

COLCIENCIAS

BIOTECNOLOGÍA

7



PLAN
ESTRATÉGICO

**1999
2004**

COL
00812

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)

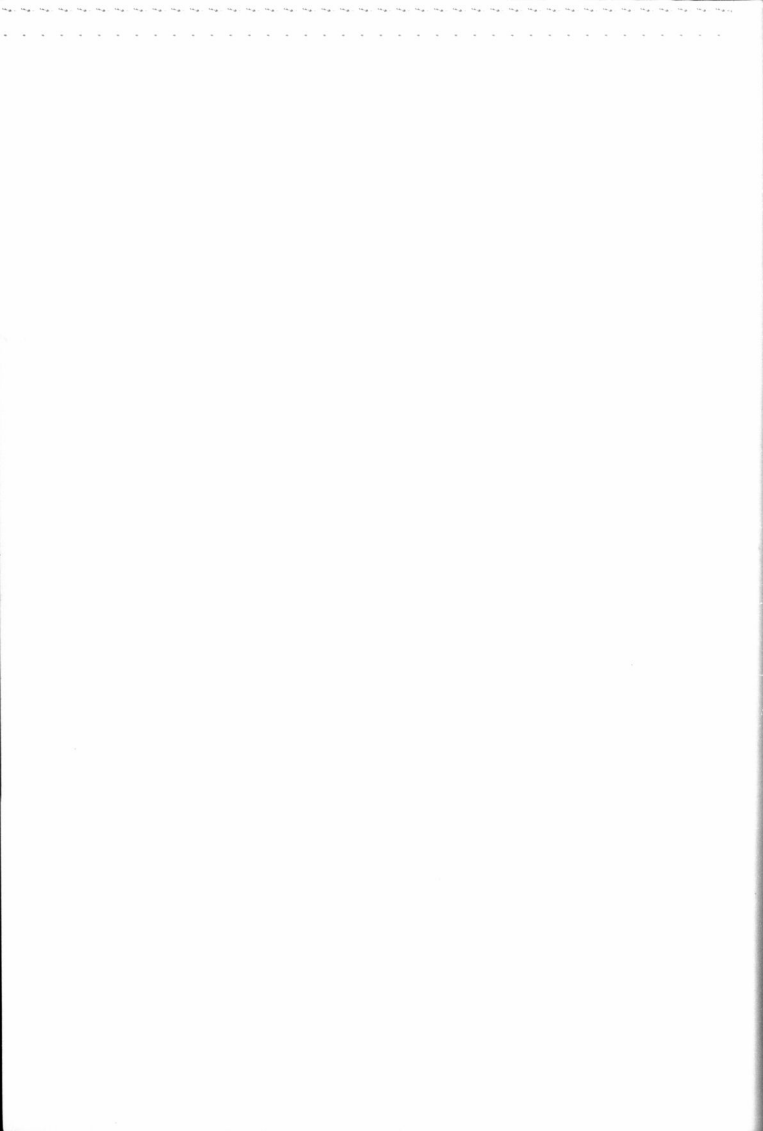
División de Formación de Recursos Humanos y Fortalecimiento
de la Comunidad Científica

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

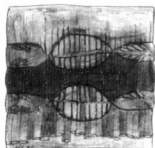
3. Sistemas de Información	70
4. Estudios Prospectivos	71
5. Marco Regulatorio	71

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.

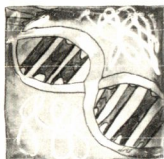
Esta edición estará disponible a partir de febrero del año 2000 en la página Web del Programa Nacional de Biotecnología

(<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" acápíte. 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

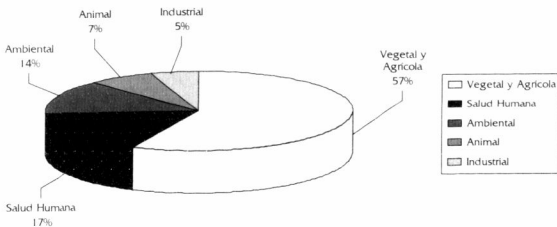


Figura 1. Distribución de 74 grupos de investigación, por campo de aplicación, 1998-1999. Programa Nacional de Biotecnología. COLCIENCIAS

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

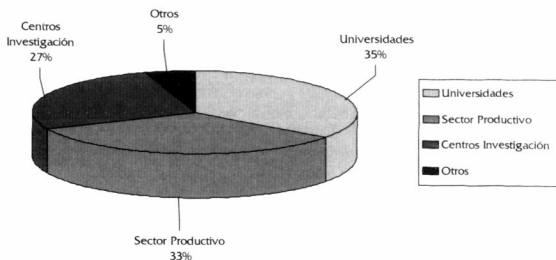


Figura 2. Distribución de 74 grupos de investigación, por tipo de institución, 1998-1999. Programa Nacional de Biotecnología. COLCIENCIAS

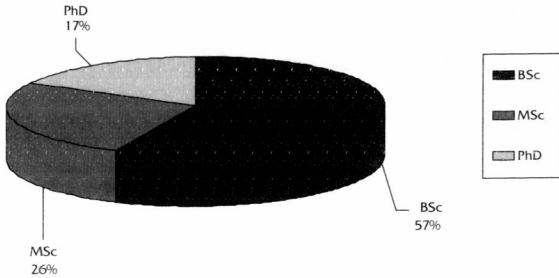


Figura 3. Distribución de 532 investigadores, por nivel académico, 1998-1999 Programa Nacional de Biotecnología. COLCIENCIAS

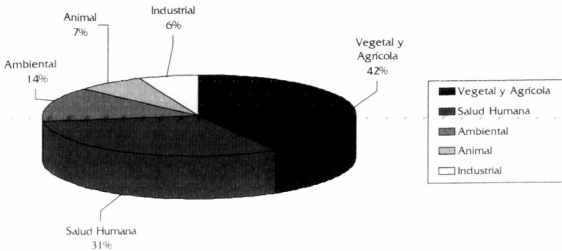


Figura 4. Distribución de 532 investigadores, por campo de aplicación, 1998-1999 Programa Nacional de Biotecnología. COLCIENCIAS

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 1991 ¹⁵ 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.

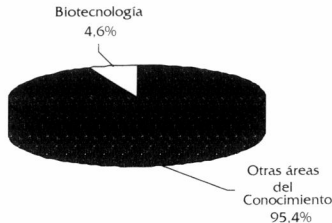
Flexibilidad en sus planes y programas de modo tal que puedan responder a necesidades de beneficio social.

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, CENICAÑA, 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

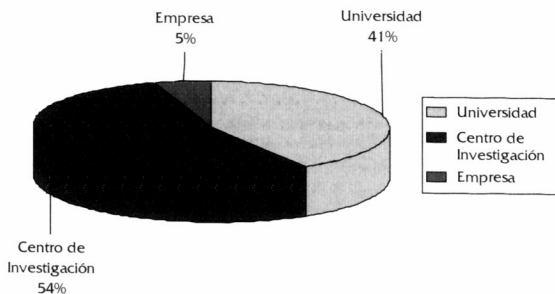
Internacionalización

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.

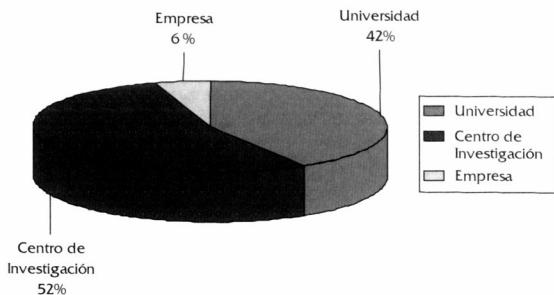
Esta evolución de la naturaleza y tipo de la cooperación en Biotecnología y sus tendencias actuales nos muestra como la internacionalización de las actividades de Ciencia y Tecnología es un área prioritaria de carácter transversal que debe promover no solo la búsqueda de recursos externos de financiamiento; 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.

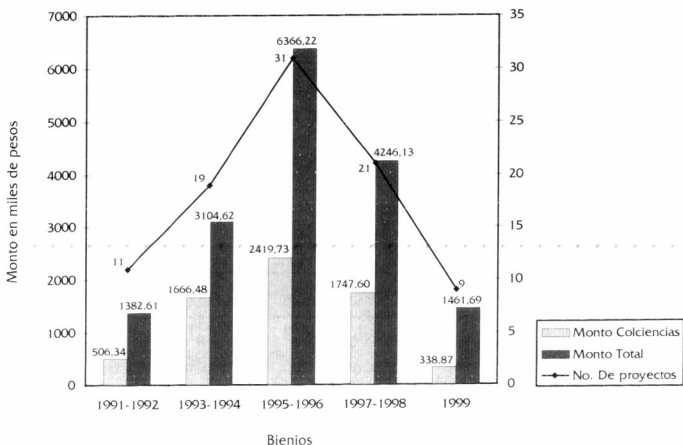
Como se anotó anteriormente, la labor de los centros de investigación y de las universidades se centró preferencialmente en los sectores vegetal-agrícola

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/ONU, 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-

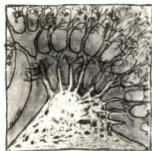
tecnología en Colombia y en los estudios de prospectiva y mercados que se realizan para sectores específicos del conocimiento.



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

(Fotografía Camilo Gómez Durán. Archivo Colciencias)

CAPÍTULO II

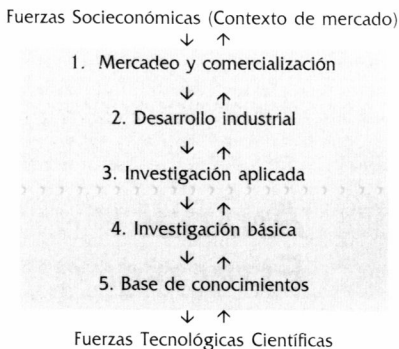


ANÁLISIS ESTRATÉGICO

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-

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

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



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.

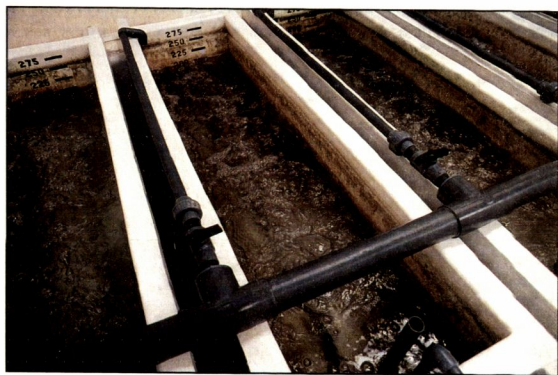


El Plan Nacional de Desarrollo ⁴ en su capítulo de Medio Ambiente pág. 277 señala que 'el agua la biodiversidad y los bosques son los tres programas prioritarios para el cumplimiento del objetivo de conservar y restaurar áreas prioritarias en las eco-regiones estratégicas' y que 'la producción más limpia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

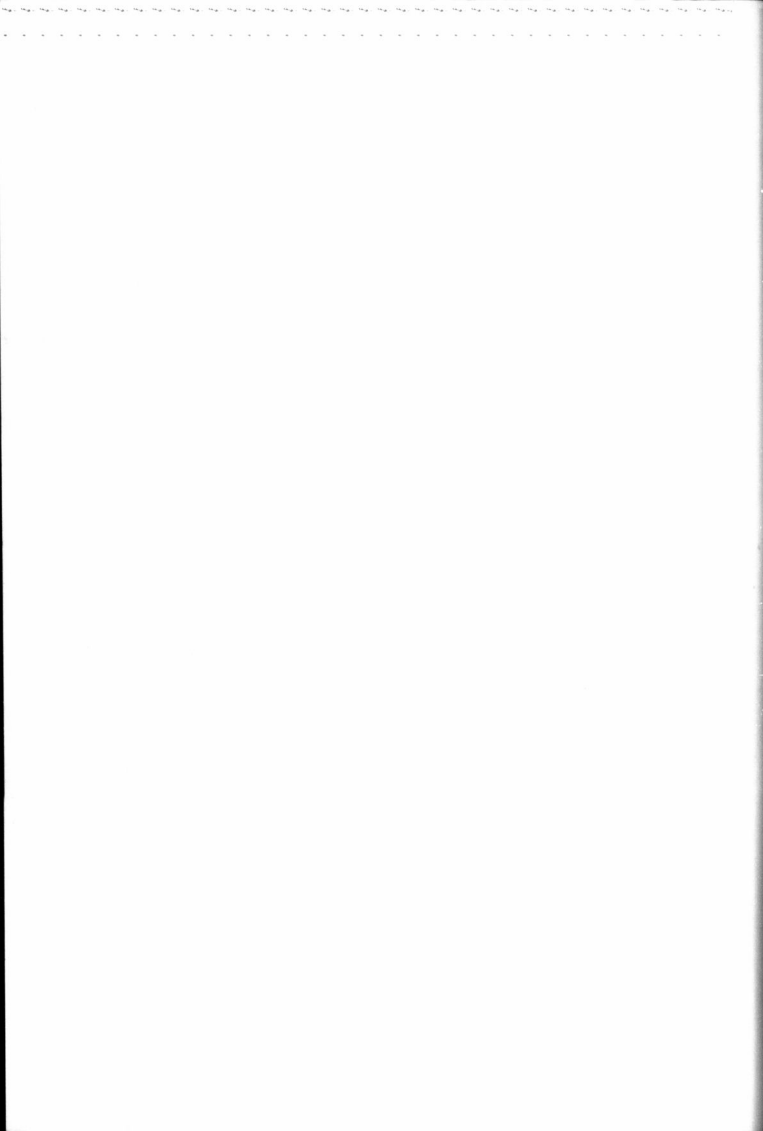
Propiciar proyectos del área industrial destinados a aplicar la Biotecnología para generar y/o mejorar productos y/o procesos que previo análisis de oportunidades en mercados internacionales o nacionales, permitan incrementar y diversificar la oferta exportable del país.



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

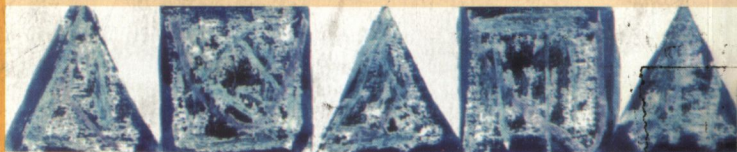
13. Colombia, COLCIENCIAS. Programa Nacional de Biotecnología. Proyectos cofinanciados por Colciencias 1991-1997.. Aramendis R.R. Hodson de J. E. Programa Nacional de Biotecnología, Santa Fé de Bogotá. 1998
14. Colombia, COLCIENCIAS. Biotecnología en Colombia. Grupos de Investigación 1998. Hodson de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





El Programa Nacional de Biotecnología pretende facilitar la inserción de la Biotecnología como componente del desarrollo socioeconómico del país con criterios de competitividad y beneficio social.

Su misión es 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.



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

CENTRO DE DOCUMENTACIÓN



01005087

COLCIENCIAS