticas para Impulsar la Actividad Científica en Ciencias Básicas	15
Situación de las Ciencias Básicas en el Contexto de los Programas de Ciencia y Tecnología	19
Canalización de los Recursos para la Consolidación de una Comunidad Científica	22

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DEL CONTEXTO DEL PLAN

I. Caracterización del Sector	27
II. Caracterización de la Comunidad Científica	28
III. Antecedentes y Logros del Programa en el período 1991 - 1998	34
Demanda de Recursos para Proyectos en Ciencias Básicas	34
Líneas de Investigación financiadas a través del Programa de Ciencias Básicas	36
Recursos Asignados a través del programa Nacional de Ciencias Básicas	42
Logros Alcanzados en Respuesta a la Financiación de Proyectos en Ciencias Básicas, durante el periodo Octubre de 1991 y Diciembre de 1998	44
IV. Debilidades, Fortalezas, Amenazas y Oportunidades del Sector	48

CAPÍTULO II

LÍNEAS DE ACCIÓN Y PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN

I. VISIÓN	51
II. MISIÓN	51
Objetivos Estratégicos	52

Criterios para la Evaluación y Selección de Proyectos y Programas de Investigación.....	53
Plan de Acción: Estrategias y Metas Generales	55

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACION DEL PLAN

Financiación Proyectos	59
Formación de Recursos Humanos	61
Total Presupuesto Requerido por el Programa	61

CAPÍTULO IV

SEGUIMIENTO AL PLAN ESTRATEGICO



PRESENTACIÓN

La articulación de la planeación estratégica a la ciencia y la tecnología ha representado un desafío para la comunidad académica y científica del país. Introducir sus lógicas, técnicas y metodologías a una dimensión social y cultural tan compleja como lo es la ciencia y la tecnología ha implicado para Colciencias el compromiso de llevar a cabo un ejercicio inteligente, de visión a mediano y largo plazo, que necesariamente va a generar cambios significativos en las prácticas tradicionales de planeación indicativa utilizadas hasta ahora por el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

La colección de los planes estratégicos de los Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología que el Sistema pone en circulación con la presente publicación, es el resultado de un trabajo de consulta, convocatoria y reflexión, de más de dos años, en el que están involucrados la diversidad de actores que participan activamente en la tarea de mantener viva la actividad científica y tecnológica en el país.

La planeación estratégica en la ciencia y tecnología se concibe como un instrumento gerencial, orientado a mejorar la efectividad de los programas nacionales, en términos de su capacidad para alcanzar los objetivos, mejorar su eficiencia en el uso de los resultados y desarrollar destrezas para adaptarse a los continuos cambios en el entorno nacional e internacional. Con la adopción sistemática de esta metodología, el Sistema busca adquirir una mayor competencia en la interpretación de la realidad y en la construcción de escenarios futuros que fundamenten sus derroteros en la ciencia y la tecnología nacional y en las corrientes mundiales de generación y uso del conocimiento científico y de esta manera fortalecer su contribución a la elevación de la calidad de vida de la población colombiana.

La actividad científica y la tecnológica en su carácter de bien público, al servicio de la academia y de la sociedad, en cuyo desarrollo participan los esfuerzos sociales y los recursos estatales, compromete a quienes la realizan a la rendición de cuentas en el espacio público. Para ello, la racionalidad de la planeación estratégica hace más transparente su actuación, permite generar y establecer indicadores, dar señales claras sobre sus productos, resultados e impacto y elevar la valorización y el reconocimiento de esta dimensión en beneficio de la competitividad y sostenibilidad nacional.

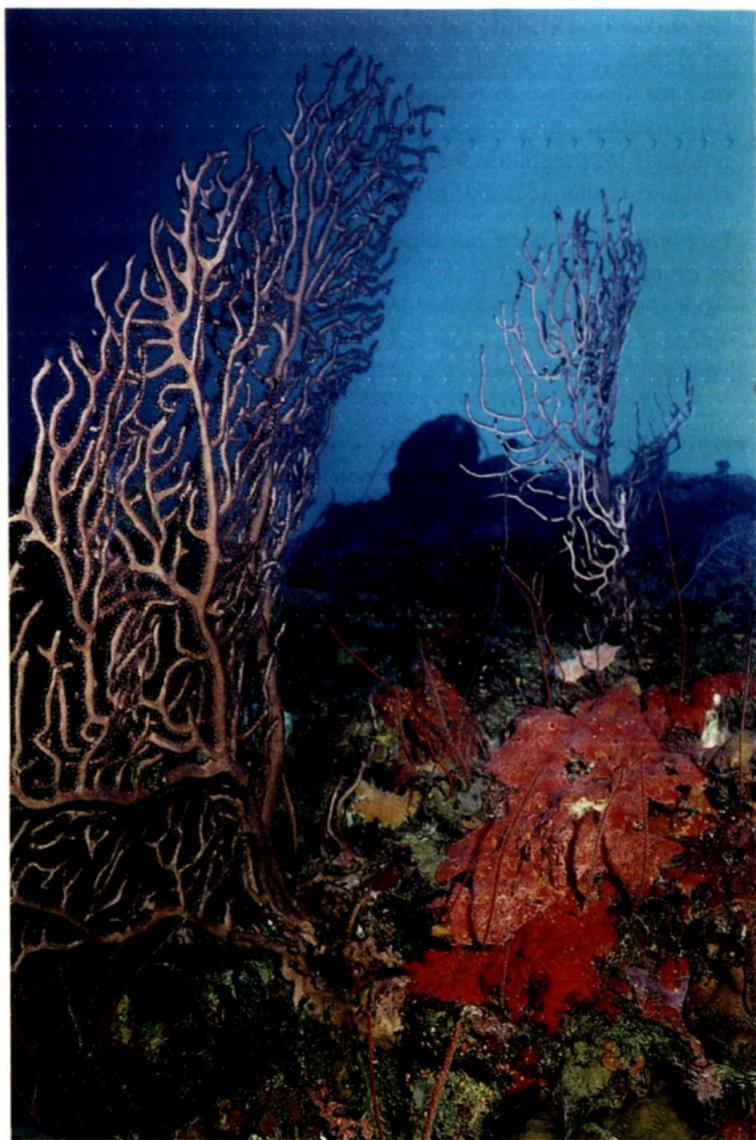
La razón de ser de los Planes Estratégicos se inscribe en cuatro objetivos fundamentales:

- Identificar los desafíos, los problemas críticos que el país enfrenta, así como las oportunidades que el contexto nacional e internacional brinda, en cada uno de los sectores en los que se desarrollan los Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología.
- Lograr una concentración selectiva de recursos financieros, y por lo tanto de esfuerzos de investigación y de desarrollo tecnológico, en ciertos campos o temas de investigación, o ciertas líneas de acción, con el fin de desarrollar masas críticas de investigación (desarrollo de una capacidad nacional), y de alcanzar objetivos estratégicos, haciendo factible la visión del futuro en la que se basa cada Plan Estratégico de Programa.
- Desarrollar una relación más estrecha entre las actividades de investigación y de generación de conocimientos con los usuarios de dicho conocimiento, para asegurar una vinculación efectiva y real de la ciencia y la tecnología a la sociedad, a la cultura y a la economía nacional. Esto tiene que ver con el uso y la aplicación de los resultados de la investigación y con la apropiación social del conocimiento como instrumento básico para que la ciencia y la tecnología contribuyan al desarrollo socio económico y cultural del país.

- Desarrollar una visión que contemple tanto las acciones a realizar en el corto plazo, como en el mediano y largo plazo, respondiendo a los desafíos y oportunidades que ofrecen el contexto nacional e internacional, así como la tendencias de la ciencia y la tecnología y las posibilidades de acción que genera el uso del conocimiento en las sociedades contemporáneas.

Esta publicación hace parte de los actos de celebración de los 30 años de existencia de Colciencias, como reconocimiento público a la labor desarrollada en favor de la consolidación de la capacidad científica y tecnológica y de la formación del personal científico y tecnológico que requiere el país.

Alvaro Mendoza Arango
Director General Colciencias





INTRODUCCIÓN

Cada vez es mas claro que la mejora en la calidad de vida y en la competitividad de una nación no pueden lograrse, únicamente, con base en la compra de tecnología. La tecnología transferida sin los conocimientos básicos necesarios, queda obsoleta rápidamente y no se puede proceder a mejorarla. Hoy se reconoce que cualquier país en vía de desarrollo o industrializado, que desee tener una sociedad estable en la cual pueda florecer la industrialización, la salud pública, la agricultura avanzada y otros campos usando ciencias aplicadas, necesita inevitablemente una educación altamente desarrollada y programas fuertes y sostenidos en ciencias básicas.

Colciencias, durante ya casi mas de tres décadas, ha venido realizando esfuerzos tendientes a la consolidación de una capacidad del país en Ciencia y Tecnología. A través del Programa Nacional de Ciencias Básicas se ha apoyado la creación y fortalecimiento de cerca de 70 grupos de investigación, que no solo se han constituido en el soporte a los programas doctorales existentes en el país, sino que además, hoy en día son objeto de reconocimiento en el ámbito internacional.

La Subdirección de Programas Estratégicos de Colciencias, a través de la División de Recursos Humanos y Fortalecimiento de la Comunidad Científica, ha financiado la formación de 209 personas a nivel de Doctorado en Ciencias Básicas, en Colombia y el exterior, número que sumado al número de doctores en Ciencias Básicas formados a través de proyectos de investigación, arroja un total de 258 individuos capacitados para la investigación. Se espera que estos nuevos doctores estén vinculándose al sistema durante los próximos 6 años.

Con la implementación del plan estratégico que aquí se presenta, el Programa Nacional de Ciencias Básicas se propone desarrollar

actividades que favorezcan la continuidad del proceso iniciado años atrás, buscando que la investigación en Ciencias Básicas se constituya en un soporte para el desarrollo económico, social y cultural del país.

Las líneas de acción establecidas en el plan están encaminadas a alcanzar los siguientes propósitos: 1. Desarrollar investigación en la frontera del conocimiento a nivel del país; 2. Aportar elementos fundamentales para la solución de problemas nacionales; 3. Consolidar la capacidad del país para la investigación en Ciencias Básicas; 4. Abrir espacios para la inserción de individuos que, habiéndose formado a nivel doctoral, inician su carrera en el país; 5. Diseñar e implementar políticas en torno a la Ciencia y la Tecnología y 6. Lograr la Internacionalización del Programa Nacional de Ciencias Básicas.



CONSIDERACIONES GENERALES

Políticas para Impulsar la Actividad Científica en Ciencias Básicas

El Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, COLCIENCIAS, en su papel de Secretaría Técnica y Administrativa del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, tiene entre sus funciones la de apoyar el trabajo de dicho Consejo. Esta función no puede limitarse a una administración pasiva del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, sino que además consiste en la participación activa, no sólo en el proceso de evaluación y seguimiento de programas y proyectos de investigación, sino muy especialmente en la formulación de propuestas, políticas, estrategias y acciones para que sean consideradas por el Consejo.

En este marco de ideas, consideramos una labor inaplazable del Instituto, en general, y de la Dirección de Ciencias Básicas, en particular, el generar la plataforma fundamental que recoja las ideas, sugerencias, recomendaciones y mandatos de los documentos que orientan y definen la Política Nacional en Ciencia y Tecnología, tales como, El Salto Social, Cambio Para Construir La Paz, el Documento Conpes 2739, Colombia al Filo de la Oportunidad - Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo -, entre otros, de modo que el Consejo disponga de una base coherente para la definición de sus acciones. Un primer documento de trabajo¹, que sirve de marco general para implementación de la política trazada en el documento Conpes ya mencionado, ha sido elaborado por COLCIENCIAS.

¹ Ciencia y Tecnología para un Desarrollo Sostenible y Equitativo, COLCIENCIAS, Marzo 30 de 1995.

En la especificación de las acciones de la Dirección de Ciencias Básicas, se considera conveniente definir, en el marco global señalado por la política actual, el nicho específico en el cual deben moverse y desarrollar sus actividades. Esto significa concretar y particularizar los conceptos y acciones globales, contemplados en la definición general, para el caso particular de las Ciencias Básicas.

En primer lugar se considera, que en el caso de las Ciencias Básicas, las premisas que permitirían definir indicadores de gestión, calidad y eficiencia, no pueden limitarse, como aparentemente pudiera entenderse, a considerar el criterio de desarrollo sostenible únicamente en el marco fijado por la Ecología, la Economía y el patrón de Equidad en lo que normalmente se entiende por distribución del ingreso. Creemos que estos conceptos son mucho más amplios y de aplicación general.

En particular, el criterio de desarrollo sostenible, más allá de sus implicaciones y raíces biológicas, ecológicas y económicas, abarca también el horizonte de futuro de un programa dado; esto es, involucra criterios que de una u otra manera permiten definir la PERMANENCIA TEMPORAL del programa o proyecto. Significa también, que deben buscarse parámetros de definición de indicadores, que más allá de la calidad o necesidad académica, trasciendan el ámbito universitario y permitan medir las implicaciones y los resultados SOCIALES del programa o proyecto.

Por otra parte, la equidad y el desarrollo equitativo no pueden significar exactamente una división aritmética de recursos entre instituciones o grupos de investigación. Creemos que se hace necesario entender que la distribución es PONDERADA. Esto significa que es una tarea del Instituto definir los parámetros, que partiendo de las prioridades fijadas por las políticas de Ciencia y Tecnología y las urgencias del desarrollo nacional, permitan por un lado, establecer los indicadores necesarios para fijar los criterios de prioridad; elaborar planes prospectivos por sector y región; definir planes de capacitación y formación de investigadores; formular estrategias de

desarrollo y para vinculación de la investigación con el sector productivo, y por otro, establecer indicadores de evaluación de los programas y proyectos para su financiación y apoyo por parte del Instituto. En este orden de ideas, la asignación de recursos para la financiación y fomento de actividades en Ciencia y Tecnología puede hacerse en forma coherente con los mecanismos de implementación de una política global y con criterios que se fundamentan en una distribución ponderada y, en ese sentido, equitativa y justa.

La ampliación propuesta del significado fundamental de sostenibilidad y equitatividad, permite ahora definir AREAS ESTRATEGICAS DE DESARROLLO, que se fundamenten tanto en la política global como en las necesidades reales y urgentes, MARCAR LINEAS PRIORITARIAS, que permitan alcanzar las metas de desarrollo de esas áreas y APROBAR LAS ACCIONES PERTINENTES, apoyar y financiar programas y proyectos, facilitar la movilidad de los investigadores, fortalecer la capacidad de investigación de carácter interdisciplinario, apoyar la consolidación y creación de grupos de investigación, contribuir a la formación del recurso humano, etc.

Con lo anterior, evidentemente se llega a una relación de PERTINENCIA, que permitirá definir un criterio básico para la asignación de recursos. Creemos que no es posible establecer a priori la pertinencia de un programa o proyecto a una línea o a un área. Más aún, consideramos inadecuado y en cierto modo inoperante, el definir previamente, qué acciones son o no son pertinentes a un área de desarrollo o a una línea prioritaria.

En este sentido, la importancia social, la madurez académica y la producción de un grupo de investigación científica o de desarrollo tecnológico, son las que en una primera instancia fijan unos parámetros de acercamiento a la pertinencia y de viabilidad científica o tecnológica de una propuesta dada. De esta forma, se deben construir indicadores que en cierto modo permitan asegurar la seriedad de la propuesta y del grupo proponente. Aquí una aplicación coherente del criterio de equidad debe permitir la participación de gru-

pos nacientes o en formación, estableciendo criterios para el trabajo conjunto y el apoyo y la asesoría a estos grupos, por parte de los grupos ya consolidados, tanto nacionales como del exterior.

En segundo término, consideramos que la pertinencia es algo que, más que definido previamente, se establece en un proceso de evaluación y negociación entre el grupo proponente y el equipo técnico del Instituto² que brinda el apoyo y la financiación.

Por esta razón se hace necesario fortalecer los equipos técnicos del Instituto y del Gobierno en general, incluyendo las diversas organizaciones que constituyen el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología³; fortalecimiento que más allá de la simple acción de capacitación con pasantías y cursos cortos, debe articular una política que propenda por la vinculación y el mantenimiento de personal altamente calificado, de reconocida trayectoria en investigación o producción Tecnológica, y con un profundo conocimiento de la realidad nacional, para que se constituya en el equipo técnico que asesore y soporte las políticas y las acciones de evaluación, recomendación y seguimiento de los programas.

Es claro que no se pretende volver a la situación en la cual Colciencias u otros entes similares se conviertan en jueces evaluadores permanentes de los programas y proyectos. Se trata de lograr que tanto el Instituto, como el Gobierno y las organizaciones del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, dispongan de interlocutores reconocidos y válidos, sobre quienes deben recaer las tareas de elaboración de las propuestas generales que se convertirán en instrumentos definidos y aprobados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; de selección previa de proyectos y escogencia de los equipos de evaluación; facilitando de esta forma que a este lleguen las propuestas claramente definidas; apoyando así, de mane-

2 Convocatoria a la creatividad, Documento COLCIENCIAS, Diciembre de 1992.

3 Programa Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico - III Etapa, Documento BID\CO-0134.

ra coherente, la política general de hacer de los Consejos entidades rectoras y generadoras de políticas; y evitando con esto entorpecer las funciones prioritarias de los Consejos.

En tercer lugar, la pertinencia no es absoluta y definitiva en el tiempo. Son los resultados y el significado global para el desarrollo científico y tecnológico del país los que definen la continuidad del proceso y su interés para la Sociedad Colombiana⁴. Por lo tanto, el establecimiento de un sistema transparente de evaluación y seguimiento debe ser el garante fundamental de los criterios posteriores de Pertinencia y Permanencia de los programas y proyectos. Aquí se hace de gran importancia establecer los parámetros que definan indicadores que reflejen con justicia la importancia de las acciones de un programa o proyecto y la trascendencia de sus resultados. No es suficiente establecer parámetros definidos en patrones internacionales, es necesario además, establecer otros que consideren nuestras reales condiciones Sociales, Económicas y Culturales, que en gran medida definen la importancia de un proceso científico o tecnológico y su particular significado para el país.

Situación de las Ciencias Básicas en el contexto de los programas de ciencia y tecnología

Las Ciencias Básicas se constituyen en la base fundamental de los procesos de desarrollo científico y tecnológico, sin los cuales es impensable la inserción de nuestro país en el próximo milenio. La producción de bienes de muy alta tecnología, el desarrollo de nuevos conocimientos y con ellos la generación de información, que se constituyen en los insumos más importantes de la economía verdadera, tienen como una condición necesaria la construcción de una comunidad científica con profundos arraigos en las ciencias fundamentales. Desarrollos competitivos en otras áreas de la Ciencia o

4 Convocatoria a la creatividad, Documento COLCIENCIAS, Diciembre de 1992.

de la Tecnología, son poco probables sin haber alcanzado los más altos niveles de conocimiento y producción en las Ciencias Básicas.

Así por ejemplo, sin un desarrollo fuerte, estructurado y competitivo a nivel mundial en las disciplinas Básicas de la Biología, la Química, la Electrónica y la Informática, un desarrollo adecuado y competitivo en Biotecnología es inalcanzable. Sin estas premisas nuestros desarrollos biotecnológicos irán siempre a la zaga de los avances alcanzados en otras latitudes y nuestra aparente riqueza biológica será la riqueza de otros pueblos. Por otra parte, los desarrollos científicos y tecnológicos necesarios para solucionar y mitigar las situaciones de salud pública, que en oportunidades se convierten en obstáculos fundamentales para el desarrollo equilibrado y sostenible de algunas de nuestras regiones, requieren de personal altamente cualificado en las ciencias básicas médicas, que apoyado con la colaboración de otras disciplinas básicas, puede en un momento dado producir las soluciones y las alternativas de solución a estos urgentes problemas. En ambos ejemplos se encuentran situaciones que pueden calificarse y tomarse como prototípicas, tanto positiva como negativamente.

En beneficio del espíritu de entendimiento y colegialidad que debe acompañar este documento, no queremos señalar ejemplos negativos; pero si deseamos dejar como un ejercicio de evaluación interna, la reflexión profunda sobre el significado económico e histórico de las inversiones que, apoyando programas y proyectos que se amparan bajo la etiqueta de los problemas más actuales y en cierta manera fundamentales para nuestra supervivencia económica y social, representan en realidad inversiones vacías, cuya importancia científica o tecnológica, en un análisis superficial puede verse como fundamental, pero que en realidad se encuentra socavada por la ausencia de una base científica o tecnológica suficiente y fuerte que asegure el éxito de los esfuerzos invertidos.

Lo anterior no puede significar que el Instituto debe cerrarse para programas y proyectos, que puedan representar avances signifi-

cativos en Ciencia o Tecnología, pero para los cuales no existe en el país la infraestructura adecuada que garantice el desarrollo exitoso.

Significa realmente, que si el país debe invertir apreciables sumas y esfuerzos en el desarrollo de áreas estratégicas y la consolidación de líneas y grupos de investigación en esas áreas, debe hacerlo sin olvidar fortalecer en estas acciones las líneas y grupos de las Ciencias que permiten fundamentar los trabajos de esas áreas estratégicas. Significa también que las Ciencias Básicas constituyen así un grupo de disciplinas estratégicas y prioritarias, que permiten fundamentar otros desarrollos, y en este sentido, que aún en el caso de las Ciencias Básicas, el país, a través del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y basado en los trabajos de asesoría y consejería del Instituto, debe tomar una decisión con respecto a lo que en ellas debe considerarse prioritario. Significa, más profundamente, que debe definirse claramente una política, que más allá del señalamiento de los problemas y el establecimiento cuantitativo de carencias, fundamentado en la comparación de nuestra realidad con lo existente en otras realidades, contemple el significado real de nuestros problemas. Esto implica un análisis más profundo del significado de los indicadores internacionales, que si bien son muy importantes, no necesariamente conducen a las cifras reales que satisfagan nuestros problemas y requerimientos.

Sólo de esta forma, la implementación de una política que se fundamente en la equidad y propenda por el desarrollo sostenible, en el sentido amplio definido anteriormente, tendrá la capacidad real de ser un instrumento adecuado que conduzca al aprovechamiento de los recursos en beneficio del futuro del país. En esa misma medida, el establecimiento de criterios de ponderación tendrá significado y permitirá el desarrollo equilibrado de la comunidad científica colombiana. Pues no se trata de llenar requisitos numéricos, (Doctores, cursos, pasantías, movilidad, estímulos, etc.) que aparentemente se presentan como una panacea que permitiría al país alcanzar el desarrollo de los países más avanzados, sino de

aprovechar efectivamente los recursos, tanto los internos como los de los créditos externos, para crear, de una vez por todas, una de las partes más importantes del fundamento de la solución de nuestros problemas de desarrollo. Sin esto como meta, se estaría utilizando más que una medicina real, un placebo transitorio que produciría en el corto plazo la sensación de haber solucionado un problema que en realidad se ha profundizado, conduciendo no a cerrar una brecha, sino más exactamente a construir el precipicio de nuestro descalabro científico, académico y al fin de cuentas económico.

Desde este planteamiento, la acción de la Dirección de Ciencias Básicas debe verse como la contribución efectiva a la creación de las bases fundamentales de nuestro desarrollo científico, tecnológico, académico y al fin de cuentas económico y social. Por esa razón se hace indispensable la formulación clara y transparente de las áreas estratégicamente prioritarias y de las metas que permitan consolidar en el mediano y largo plazo el desarrollo y el avance científico y tecnológico que el país necesita. Es claro que en el país deben existir personas y grupos que representen, ojalá, TODOS los campos del conocimiento. Lo que no es evidente es que este deseo ideal sea satisfecho sin un criterio de ponderación que consulte nuestra realidad y los requerimientos URGENTES de nuestra situación de desarrollo.

Canalización de los recursos para la consolidación de una comunidad científica

Dada la importancia estratégica de las Ciencias Básicas, como fundamento de otros desarrollos en Ciencia y Tecnología y su inminente vinculación con el sector productivo⁵, el mecanismo de canalización de recursos en las áreas de Ciencias Básicas debe permitir, no sólo una concentración adecuada de los recursos tanto eco-

5 "Convocatoria a la creatividad", Documento COLCIENCIAS, 1992, pág. 34.

nómicos como físicos y humanos, que permita el desarrollo e incentive la creatividad de los grupos consolidados involucrados, sino muy especialmente, una distribución adecuada y participativa, que permita irradiar los beneficios alcanzados a otros grupos de investigación y sectores más amplios de la población. Creemos que sólo de esta forma la inversión que el país requiere para el desarrollo de su base científica y la consolidación real de una comunidad científica representativa, puede ser efectivamente realizada.

El diseño de este mecanismo debe considerar, como parte fundamental de su estrategia de desarrollo y consolidación, la vinculación efectiva del sector productivo y del Gobierno, para realizar labores de investigación científica y desarrollo tecnológico ⁶.

La formulación de una política de planeación estratégica en el Programa Nacional de Ciencias Básicas busca desarrollar una mejor y mayor capacidad de análisis del entorno (interno - externo), de interpretación de la comunidad científica y de construcción de futuros para definir programas y líneas que permitan una mejor utilización de los desarrollos científicos y tecnológicos y proyectar e insertar las Ciencias Básicas en la Ciencia y Tecnología nacionales, para de esta forma posibilitar que nuestros científicos se involucren en las corrientes mundiales de conocimiento a fin de mejorar el desarrollo de la población colombiana.

El desarrollo y la aplicación de los conocimientos científicos aportará a la población mundial y, específicamente a la colombiana, la mejor OPCIÓN para elevar el bienestar, en general, de nuestra población.

Las Ciencias Básicas son el motor del desarrollo y mejoramiento económico y social, pero estas en nuestro país no han tenido un desarrollo simétrico, y nuestras comunidades científicas aun están

6 "COLOMBIA AL FILO DE LA OPORTUNIDAD", Informe conjunto de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo, Cap. III, Ciencia y Tecnología.

por debajo de ciertos estándares internacionales mínimos deseables, de masa crítica.

Los países como el nuestro, en vías de desarrollo, deben realizar grandes esfuerzos en conseguir la MASA CRITICA necesaria en investigación, esencial para crear capacidades, lograr un desarrollo y posibilitar su inserción en los mercados internacionales altamente competitivos; en otras palabras la Cooperación internacional es necesaria para tener hoy en día en nuestro país CIENCIA a gran escala.

La ciencia y la tecnología en una comunidad abierta y altamente competitiva, constituyen el elemento básico para el desarrollo equitativo y sostenible de nuestra sociedad.

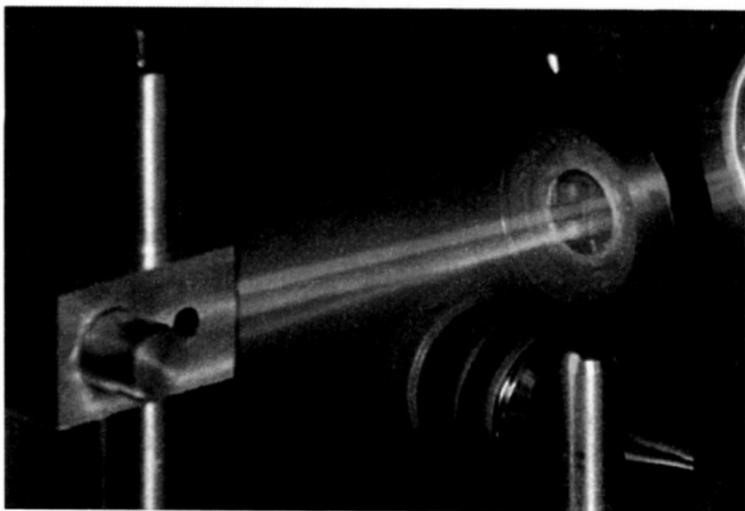
La Ciencia Básica o fundamental, en la forma clásica de investigación, es la responsable de todo lo maravilloso en los adelantos tecnológicos que invaden al mundo actual; todos los desarrollos científicos que nos asombran y que en un futuro tendremos la oportunidad de disfrutar, son debidos a la investigación básica y a las aplicaciones tecnológicas de los mismos.

Uno de los principales puntos que se busca fortalecer es el rol de la Ciencia Fundamental o Básica en la construcción de la sociedad Colombiana. Otro es la identificación de un conjunto de propósitos nacionales que orientan las acciones dentro del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y que permitan evaluar los medios y recursos con que hoy en día contamos además de los resultados fruto de todo el proceso en que estamos comprometidos. En este marco de ideas, hay cuatro puntos importantes que se deben tener en cuenta a saber:

- La necesidad de identificar los desafíos y problemas que el Programa Nacional de Ciencias Básicas enfrenta, así como las oportunidades que el contexto nacional e internacional nos brindan.
- La concentración selectiva de recursos financieros y por lo tanto de esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológicos en cier-

tos campos de investigación, o ciertas líneas de acción, con el propósito de desarrollar masas críticas y de alcanzar objetivos estratégicos nacionales.

- El desarrollo de una estrecha relación entre las actividades de investigación y generación de conocimiento y los usuarios de dicho conocimiento, con el propósito de vincular la Ciencia y la Tecnología a la sociedad, la cultura y a la economía nacional.
- Desarrollar la visión que contemple las acciones que se ejecutarán a corto, mediano y largo plazo, respondiendo a las oportunidades que brinda el entorno tanto nacional como internacional.



CAPÍTULO I



ANÁLISIS DEL CONTEXTO DE PLAN

I. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR

Al Programa de Ciencias Básicas se encuentran adscritas 6 disciplinas del saber: la Biología, las Ciencias Básicas Biomédicas, las Ciencias de la Tierra, la Física, las Matemáticas y la Química, cuyo desarrollo es el motor de los avances en otros campos aplicados de la Ciencia y la Tecnología. Estos últimos, a su vez, se encuentran adscritos a los otros 10 Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología, cuyo objetivo, al igual que el Programa Nacional de Ciencias Básicas, es contribuir al desarrollo científico y tecnológico del país, como requisito importante para su inserción en el proceso de modernización propio de las sociedades más avanzadas del mundo.



II. CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA

La comunidad científica que desarrolla su labor en Ciencias Básicas, no solo es una de las de mayor trayectoria y una de las más consolidadas en el país, sino que se caracteriza por tener el mayor número de investigadores formados a nivel de Doctorado y Maestría. A pesar de lo anterior, todavía existe la necesidad de formar personal calificado para la investigación, especialmente en disciplinas como la Biología, las Ciencias de la Tierra y las Matemáticas, que son las que han tenido un menor desarrollo relativo, con respecto a las demás disciplinas que conforman el Programa Nacional de Ciencias Básicas.

Entre 1984 y 1994 se formaron 11.449 profesionales en Ciencias Básicas, de los cuales el 3.3% realizó estudios a nivel de Posgrado.

En el campo de las Ciencias Básicas, Colciencias a través de la Subdirección de Programas Estratégicos (**Gráfica 1 y Tabla 1**), durante el periodo comprendido entre octubre de 1991 y

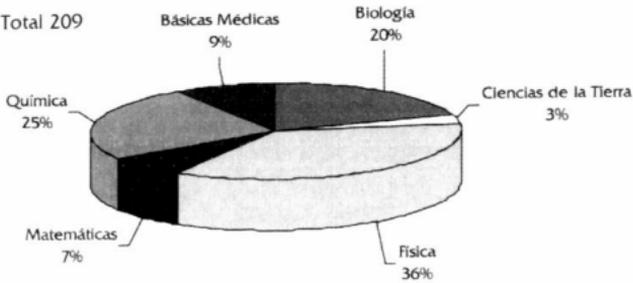
diciembre de 1998, otorgó 217 becas para estudios de Doctorado y Maestría en Colombia y en el exterior, apoyó la realización de 35 pasantías dentro y fuera del país, vinculó 16 investigadores a grupos de investigación nacionales, a través del programa "Movilidad de Investigadores" y 24 a través del programa "Retorno de Investigadores", apoyó la participación de 59 jóvenes en grupos de investigación de trayectoria, a través del Programa "Jóvenes Investigadores" y además favoreció la consolidación de 14 de los 15 Programas de Doctorado en Ciencias Básicas a nivel nacional (**Tabla 2**).

Por otro lado, durante este mismo periodo, a través del Programa de Ciencias Básicas, Colciencias financió proyectos de investigación presentados por grupos adscritos a 19 universidades públicas y privadas, a 4 institutos y a 3 centros de investigación del país (**Tabla 3 y Gráfica 2**). Debido a la necesidad de apoyar a grupos de investigación consolidados y de promover la consolidación de aquellos que se encuentran en el proceso, la

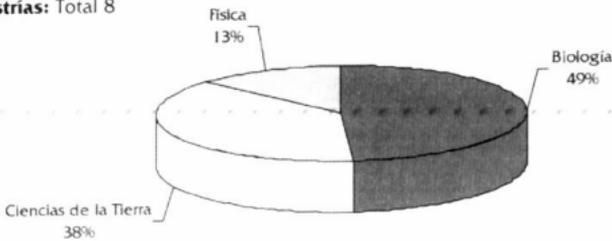


GRÁFICA No. 1 Subdirección de Programas Estratégicos
Formación de Recursos Humanos en Ciencias Básicas
Octubre 1991 - Diciembre 1998

Doctorados: Total 209



Maestrías: Total 8



Pasantías: Total 35

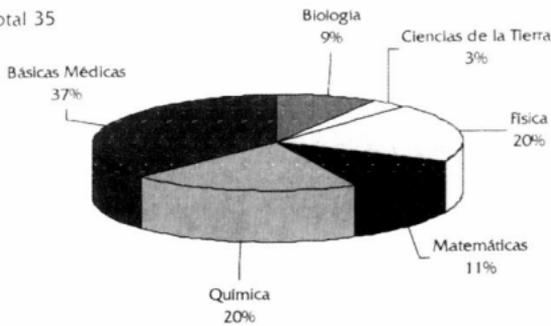




TABLA No. 1 Subdirección de Programas Estratégicos.
 Consolidación de la Comunidad Científica
 Octubre 1991 - Diciembre 1998

TIPO DE APOYO	BASICAS MEDICAS	BIOLOGIA	CIENCIAS DE LA TIERRA	FISICA	MATEMATICAS	QUIMICA	TOTAL	TOTAL COLCIENCIAS	%
Movilidad		3		9	1	3	16	45	36
Repatriaciones	5	4		3	4	8	24	97	25
Jóvenes Investigadores	11	26		12	4	6	59	426	14
Apoyo Infraestructura Doctorados Estimulo Investigadores	3	3		4	1	3	14	24	58
							180	427	42



TABLA No. 2 Subdirección de Programas Estratégicos
Apoyo Infraestructura de Doctorados en Ciencias Básicas

ENTIDAD	DOCTORADO	AÑOS APOYO FINANCIERO
U. JAVERIANA	CIENCIAS BIOLÓGICAS	1996
U. ANTIOQUIA	CIENCIAS BIOMÉDICAS	1994- 1995
	FÍSICA	1996
	QUÍMICA	
U. ANDES	GENÉTICA	1994-1995
U. VALLE	BIOLOGÍA	1995
	CIENCIAS BIOMÉDICAS	1994-1995
	FÍSICA	1994-1995
	QUÍMICA	1994-1995
U.I.S.	FÍSICA	1996
	QUÍMICA	1996
U. NACIONAL SEDE BOGOTÁ	FÍSICA	1994-1995
	MATEMÁTICAS	1995
	QUÍMICA	1994-1995
U. PONTIFICIA BOLIVARIANA	CIENCIAS BIOMÉDICAS	1996

mayoría de los proyectos financiados se ha mantenido dentro de líneas de investigación de trayectoria que, por otro lado, han sido la base para la creación de los Programas Nacionales de Doctorado en las diferentes disciplinas que conforman las Ciencias Básicas. Estos se encuentran adscritos a las universidades Javeriana, de Antioquia, de los Andes, del Valle, Industrial de Santander, Nacional de Colombia y Pontificia Bolivariana.

Actualmente, la comunidad científica nacional participa en redes latinoamericanas e internacionales de investigadores en Ciencias Básicas, entre las cuales cabe citar la Red Latinoamericana de Biología (RELAB), la Red Latinoamericana de Física (RELAFI), el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) y la Red Latinoamericana de Óptica (OPTILAS); sin embargo, es necesario fomentar la participación



TABLA No. 3 Programa Nacional de Ciencias Básicas. Proyectos y Adiciones a Proyectos Montos aprobados. Octubre 1991- Diciembre 1998. (Miles de pesos constantes de Diciembre 31 de 1991)

BÁSICAS MÉDICAS I.P.C. DIC.31/91

ENTIDAD	PROYECTOS	ADICIONES	TOTAL	PROYECTOS	ADICIONES
C.I.B.	339.844	14.909	354.753	7	3
CIDEIM	20.408		20.408	1	
C.I.F.	93.667		93.667	2	
H.I.L.V.	3.987		3.987	1	
I.C.M.T.	12.331		12.331	1	
I.N.C.	38.729		38.729	1	
I.N.S.	263.006	26.392	289.398	7	1
U. ANDES	116.913		116.913	1	
U. ANTIOQUIA	341.049	28.793	369.842	9	4
U. CARTAGENA		9.392	9.392		1
U. JAVERIANA	249.005	33.215	308.220	5	3
U. NACIONAL BOGOTÁ	194.343	11.121	205.464	3	1
U. NORTE	167.310		167.310	1	
U. VALLE	246.801	31.713	278.514	4	3
TOTAL	2.113.393	155.535	2.268.928	43	16

BIOLOGÍA I.P.C. DIC.31/91

ENTIDAD	PROYECTOS	ADICIONES	TOTAL	PROYECTOS	ADICIONES
C.I.B.	17.296		17.296	1	
CIDEIM	23.670		23.670	1	
I.N.S.	27.266	10.523	37.789	1	2
U. ANDES	156.940		156.940	5	
U. ANTIOQUIA	101.370	3.489	104.859	2	2
U.J.T.L.	14.497		14.497	1	
U. LIBRE	51.602		51.602	1	
U. NACIONAL BOGOTÁ	248.542	17.225	265.767	6	2
U. NACIONAL MEDELLÍN	26.125		26.125	1	
U. SALLE	69.615		69.615	3	
U. VALLE	4.146		4.146	1	
TOTAL	723.773	31.237	755.010	23	6

**CIENCIAS DE LA TIERRA**

I.P.C. DIC.31/91

ENTIDAD	PROYECTOS	ADICIONES	TOTAL	PROYECTOS	ADICIONES
U.I.S.	109.703		109.703	2	
TOTAL	109.703		109.703	2	

FÍSICA

I.P.C. DIC.31/91

ENTIDAD	PROYECTOS	ADICIONES	TOTAL	PROYECTOS	ADICIONES
CIF	221.415	30.785	252.200	5	2
U. ANDES	173.126	7.336	180.462	5	2
U. ANTIOQUIA	154.402	3.012	157.414	10	1
U. CAUCA	60.599		60.599	2	
U.I.S.	125.396		125.396	5	
U. NACIONAL BOGOTÁ	477.150	19.209	496.359	8	4
U. NACIONAL MANIZALES	62.141		62.141	2	
U. NACIONAL MEDELLÍN	15.454		15.454	2	
U. NARIÑO	10.531		10.531	2	
U. QUINDIO	165.732	53.015	218.747	2	4
U. SURCOLOMBIANA	4.288		4.288	1	
U. VALLE	473.100	57.278	530.378	11	4
TOTAL	1.943.334	170.635	2.113.969	55	17

MATEMÁTICAS

I.P.C. DIC.31/91

ENTIDAD	PROYECTOS	ADICIONES	TOTAL	PROYECTOS	ADICIONES
U. ANDES	17.136	3.227	20.363	2	1
U. ANTIOQUIA	12.926		12.926	2	
U. CARTAGENA	6.441		6.441	1	
U.I.S.	9.862	0.055	9.862	1	1
U.A.B.	4.804		4.804	1	
U. NACIONAL BOGOTÁ	68.199		68.199	8	
U. NACIONAL MEDELLÍN	129.807		129.807	12	
U. SURCOLOMBIANA	5.640			1	
U. VALLE	94.530		94.530	4	
TOTAL	349.345	3.227	346.932	32	2

**QUÍMICA**

I.P.C.

DIC.31/91

ENTIDAD	PROYECTOS	ADICIONES	TOTAL	PROYECTOS	ADICIONES
U. ANTIOQUIA	267.970	10.103	278.073	6	2
U.CARTAGENA	56.522		56.522	2	
U.I.S.	333.863	42.569	376.432	7	5
U. JAVERIANA	59.988		59.988	2	
U. NACIONAL BOGOTÁ	458.033	14.191	472.224	9	3
U. NACIONAL MEDELLÍN	48.941		48.941	2	
U.T.P.	35.527		35.527	1	
U. VALLE	287.792		287.792	11	
TOTAL	1.548.636	66.863	1.615.499	42	10

del país en otras redes internacionales, haciendo énfasis en las disciplinas de menor desarrollo relativo. Igualmente, es necesario seguir promoviendo la conformación de otras redes nacionales de investigación aparte de las ya existentes, tales como la Red Colombiana de Ciencias Biológicas, la Red Colombiana de Óptica, la Red Colombiana de Productos Naturales, la Red Colombiana de Materiales y la Red Colombiana de Catálisis, entre otras, con el fin de que se establezcan vínculos de colaboración entre grupos adscritos a una misma línea temática.

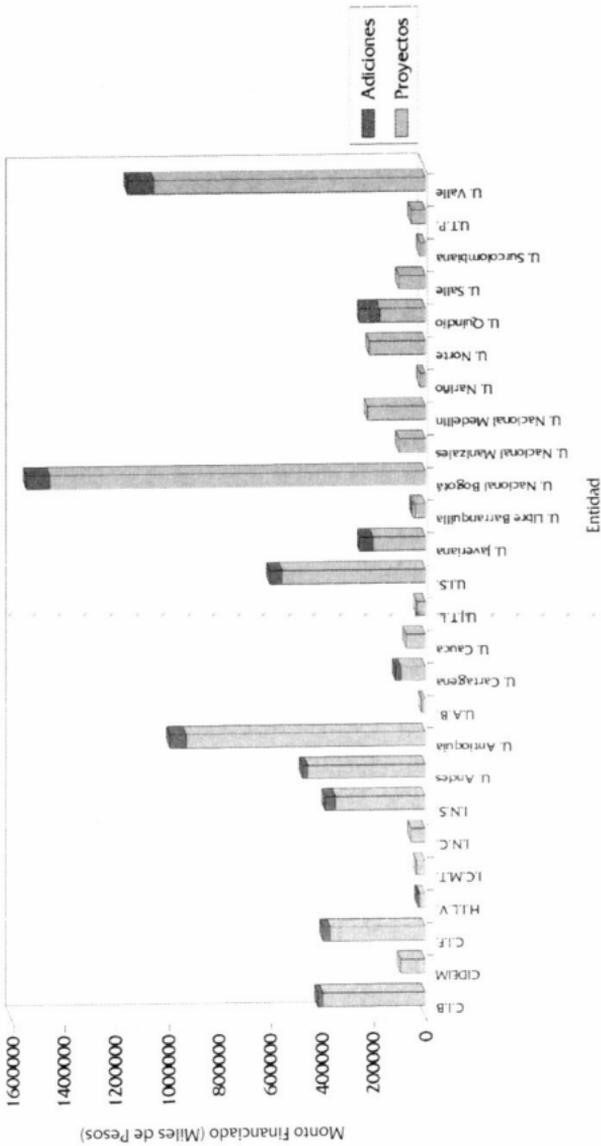
III. ANTECEDENTES Y LOGROS DEL PROGRAMA EN EL PERIODO 1991 - 1998

Demanda de recursos para proyectos en Ciencias Básicas

A partir de la reestructuración del Sistema Nacional de Ciencias y Tecnología, durante el periodo comprendido entre Octubre de 1991 y Diciembre de 1998, el Programa Nacional de Ciencias Básicas gestionó 501 proyectos de investigación, de los cuales 195 (38.9%) fueron aprobados, 298 (59.5%) no fueron cofinan-



GRÁFICA No. 2 Programa Nacional de Ciencias Básicas
Proyectos y Adiciones Aprobados Oct./91 - Dic./98
Distribución presupuestal por entidad
I.P.C. (Pesos constantes de dic. 31/91)





ciados y 8 (1.6%) fueron retirados (**Tabla 4, Gráfica 3**). De los 501 proyectos estudiados a través del programa entre Octubre de 1991 y Diciembre de 1998 se concentraron en líneas de investigación adscritas a la Química (27%), a las Ciencias Básicas Biomédicas (19%), a la Biología (16%) y a la Física (24%), lo que refleja por un lado, una mayor actividad en estas disciplinas y por otro, un menor desarrollo de las otras que conforman el programa (**Gráfica 4**).

La presentación de proyectos al programa, analizada por bienios (**Tabla 5**) muestra un incremento del 43.1% entre el primer y segundo bienio, del 71.1% entre el segundo y tercer bienio y del 53.5% entre el tercer y cuarto bienio. Este comportamiento que refleja un aumento significativo en la demanda de recursos para proyectos en Ciencias Básicas, especialmente entre 1995 y 1998, es el resultado de la gestión de Colciencias, frente a la tarea de lograr la consolidación de la comunidad científica del país y de la entrada en vigencia del Decreto 1444.

Por otro lado, si se mira la relación Proyectos aprobados / Proyectos no cofinanciados (**Tabla 6**), es notable una disminución del valor resultante a medida que transcurren los 4 bienios analizados (especialmente durante el periodo 1995-1998). El aumento en la demanda ha generado una mayor competencia por los recursos, y ello a su vez ha obligado a ejercer nuevos criterios de selección, además de los existentes, con el fin de asignar los recursos disponibles por vigencia. En ello ha influido también la presentación de propuestas de menor calidad por parte de los investigadores de poca experiencia, razón por la cual se hace necesario promover la implementación de programas para actividades pre-proyecto y para el fomento del trabajo en asocio con grupos de mayor trayectoria

Líneas de investigación financiadas a través del Programa de Ciencias Básicas

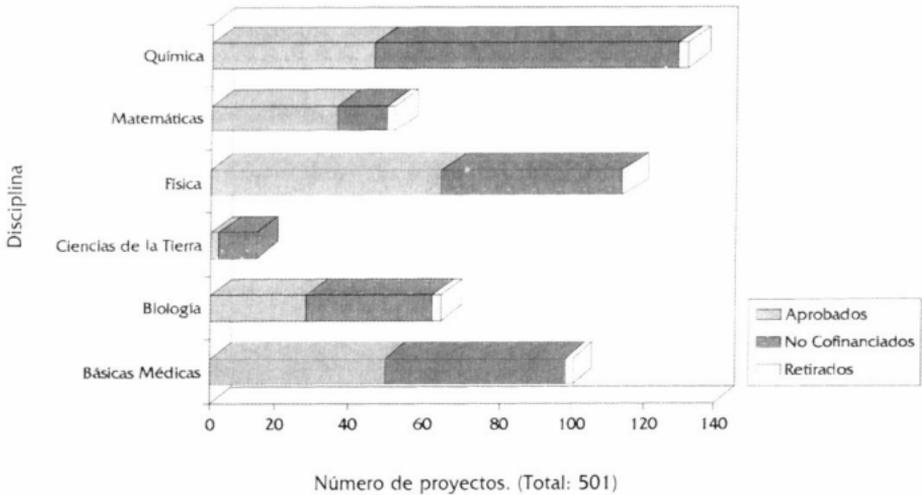
En la **tabla 7** se presentan las líneas de investigación por dis-



TABLA No. 4 Programa Nacional de Ciencias Básicas
Estados de Proyectos
Período Octubre 1991 - Diciembre 1998

DISCIPLINA	APROBADOS	NO COFINANCIADOS	RETIRADOS	TOTAL
<i>BASICAS MEDICAS</i>	43	51	2	96
<i>BIOLOGIA</i>	23	56	3	82
<i>CIENCIAS DELA TIERRA</i>	2	12		14
<i>FISICA</i>	55	65	1	121
<i>MATEMATICAS</i>	32	18	1	51
<i>QUIMICA</i>	40	96	1	137
<i>TOTAL</i>	195	298	8	501

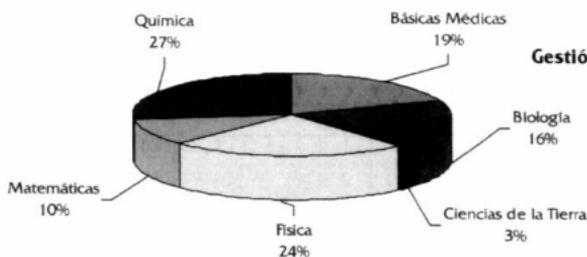
GRÁFICA No. 3 Programa Nacional de Ciencias Básicas
Proyectos Octubre 1991 - Diciembre 1998



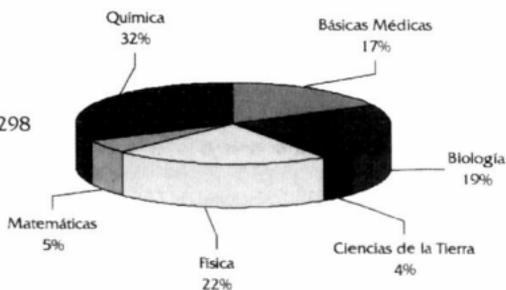


GRÁFICA No. 4 Programa Nacional de Ciencias Básicas.
Proyectos Octubre 1991 - Diciembre 1998

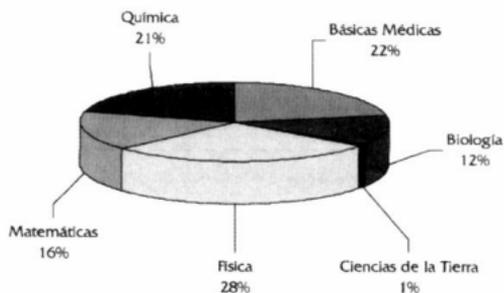
Gestión Proyectos. Total 501



Proyectos no cofinanciados. Total 298



Proyectos Aprobados. Total 195



Proyectos Retirados. Total 8

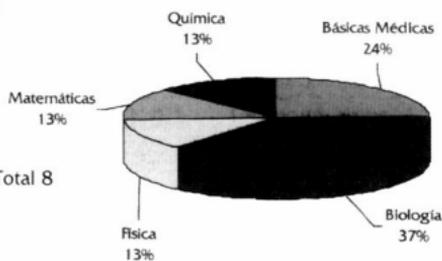




TABLA No. 5 Programa Nacional de Ciencias Básicas
Proyectos gestionados por bienes
Octubre 1991 - Diciembre 1998

BIENIOS	NUMERO PROYECTOS	%
1991-1992	58	11.6
1993-1994	83	16.6
1995-1996	142	28.3
1997-1998	218	43.5
TOTAL	501	100

TABLA No. 6 Programa Nacional de Ciencias Básicas
Indice de Exito por Bienes
Octubre 1991 - Diciembre 1998

BIENIOS	PROYECTOS APROBADOS	PROYECTOS NO COFINANCIADOS	INDICE DE EXITO
1991-1992	41	17	2.41
1993-1994	53	29	1.83
1995-1996	57	84	0.68
1997-1998	44	168	0.26
TOTAL	195	298	0.65

Indice de Exito: Proyectos aprobados / proyectos no cofinanciados

ciplina, que han sido financiadas a través del programa. Es necesario resaltar que muchos de los recursos se han concentrado en líneas de importancia para el país como lo son: sustancias bioacti-

vas de origen natural y sintético, Catálisis, Genética, Enfermedades Infecciosas, Física de Superconductores y Semiconductores, Fenomenología de partículas subatómicas, Análisis esta-

TABLA No. 7 Programa Nacional de Ciencias Básicas
 Líneas de Investigación Financiadas
 Octubre 1991 - Diciembre 1998

BIOLOGÍA	NUMERO DE PROYECTOS
Estudio citogenético de Abejas	1
Biofísica mitocondrial	1
Biofísica vegetal	1
Biología celular animal	3
Bioquímica de Bacterias	1
Bioquímica y Biología Molecular de Musa spp	1
Entomología aplicada	2
Etobiología animal	1
Evolución animal	1
Fitobiología aplicada	1
Genética de poblaciones animales	3
Genética de poblaciones humanas	4
Taxonomía animal	1
Sistemática animal	2
TOTAL	23

QUÍMICA	NUMERO DE PROYECTOS
Sustancias bioactivas de origen natural	16
Actividad biológica de compuestos heterocíclicos sintéticos	5
Fisicoquímica teórica	4
Análisis cristalográfico	2
Catálisis	6
Compuestos organometálicos	3
Polímeros	2
Síntesis orgánica y mecanismos de reacción	2
TOTAL	40

FÍSICA	NUMERO DE PROYECTOS
Astrofísica experimental	3
Física experimental de altas energías	2
Física cuántica	1
Física de plasmas	2
Física del estado sólido	2
Fenomenología de partículas subatómicas	17
Metalurgia aplicada	3
Materiales semiconductores	11
Materiales vitreos	1
Tecnología de campos sobre espacios curvos	1
Propiedades de los speckles y metrología	1
Óptica	2
Tecnología laser	1
Sistemas complejos	1
Flujos magnetodinámicos disipativos	1
Superconductores	6
TOTAL	55

CIENCIAS DE LA TIERRA	NUMERO DE PROYECTOS
Zonación geoquímica	1
Metalogenia	1
TOTAL	2

BASICAS BIOMEDICAS	NUMERO DE PROYECTOS
--------------------	---------------------

Alergología experimental	1
Biofísica de enfermedades tropicales	2
Biología celular de la Malaria	2
Biología e inmunología de la Tuberculosis	1
Biología celular del vitiligo	1
Bioquímica de la Malaria	1
Bioquímica del Cancer	1
Bioquímica del metabolismo	1
Vacunas sintéticas	2
Diferenciación neuronal	1
Efecto de la cocaína sobre células del sistema inmune	1
Caracterización de la respuesta inmune a polisacáridos	1
Desarrollo métodos para diagnóstico enfermedades infecciosas	6
Biología celular en retinoblastoma	1
Inmunogenética de la susceptibilidad a enfermedades	2
Evolución de vectores de enfermedades infecciosas	1
Genética de patologías humanas	2
Inmunodeficiencias primarias	2
Inmunología de la reproducción	1
Inmunología de la Tuberculosis	2
Enfermedades Autoinmunes	1
Neurobiología	2
Inmunología y epidemiología de las enfermedades virales	2
Estudios biológicos y moleculares de la Paracoccidioidomicosis	3

Respuesta inmune asociada a neoplasias cervicales uterinas	1
Bioquímica del sistema HLA clase II	1
Neuropatologías asociadas a enfermedades infecciosas	1
TOTAL	43

MATEMÁTICAS	NUMERO DE PROYECTOS
-------------	---------------------

Álgebra	3
Análisis Estadístico	4
Cálculo combinatorio	1
Cubiertas ramificadas	1
Ecuaciones no lineales	3
Ecuaciones diferenciales	1
Cálculo integral	2
Espacio abstracto de Maurice Frechet	1
Teoría de funciones	2
Geometría conforme y análisis complejo	1
Geometría integral	1
Teoría de grupos	2
Lógica y teoría de conjuntos	1
Matemática computacional y análisis no lineal	1
Modelos de reacción difusión	1
Problemas elípticos semilineales	1
Programación lineal	1
Proyección pursuit	1
Recursión en categorías	1
Soluciones homoclinicas	1
Teoría de las cláusulas justas	1
Teoría de semigrupos	1
TOTAL	32



dístico, Ecuaciones Diferenciales y no lineales; sin embargo, es importante que se promueva el desarrollo de otras líneas estratégicas para el desarrollo científico y tecnológico del país, tales como la sismología, la vulcanología, la química básica ambiental, la biología celular y la ecología, entre otras.

Recursos asignados a través del Programa Nacional de Ciencias Básicas

A partir de octubre de 1991, hasta diciembre de 1998, los recursos asignados a los 195 proyectos aprobados por el Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas ascienden a \$6.707,480,00 a pesos constantes de diciembre 31 de 1991 (**Tablas 3 y 8, Gráficas 2 y 5**). El 83.6% de los recursos asignados se concentró en las Ciencias Básicas Biomédicas, la Química y la Física, mientras que los proyectos de Biología, Matemáticas y Ciencias de la Tierra que fueron aprobados, representan tan solo el 16.4% del presupuesto total. Por otro lado, no se evidencia una relación direc-

ta entre el monto y el número de proyectos aprobados por disciplina, lo cual se debe a las diferencias existentes con respecto a los costos por concepto de equipos y materiales necesarios para investigación, de unas disciplinas con respecto a las otras.

Desde la perspectiva de las entidades a las cuales se les ha financiado proyectos de investigación a través del programa, durante el periodo comprendido entre octubre de 1991 y diciembre de 1998, aproximadamente el 51% de los recursos fue asignado a tres universidades: la Nacional de Colombia con sede en Santafé de Bogotá, la del Valle y la de Antioquia (Tabla 8, Gráfica 2). El 49% restante del presupuesto se distribuyó en 23 instituciones, entre universidades, centros e institutos de investigación, localizados en las ciudades de Armenia, Barranquilla, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Manizales, Medellín, Neiva, Pasto, Pereira y Popayán.

De lo anterior se deduce, que una gran parte de la investigación que se realiza en el país se

TABLA No. 8 Programa Nacional de Ciencias Básicas
Montos aprobados. Octubre 1991 - Diciembre 31 de 1998
(Miles de Pesos Constantes de Diciembre 31 de 1991)

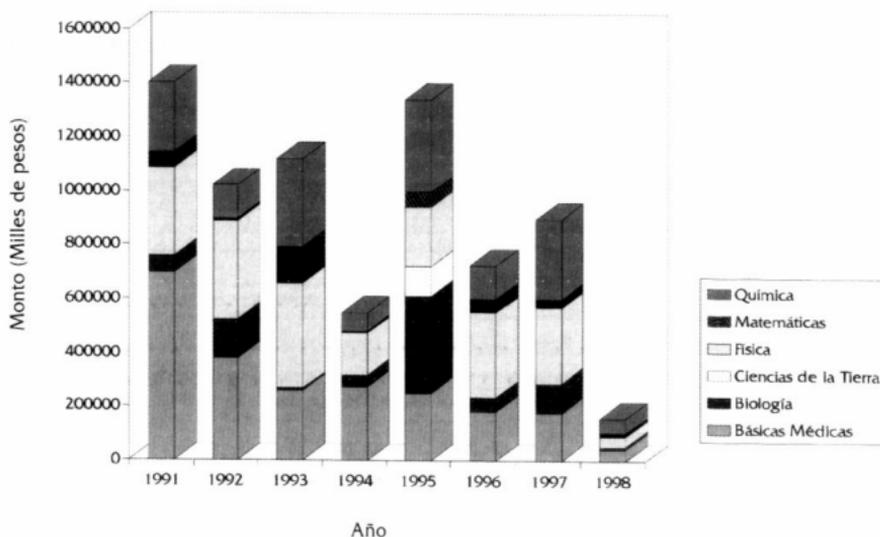
ENTIDAD	PROYECTOS	ADICIONES	TOTAL	PROYECTOS	ADICIONES
C.I.B.	357.140	14.909	372.049	8	3
CIDEIM	44.078		44.078	2	
C.I.F.	315.082	30.785	345.867	7	2
H.I.L.V.	3.987		3.987	1	
I.C.M.T.	12.331		12.331	1	
I.N.C.	38.729		38.729	1	
I.N.S.	290.272	36.915	327.187	8	3
U. ANDES	464.115	10.563	474.678	13	3
U. ANTIOQUIA	877.717	45.397	923.114	29	9
U.A.B.	4.804		4.804	1	
U. CARTAGENA	62.963	9.392	72.355	3	1
U. CAUCA	60.599		60.599	2	
U.J.T.L.	14.497		14.497	1	
U.I.S.	578.824	42.624	621.448	15	6
U. JAVERIANA	234.993	33.215	268.208	7	3
U. LIBRE BARRANQUILLA	51.602		51.602	1	
U. NACIONAL BOGOTA	1.446.267	61.746	1.508.013	34	10
U. NACIONAL MANIZALES	62.141		62.141	2	
U. NACIONAL MEDELLIN	220.327		220.327	17	
U. NARIÑO	10.531		10.531	2	
U. NORTE	167.310		167.310	1	
U. QUINDIO	165.732	53.015	218.747	2	4
U. SALLE	69.615		69.615	3	
U. SURCOLOMBIANA	9.928		9.928	2	
U.T.P.	37.527		37.527	1	
U. VALLE	1.106.369	88.991	1.195.360	31	7
TOTAL	6.707.480	427.552	7.135.032	195	51

I.P.C.

DIC.31/91



GRÁFICA No. 5 Programa Nacional de Ciencias Básicas
Proyectos y adiciones aprobados. Octubre 1991 - Diciembre 1998
Montos anuales aprobados. I.P.C. (Pesos constantes de diciembre 31 de 1991)



halla concentrada en cuatro ciudades principales, Bucaramanga, Cali, Medellín y Santafé de Bogotá, razón por la cual se hace necesario apoyar de una manera más efectiva, la estrategia de regionalización de la Ciencia y la Tecnología.

Logros alcanzados en respuesta a la financiación de proyectos en Ciencias Básicas durante el periodo Octubre de 1991- Diciembre de 1998

Mediante la financiación de los 195 proyectos de investigación aprobados en Ciencias Básicas, se ha logrado contribuir a la consolidación de la comuni-



TABLA No. 9 Programa Nacional de Ciencias Básica
Resultados logrados a través de la financiación de Proyectos
Octubre 1991 - Diciembre 1998

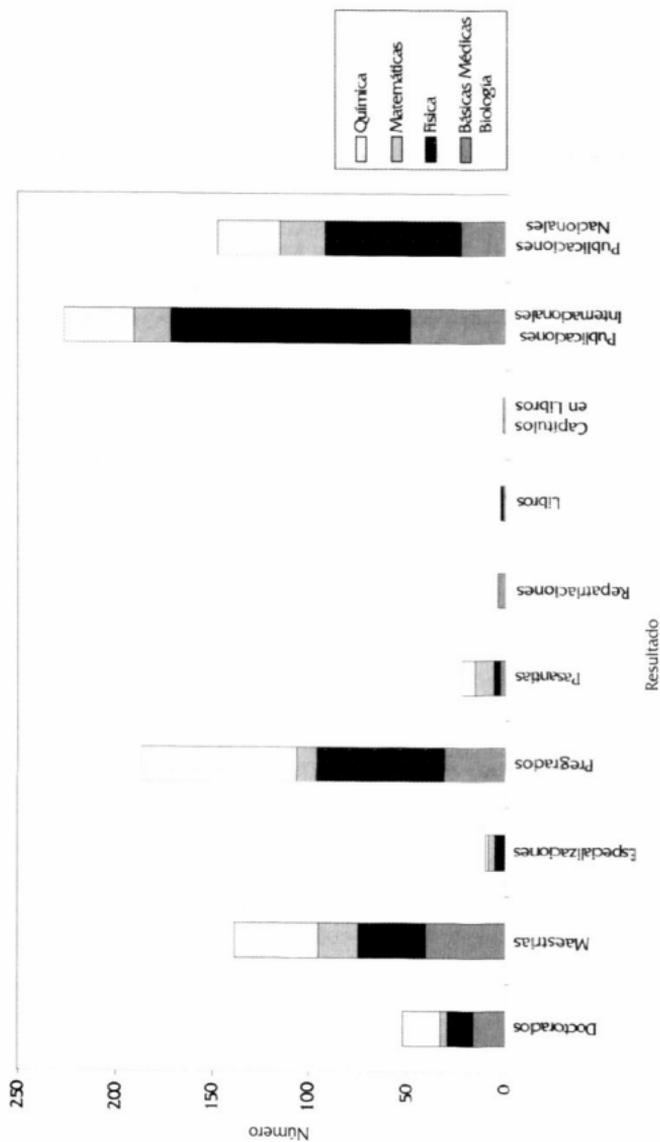
LOGROS	BASICAS BIOMEDICAS Y BIOLOGIA	FISICA	MATEMATICAS	QUIMICA	TOTAL
DOCTORADOS	15	11	3	20	49
MAESTRIAS	36	34	22	42	134
ESPECIALIZACIONES		4	3	1	8
PREGRADOS	30	53	11	90	184
PASANTIAS	5	3	10	9	27
REPATRIACIONES	3				3
LIBROS	2	1		1	4
CAPITULOS EN LIBROS				1	1
PUBLICACIONES INTERNACIONALES	48	125	20	35	228
PUBLICACIONES NACIONALES	20	72	21	27	140

dad científica del país. En respuesta a la labor de Colciencias, a través del Programa Nacional de Ciencias Básicas (**Tabla 9 y Gráfica 6**) se han obtenido los siguientes resultados:

- Se ha logrado estimular la cultura de las publicaciones de carácter internacional, con lo cual se ha dado un paso importante hacia la internacionalización de la ciencia que se desarrolla en el país. Igualmente
- se ha fomentado la difusión de los resultados de las investigaciones a nivel nacional.
- Se ha contribuido a la formación de recursos humanos para la investigación. A través de los proyectos financiados se han formado profesionales a nivel de Pregrado, Especialización, Maestría y Doctorado.
- La financiación de proyectos de investigación, en las líneas



GRÁFICA No. 6 Programa Nacional de Ciencias Básicas
Logros alcanzados a través de Proyectos de Investigación
Octubre 1991 - Diciembre 1998





- adscritas a los Programas Nacionales de Doctorado en Ciencias Básicas, ha contribuido a la consolidación de estos últimos.
- Igualmente, a través de la financiación de proyectos de investigación se ha apoyado la consolidación de grupos y líneas de investigación en campos importantes para el país, así como se ha fomentado el trabajo de investigación en Ciencias Básicas, en el caso de grupos incipientes.
 - En los últimos años se ha logrado apoyar la Estrategia Nacional de Regionalización de la Ciencia, en coordinación con la Oficina de Regionalización de Colciencias.
 - Se ha fomentado el establecimiento de vínculos de cooperación nacional e internacional entre grupos de investigación en Ciencias Básicas e igualmente se ha impulsado la organización de cursos, talleres y seminarios sobre la investigación en diferentes líneas de trabajo.
 - Por último, el Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas ha contribuido a la formulación e implementación de políticas para el desarrollo de cada una de las disciplinas que conforman el programa.
- A pesar de los logros alcanzados durante el periodo comprendido entre octubre de 1991 y diciembre de 1998, se hace necesario continuar con el trabajo que se inició hace 30 años, haciendo gran énfasis en la formación de personal calificado para la investigación, la consolidación de líneas estratégicas para el desarrollo del país, la articulación de las labores del Programa Nacional de Ciencias Básicas con las de los otros 10 Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología, el estímulo al establecimiento de trabajo cooperativo entre pares nacionales e internacionales y el fomento a la autogestión por parte de los grupos de investigación, para lograr acceso a recursos provenientes de otras fuentes de financiación.



Debilidades, Fortalezas, Amenazas y Oportunidades del Sector

1. Debilidades

1. La carencia de una tradición científica en el país y de instituciones orientadas hacia la investigación.
2. Una masa crítica de investigadores aún insuficiente
3. Mecanismos de renovación de investigadores deficientes.
4. Recursos para financiación de proyectos y formación de personal capacitado para la investigación limitados.
5. Falta de planeación estratégica por parte de las entidades, grupos y centros de investigación.
6. Ausencia de un mecanismo para la interrelación del sector académico y el sector productivo.
7. Baja productividad científica de nuestra comunidad, en relación con la comunidad científica internacional.

2. Fortalezas

1. Existencia de individuos y gru-

pos de investigación dinámicos, creativos y productivos, que empiezan a competir a nivel internacional.

2. Existencia de algunos Programas de Doctorado y Maestría nacionales en Ciencias Básicas.
3. Existencia de un Programa Nacional de Ciencias Básicas.

3. Amenazas

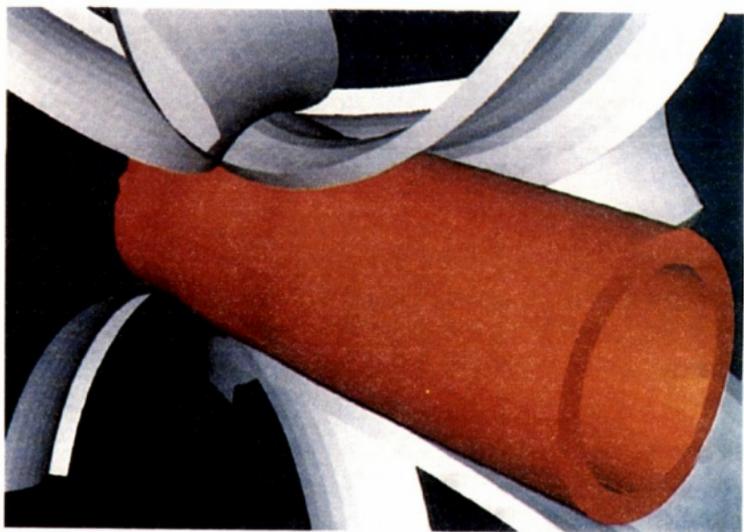
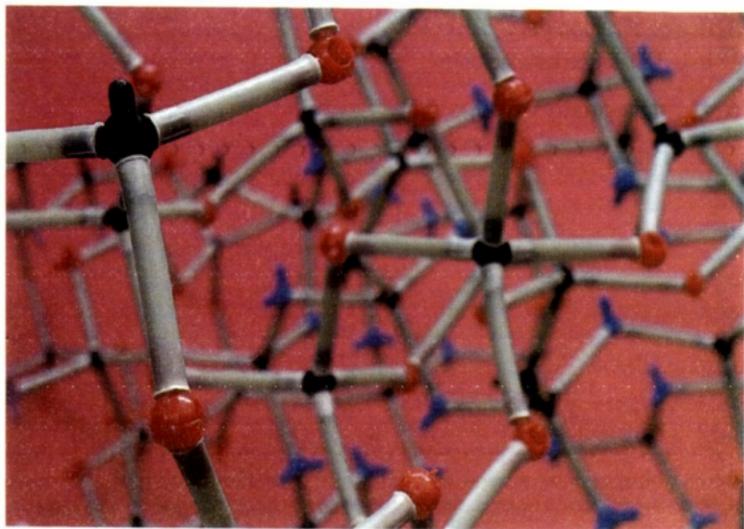
1. Incoherencia e Inestabilidad de las políticas estatales relacionadas con la Ciencia y la Tecnología.
2. Disminución de recursos para el apoyo a la investigación.
3. Inestabilidad política y económica del país y violencia social.

3. Oportunidades

1. El modelo económico de apertura del país.
2. Su diversidad geográfica y biológica.
3. Su ubicación geográfica estratégica.
4. La existencia de programas de cooperación científica nacionales e internacionales.



5. La globalización del conocimiento y de las comunicaciones.
6. Las necesidades de los diferentes sectores de la sociedad.



CAPÍTULO II



LÍNEAS DE ACCIÓN Y PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN

I. VISIÓN

Las Ciencias Básicas como medio para explicar la naturaleza y como instrumento para conocer nuestra realidad y potencial material, serán la base para la generación de conocimiento de frontera, para su aplicación y para la transferencia de tecnologías propias de las sociedades modernas, llegando a ser un elemento importante en la cultura del pueblo colombiano.

II. MISIÓN

Promover que la investigación en Ciencias Básicas que se lleva a cabo en Colombia logre insertarse en el proceso de desarrollo de la CIENCIA Y LA TECNOLOGIA universales, mediante la consolidación de la comunidad científica local, la identificación e implemen-



tación de líneas de investigación estratégicas para el desarrollo de la sociedad y la contribución a la generación de conocimiento científico al servicio de otras ciencias aplicadas.

Objetivos Estratégicos

Objetivo General

Fortalecer la investigación fundamental, como pilar de los procesos de transformación científica y tecnológica del país.

Objetivos Específicos

- Promover la producción de conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales.
- Contribuir a la formación de personal calificado para investigación en Ciencias Básicas.
- Fomentar y apoyar el desarrollo de proyectos de investigación en Ciencias Básicas.
- Contribuir a la consolidación de programas de investigación en líneas temáticas estratégicas de las Ciencias Básicas.
- Promover el trabajo colaborativo en investigación en Cien-

cias Básicas a nivel multidisciplinario e interinstitucional.

- Fortalecer la infraestructura física para la investigación.
- Promover la participación de la comunidad académica nacional en la cooperación científica y tecnológica internacional.
- Contribuir al fortalecimiento de los programas de doctorado en el país.
- Promover la creación y consolidación de redes temáticas nacionales e internacionales con la participación de investigadores nacionales.
- Apoyar la creación y consolidación de los programas de pregrado y postgrado en Ciencias Básicas.
- Promover la descentralización de la investigación que se lleva a cabo en el país.
- Fomentar y consolidar campos del conocimiento estratégicos para el desarrollo del país.
- Estimular la inserción de la investigación que se desarrolla en el país en el sector productivo, así como la participación



de este último en el proceso de orientación de la investigación.

Criterios para la Evaluación y Selección de Proyectos y Programas de Investigación

El Consejo Nacional del Programa de Ciencias Básicas ha tenido como criterios fundamentales para la cofinanciación de proyectos y programas de investigación, la calidad, eficiencia y pertinencia de los mismos, en un contexto nacional e internacional

Calidad del Proyecto o Programa de Investigación

Importancia de la propuesta de investigación, en términos de producción de nuevo conocimiento, el estado del arte de la investigación de la temática propuesta en Colombia y en el mundo y claridad conceptual en cuanto a los objetivos propuestos.

CALIDAD DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Definida en función de la formación académica de sus inte-

grantes; trayectoria en el campo de investigación en el cual se enmarca la propuesta; publicaciones nacionales e internacionales, logradas por el investigador principal y por el grupo; dedicación de los investigadores al desarrollo de la propuesta investigativa y tipo de vinculación institucional.

CALIDAD DE LOS MEDIOS PROPUESTOS

Metodología para llevar a cabo la investigación, viabilidad técnica y presupuestal, respaldo institucional, tanto económico como financiero, infraestructura disponible para realizar el proyecto investigativo y capacidad administrativa y de gestión por parte de la institución y del grupo de investigación proponente.

CALIDAD DE LA ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN

Compromiso de los investigadores de difundir los resultados de la investigación realizada, tanto a la comunidad especializada como a otros actores sociales. Mecanismos del grupo o centro para transferir, difundir y



validar los resultados de la investigación.

Pertinencia

Interés de los resultados para el avance del conocimiento a nivel mundial y regional y repercusiones de la investigación a nivel científico, tecnológico, económico, social y cultural.

Eficiencia

Capacidad del grupo o centro de investigación, en cuanto al manejo de los recursos, al desa-

rollo de la propuesta, a la generación de escuela y a la socialización de los resultados de la investigación.

Sostenibilidad

Capacidad que reflejan los proyectos de investigación, en lo referente a la posibilidad de iniciar o consolidar líneas y programas de investigación, que permitan construir comunidad científica sobre la base de una adecuada gestión por parte del grupo y de la institución.



PLAN DE ACCIÓN

Estrategias y Metas Generales

LINEAS DE ACCIÓN	ESTRATEGIAS	METAS
Fortalecimiento a Grupos y Centros de Investigación en Ciencias Básicas	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo a grupos y centros de investigación consolidados en todas las disciplinas que conforman las Ciencias Básicas (Biología, Ciencias Básicas Biomédicas, Física, Matemáticas, Química y Ciencias de la Tierra). • Apoyo a grupos y centros que desarrollan su trabajo en líneas de investigación en Ciencias Básicas, que se hallan en proceso de consolidación. • Apoyo a grupos nuevos. • Apoyo al fortalecimiento de los programas nacionales de posgrado. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cofinanciar 278 proyectos de investigación a grupos consolidados, durante el periodo 1999-2004 (46 proyectos por año en promedio). 2. Cofinanciar 190 proyectos de investigación a grupos en proceso de consolidación, durante el periodo 1999-2004 (32 proyectos por año en promedio). 3. Cofinanciar 60 proyectos de investigación en líneas estratégicas para el país, que sean presentados por grupos nuevos durante el periodo 1999-2004 (10 proyectos por año).
Formación de Recursos Humanos para la Investigación en Ciencias Básicas	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo a la formación de estudiantes a nivel de Maestría, a través de proyectos financiados por el programa. • Apoyo a la consolidación de los programas nacionales de posgrado. • Promoción del acceso a becas de doctorado y maestrías nacionales e internacionales. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Financiar los salarios de 278 estudiantes de Maestría, durante el periodo 1999-2004 (46 estudiantes por año en promedio). 2. Posibilitar el acceso de estudiantes adscritos a proyectos en Ciencias Básicas, a un 25% de las becas para formación de posgrado que ofrezca Colciencias durante el periodo 1999-2004, en coordinación con la Subdirección de Programas Estratégicos de la misma institución.



Fortalecimiento de la capacidad investigativa regional	<ul style="list-style-type: none">• Promoción del establecimiento de vínculos de cooperación entre grupos de investigación consolidados en Ciencias Básicas y grupos jóvenes o nuevos que se encuentren adscritos a regiones poco desarrolladas del país.• Estímulo a la conformación de redes de investigación nacionales.• Formación de recursos humanos para la investigación en Ciencias Básicas en las diferentes regiones del país	<ol style="list-style-type: none">1. Estimular que el 50% de los proyectos que se financien a grupos consolidados se desarrollen en el marco de actividades de cooperación con otros grupos menos consolidados o nuevos de las diferentes regiones del país.2. Promover que el 10% de los estudiantes que se formarán a través de los proyectos financiados a través del programa, durante el periodo 1999-2004 vayan a fortalecer la capacidad investigativa del país, a nivel de las regiones menos desarrolladas.
Consolidación de la infraestructura institucional para la Investigación en Ciencias Básicas	<ul style="list-style-type: none">• Contribución al fortalecimiento de la infraestructura física para la investigación en Ciencias Básicas a nivel del país.	Permitir que el 25% del presupuesto asignado a la cofinanciación de proyectos a través del programa, sea destinado a la adquisición de equipos.
Fortalecimiento de las disciplinas de menor desarrollo relativo en Ciencias Básicas	<ul style="list-style-type: none">• Convocatorias anuales en temas específicos de las disciplinas de menor desarrollo relativo de las Ciencias Básicas.• Formación de estudiantes a nivel de posgrado en las disciplinas de menor desarrollo relativo de las Ciencias Básicas.• Financiación de proyectos en temas específicos de las disciplinas de menor desarrollo relativo de las Ciencias Básicas.	<ol style="list-style-type: none">1. Dedicar el 5% del presupuesto de cada año al apoyo de proyectos recibidos en respuesta a convocatorias en temas específicos, en las disciplinas de menor desarrollo relativo de las Ciencias Básicas.2. Promover que el 10% de los estudiantes que se formen a través de los proyectos financiados por parte del programa, lo hagan en las disciplinas de menor desarrollo relativo de las Ciencias Básicas.



<p>Fortalecer la capacidad del Programa Nacional de Ciencias Básicas para el seguimiento al proceso de consolidación de la Investigación en Ciencias Básicas a nivel del país.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Promoción de la conformación de Comités asesores inter-Consejos Nacionales de Ciencia y Tecnología, para la definición de políticas unificadas en torno a la investigación básica que se realiza en el país. • Evaluación del impacto de la financiación de proyectos de investigación en Ciencias Básicas, durante el periodo 1999-2004. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presentar propuestas para la conformación y definición de actividades de los Comités de Física, Química, Matemáticas y Ciencias de la Tierra. 2. Presentar una propuesta para el fortalecimiento del Comité de Ciencias Biológicas, que ya existe. 3. Organizar 10 reuniones de los Comités al año, en coordinación con la Subdirección de Programas de Desarrollo Científico y Tecnológico (2 reuniones por Comité). 4. Aplicar los indicadores de impacto del Programa, que sean definidos tanto por los Comités Interconsejos, como por el Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas. 5. Evaluar los resultados de los 528 proyectos financiados, en el periodo 1999-2004, en términos de indicadores de impacto y en cooperación con el Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas y los comités asesores interconsejos.
<p>Internacionalización del Programa Nacional de Ciencias Básicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Promoción de la cultura de divulgación internacional de los resultados de la investigación en Ciencias Básicas que se realiza en el país. • Fomento al intercambio científico entre investigadores locales y del exterior. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Exigir la publicación de los resultados en revistas internacionales arbitradas, a razón de por lo menos una por proyecto cofinanciado. 2. Permitir que el 10% del presupuesto asignado a la cofinanciación de los proyectos pueda ser empleado para la asistencia a eventos científicos internacionales y para pasantías en el exterior.



CAPÍTULO III



IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN

FINANCIACIÓN PROYECTOS

AÑO 1999

GRUPOS	NUMERO	MONTO POR PROYECTO	MONTO TOTAL
Consolidados	43	\$70.000.000.00	\$3.010.000.000.00
Jóvenes	35	\$70.000.000.00	\$2.450.000.000.00
Nuevos	10	\$42.000.000.00	\$420.000.000.00
TOTAL	88		\$5.880.000.000.00

AÑO 2000

GRUPOS	NUMERO	MONTO POR PROYECTO	MONTO TOTAL
Consolidados	43	\$84.000.000.00	\$3.612.000.000.00
Jóvenes	35	\$84.000.000.00	\$2.940.000.000.00
Nuevos	10	\$50.400.000.00	\$504.000.000.00
TOTAL	88		\$7,056,000,000.00



AÑO 2001

GRUPOS	NUMERO	MONTO POR PROYECTO	MONTO TOTAL
Consolidados	43	\$100,800,000.00	\$4,334,400,000.00
Jóvenes	35	\$100,800,000.00	\$3,528,000,000.00
Nuevos	10	\$60,480,000.00	\$604,800,000.00
TOTAL	88		\$8,467,200,000.00

AÑO 2002

GRUPOS	NUMERO	MONTO POR PROYECTO	MONTO TOTAL
Consolidados	43	\$120,960,000.00	\$5,201,280,000.00
Jóvenes	35	\$120,960,000.00	\$4,233,600,000.00
Nuevos	10	\$72,570,000.00	\$725,700,000.00
TOTAL	88		\$10,160,580,000.00

AÑO 2003

GRUPOS	NUMERO	MONTO POR PROYECTO	MONTO TOTAL
Consolidados	53	\$145,150,000.00	\$7,692,950,000.00
Jóvenes	25	\$145,150,000.00	\$3,628,750,000.00
Nuevos	10	\$87,008,000.00	\$870,800,000.00
TOTAL	88		\$12,192,500,000.00

AÑO 2004

GRUPOS	NUMERO	MONTO POR PROYECTO	MONTO TOTAL
Consolidados	53	\$174,180,000.00	\$9,231,540,000.00
Jóvenes	25	\$174,180,000.00	\$4,354,500,000.00
Nuevos	10	\$104,496,000.00	\$1,044,960,000.00
TOTAL	88		\$14,631,000,000.00

Total Financiacion Proyectos**\$58,387,280,000.00**



Formación de Recursos Humanos

ESTUDIANTES DE MAESTRIA

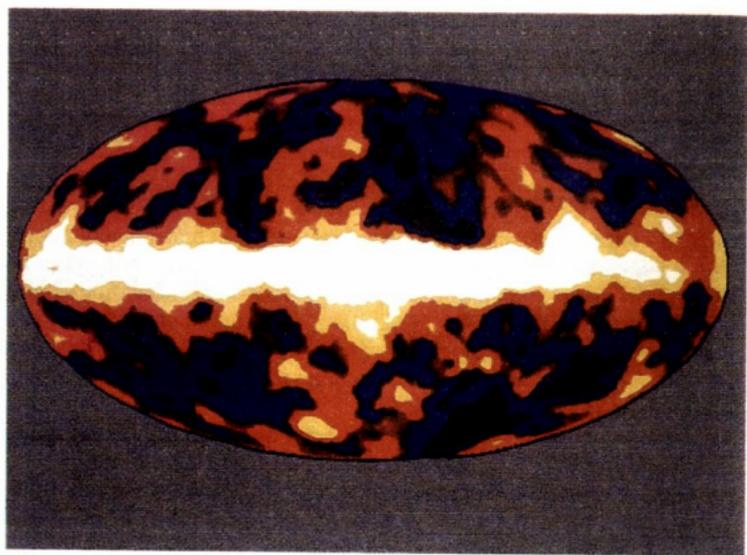
AÑO	NUMERO DE MSCs POR AÑO	TOTAL *
1999	43	\$779.366.400.00
2000	43	\$935.239.680.00
2001	43	\$1.122.287.616.00
2002	43	\$1.346.744.520.00
2003	53	\$1.991.927.832.00
2004	53	\$2.390.314.416.00
TOTAL	278	\$8.565.880.464.00

* * Corresponde a 4 salarios mínimos mensuales mas el incremento del 20% anual, para el pago del salario del estudiante, durante 18 meses a partir del año referencia. Salario mínimo en 1999, \$236.000.00

Total Formacion Recursos Humanos **\$8.565.880.464.00**

**TOTAL PRESUPUESTO REQUERIDO
POR EL PROGRAMA**

\$66.953.160.464.00



CAPÍTULO IV



SEGUIMIENTO AL PLAN ESTRATÉGICO

Se establecerá un sistema de monitoreo cuatro veces al año, de la marcha de los proyectos y programas que sean financiados durante el periodo 1999-2004. Se aplicarán indicadores de impacto del programa, sobre la base de los resultados de los proyectos que sean cofinanciados durante el mismo periodo.

La ejecución del plan estratégico será evaluada anualmente y al finalizar el periodo 1999-2004, tanto por los Comités Asesores inter- Consejos y la Secretaría Técnica, como por el Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas.

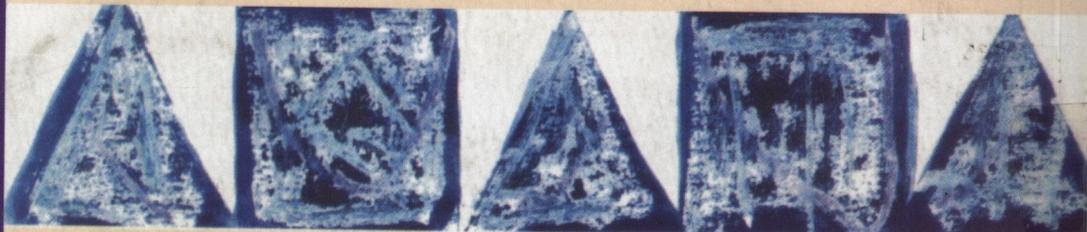


GLOSARIO DE ABREVIATURAS

CIB	Corporación para las Investigaciones Biológicas
CIDEIM	Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas
CIF	Centro internacional de Física
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EAFIT	Universidad Escuela de Administración y Finanzas y Tecnológicas
HILV	Hospital Infantil Lorencita Villegas de Santos
ICFES	Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior
ICMT	Instituto Colombiano de Medicina Tropical
INC	Instituto Nacional de Cancerología
INS	Instituto Nacional de Salud
UAB	Universidad Autónoma de Bucaramanga
UJTL	Fundación Universitaria de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
UIS	Universidad Industrial de Santander
UTP	Universidad Tecnológica de Pereira

Con la implementación del Plan Estratégico que aquí se presenta, el Programa Nacional de Ciencias Básicas se propone desarrollar actividades que favorezcan la continuidad del proceso iniciado años atrás, buscando que la investigación en Ciencias Básicas se constituya en un soporte para el desarrollo económico, social y cultural del país.

Las líneas de acción establecidas en el Plan están encaminadas a alcanzar los siguientes propósitos: 1. desarrollar investigación en la frontera del conocimiento a nivel del país; 2. aportar elementos fundamentales para la solución de problemas nacionales; 3. consolidar la capacidad del país para la investigación en Ciencias Básicas; 4. abrir espacios para la inserción de individuos que, habiéndose formado a nivel doctoral, inician su carrera en el país; 5. diseñar e implementar políticas en torno a la Ciencia y la Tecnología y 6. Lograr la Internacionalización del Programa Nacional de Ciencias Básicas.



E-mail: info@colciencias.gov.co
Transversal 9A No. 133-28
Teléfono (91) 2169800
Fax: 6251788
Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia

CENTRO DE DOCUMENTACION



01005088

COLCIENCIAS