

# Fundamentos para una política nacional en Biotecnología

## Foundations for a Colombian Biotechnology policy

*Óscar Castellanos\**, *Eliz Ustate\*\**, *Myriam de Peña\*\*\**

### RESUMEN

La globalización ha suscitado retos a la industria relacionados con la necesidad permanente de mejorar la productividad y la competitividad a nivel nacional e internacional. Actualmente el conocimiento biológico ha encontrado una creciente aplicación en la industria, proponiendo métodos innovadores de producción. Este tipo de biotecnologías es cada vez más relevante en el desarrollo económico y social del país. Debido a lo anterior, el Ministerio de Desarrollo, Colciencias y la Universidad Nacional de Colombia han venido elaborando conjuntamente un esquema integral de lineamientos, enmarcados en la propuesta de política nacional en biotecnología, creando para ello objetivos concretos, estrategias y acciones puntuales desde el estado, la empresa y la academia, entorno de seis ejes fundamentales: Mercados y gestión, normatividad y legislación, investigación y desarrollo, recursos económicos, recurso humano, y capacidad de integración. Adicionalmente la propuesta plantea de forma explícita los responsables del seguimiento y la forma de realizar la evaluación de la ejecución y alcances de la política.

**Palabras clave:** Gestión tecnológica, biotecnología, investigación y desarrollo, integración, industria

### ABSTRACT

Globalisation has created challenges for industry related to the constant need for improving national and international productivity and competitiveness. Biological knowledge today has growing industrial application as it proposes innovative production methods. This type of biotechnology is becoming more relevant in Colombia's economic and social development all the time. The Colombian Ministry of Development, Colciencias and the National University of Colombia have therefore been jointly developing an integral set of guidelines. These are framed within Colombia's biotechnology policy to create concrete goals, objectives, strategies and direct action from the State, academic institutions and the business world. They encompass six fundamental approaches: markets and management; normativity and legislation; research and development (R&D); economic resources; human resources; and integration training. They also explicitly raise the question of who shall be responsible for follow-up and the way that the policy's execution and achievements will be evaluated.

**Key words:** Technological management, biotechnology, research and development, integration, industry.

### INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de la globalización, la industria enfrenta retos relacionados con la productividad y la competitividad, tanto en el mercado nacional como el internacional, lo que hace imprescindible la implementación de políticas y estrategias que dinamicen los

procesos de cambio tecnológico, especialización, desverticalización de la actividad productiva, la reconversión en las estructuras de producción y la flexibilización de los métodos de gestión industrial y tecnológica, entre otros, que le permitan al país avanzar por la senda de un mayor crecimiento

---

\* Vicedecano Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. E- mail: ocasta@ing.unal.edu.co

\*\* Asesora Ministerio de Desarrollo Económico.

\*\*\* Jefe Programa Nacional de Biotecnología, Colciencias.

económico. La presente propuesta se realiza con base en el papel que el Estado debe cumplir en los procesos de modernidad en la sociedad, como agente impulsor y regulador del desarrollo científico y tecnológico, promoviendo como instrumento marco políticas y estrategias.

El conocimiento biológico tiene hoy un nuevo valor, por cuanto es generador de un progresivo avance científico que ha impulsado una evolución tecnológica hacia otras formas de producción, en respuesta a las demandas cambiantes del mercado. En Colombia desde hace varios años se viene contemplado la implementación de técnicas que utilizan organismos vivos o sus partes para obtener o modificar productos, mejorar plantas o animales, o desarrollar microorganismos con características específicas; es decir, el sector productivo ha incorporado dentro de sus procesos el uso de la biotecnología y ha considerado el desarrollo de políticas de fortalecimiento de las capacidades nacionales en investigación, innovación y desarrollo tecnológico.

A raíz de este fenómeno en la industria, el Ministerio de Desarrollo Económico, Colciencias y la Universidad Nacional de Colombia, desde el año 2000 han buscado plantear un esquema integral de diseño de los lineamientos propios del sector biotecnológico, en donde se recojan las necesidades identificadas por los empresarios, las asociaciones y gremios, la academia y otros entes relacionados (más de 40 representantes de los diferentes actores del sistema biotecnológico participaron en forma escalonada por sector durante el segundo semestre de 2000 en discusiones de grupos foco, aportando elementos para la elaboración del presente documento), ofreciendo pasar de soluciones demasiado generales aun proceso que sea capaz de provocar innovación, incentivar la experimentación, preservar la diversidad y facilitar los cambios indispensables en los procesos de incorporación y generación de biotecnología en el país.

En este sentido, la política en biotecnología debe garantizar la fijación de lineamientos comunes y claros para el largo plazo, capaces de incrementar la productividad y abrir nuevas oportunidades económicas, cuyas bases sean la innovación, la calidad integral y la constante transformación del conocimiento científico, que creen valor agregado en todo el sector. A continuación se esbozan los principales componentes de la propuesta presentada a la

Vicepresidencia de la República en el segundo semestre de 2001. El documento completo puede ser consultado en: [www.biogestion.unal.edu.co/biogestion/actualidad/politica.html](http://www.biogestion.unal.edu.co/biogestion/actualidad/politica.html)

## OBJETIVOS DE LA POLÍTICA

Se propone que la política industrial en biotecnología busque fomentar el establecimiento de una capacidad nacional en este campo, lo que inducirá al fortalecimiento de la innovación tecnológica y a la formación del capital humano, logrando patrones internacionales de productividad y calidad, basados en el hecho de que los sectores con uso intensivo de tecnología son generadores de externalidades que dan origen a adelantos científicos. Algunas de estas externalidades son el resultado de la inversión coordinada y simultánea en varias industrias o del carácter secuencial de las inversiones.

Con la implementación de esta política se pretende garantizar incentivos claros, inversión sólida e instituciones transparentes y eficaces en un ambiente de cooperación y concertación entre los sectores público y privado (Lall, 1995), buscando minimizar los costos de transacción y la incertidumbre, siendo el papel del Estado el de concertar y orientar -antes que regular-, llegar a ser promotor de actividades privadas, impulsor de la competencia y estimulador de la innovación dentro del aparato productivo biotecnológico nacional.

Los siguientes son algunos planteamientos de apoyo de la política en biotecnología, establecidos para el sector industrial en general (Bonilla, Umaña y Zerda, 1998):

- El Estado debe centrarse en aspectos dirigidos a corregir fallas del mercado que restringen el avance de la investigación y el desarrollo, la protección del medio ambiente y la obtención de la infraestructura básica necesaria, entre otros, y en general, inhiben el crecimiento de la competitividad.
- Es necesario fomentar la capacidad científico-técnica nacional, en este caso en biotecnología, para poder seleccionar, desarrollar, adecuar e implementar tecnologías que brinden soluciones a problemas específicos nacionales o regionales, y abrir el espacio para la participación y fortalecimiento de redes.
- Es indispensable informar y educar a la comunidad sobre el avance y alcance de la biotec-

**Tabla 1.** Características de políticas en biotecnología de otros países

<b>Características de políticas exitosas</b>	<b>Causas de fracasos de las políticas</b>
El apoyo financiero se prestó de forma temporal y a compañías comprometidas con programas de reestructuración.	Se trataron de corregir fallas de mercado y defectos macroeconómicos por medio de intervención microeconómica, en lugar de realizar reformas estructurales.
Se reconoció la importancia de las PYME para el desempeño económico general. Se buscó la identificación sistemática de fallas e imperfecciones.	Se confundieron las imperfecciones del mercado y sus rigideces.
Se buscó la identificación sistemática de fallas e imperfecciones.	Se agravaron las distorsiones existentes entre la asignación de recursos y la competencia.
Se propició la integración y formación de redes en investigación para incentivar la transferencia de tecnología entre empresas transnacionales y locales.	No se asignaron los instrumentos de apoyo más adecuados.
Se fortalecieron diferentes mecanismos de integración a nivel industrial y académico, así como en el desarrollo de proyectos compartidos.	No se introdujeron cláusulas para establecer un límite temporal a la ayuda financiera de las empresas en decadencia.
Se estructuraron mecanismos eficientes para el desarrollo de la gestión tecnológica aplicada a la biotecnología (estudios de ingeniería de mercados, instrumentos de impulso a la competitividad, planeación y prospectiva tecnológica).	Se pensó que la estabilidad macroeconómica dependía únicamente del desempeño industrial.

nología, lo que puede permitir promover posibles innovaciones tecnológicas, transferir eficazmente los conocimientos e incidir en la educación de la sociedad para enfrentar los nuevos paradigmas que implica el estar en una economía global.

Además de conocer la situación de la biotecnología en el país, la propuesta se complementa con las reflexiones planteadas por Rojas y Villarraga (2001) sobre las experiencias internacionales en el planteamiento de políticas para este sector, tales como las de Estados Unidos, Canadá, Singapur, México y Chile, resaltando algunas causas y características que influyeron en el éxito y fracaso en su implementación (tabla 1).

Como aspectos particularmente sobresalientes, inicialmente se debe mencionar que en las diferentes políticas se plantea el surgimiento de un nuevo tipo de expertos, quienes no sólo se encuentran especializados en ciencia y tecnología, sino que están logrando un entendimiento mayor del mundo de los negocios. Éste es uno de los desafíos para el desarrollo de la comunidad científica latinoamericana, y en Colombia es uno de los puntos sobre los cuales se debe trabajar para consolidar la capacidad de gestión tecnológica, comercialización y mercadeo de productos de alta tecnología, de manera que los científicos puedan convertirse no sólo en generadores de conocimiento sino también en interlocutores con capacidad de llegar a la industria para apoyar los procesos de selección, negociación, implantación o transferencia de tecnologías.

## **ESTRATEGIAS DE LA POLÍTICA INDUSTRIAL EN BIOTECNOLOGÍA**

Al generar políticas industriales en biotecnología se pretende alcanzar el fortalecimiento de las capacidades nacionales en investigación, innovación y desarrollo tecnológico para este sector, a través de la formulación de estrategias en seis áreas: mercados y gestión, investigación y desarrollo, normatividad y legislación, recurso humano, recursos económicos y capacidad de integración.

### **Mercados y gestión**

Los resultados de la actividad biotecnológica deben derivar en el desarrollo y mejoramiento de procesos o productos para la industria, y en bienes y servicios para elevar la calidad de vida de la sociedad en general, compitiendo de manera sostenible en el mercado. Esta tecnología ha de insertarse en el desarrollo económico del país con criterios de competitividad y beneficio social, tal como lo expresa la Visión del Programa Nacional de Biotecnología. Por ello, requiere la precisión de estrategias de mercado para su fortalecimiento. El sector biotecnológico colombiano debe realizar análisis de mercado que le permitan determinar cuáles son los nichos hacia los que debe enfocarse internacionalmente, atendiendo las definiciones que surjan de estudios de prospectiva tecnológica, y buscar el fortalecimiento de los vínculos con países vecinos, preparándose para hacer frente a mercados más exigentes y difíciles.

Sin embargo, es fundamental dirigir la atención hacia la situación nacional de la biotecnología, que, como lo expresa el Plan Estratégico 1999-2004 del Programa Nacional de Biotecnología (Colciencias, 1999), se caracteriza por la marcada orientación de la actividad hacia la investigación, siendo pocos los logros hacia la producción y comercialización, por el desconocimiento de los científicos sobre los efectos de los procesos de comercialización en el desarrollo de la competitividad socioeconómica, y porque los grandes grupos económicos no están suficientemente vinculados con la investigación y el desarrollo biotecnológico.

El fortalecimiento de mercados se propicia fomentando las siguientes líneas de acción: creación de portafolios de productos y servicios; ampliación y fortalecimiento del mercado de servicios bio-

tecnológicos; realización de estudios de mercado y prospectivos para la determinación de ventajas competitivas de la industria biotecnológica; activación de los procesos de reglamentación de mercados y gestión en biotecnología, así como la creación de incentivos para las exportaciones de productos y servicios biotecnológicos, y el fortalecimiento de la divulgación acerca de los productos biotecnológicos inocuos para la salud humana. Adicionalmente, cabe mencionar que existe una legislación sobre OMG que debe complementarse, y promover la evaluación de estos organismos en nuestro país para reconvertir sectores agrícolas determinados.

### **Normatividad y legislación**

La normatividad colombiana en los diferentes aspectos que influyen en la biotecnología, como propiedad intelectual, bioseguridad y recursos genéticos, debe estar acorde con los modelos internacionales, para propiciar la inversión extranjera y los vínculos internacionales.

Particularmente, la propiedad intelectual es un factor de éxito para el desarrollo de este sector, de allí que exista la permanente inquietud de los empresarios y expertos nacionales y extranjeros en cuanto a su protección, buscando salvaguardar sus conocimientos e investigaciones. Dicha preocupación parte de la poca cooperación existente entre las entidades involucradas, al no encontrar estímulos para aliarse en torno a un mismo objetivo que pueda representar incentivos económicos o de apoyo a sus investigaciones. Esto se relaciona directamente con la escasa difusión en el medio científico de los diferentes trabajos que se llevan a cabo a nivel regional, nacional e internacional, por parte de las diferentes empresas y centros de investigación. La claridad en la regulación normativa del sector industrial facilitará el fomento a empresas de base biotecnológica en cuanto a innovación, selección de tecnologías adecuadas y calidad de productos y procesos. Además, debe considerarse que el capital social de una nación se construye con base en la confianza mutua, colectiva y la visión de un futuro compartido.

Las líneas de acción que se establecen en la estrategia de normatividad y legislación colombiana respecto al campo biotecnológico se orientan a través de la generación de uniformidad de criterios, del desarrollo de mecanismos ágiles y pertinentes para el

control de calidad en producción y comercialización de productos, de dar facilidades, garantías, regulaciones y reglamentación de las condiciones de comercialización, importación y exportación de insumos, productos y servicios. Además, se debe implementar la Ley 590/2000 propiciando la gestión y desarrollo de PYME de base biotecnológica y construir una cultura sobre propiedad intelectual, contemplando la generación de términos claros con relación a los entornos de aplicabilidad, tales como el biocomercio, la bioprospección y la bioseguridad.

### **Investigación y desarrollo**

Las empresas transnacionales desempeñan un papel importante por cuanto transfieren conocimientos y tecnologías hacia la economía colombiana. Adicionalmente, es fundamental garantizar la inversión extranjera en la industria, acompañada de transferencia de tecnología y aprendizaje tecnológico. Así mismo, la consolidación de una relación permanente universidad-sector productivo es un elemento fundamental para promover el desarrollo de la capacidad nacional científica y tecnológica. Es preciso, por tanto, disminuir la brecha entre científicos y empresas, puesto que la biotecnología es transversal al involucrar muchos sectores, tales como el industrial, agrícola, ambiental, etc., y se requiere la articulación del trabajo en tales campos.

Colombia tiene el gran reto de avanzar en el aprovechamiento de las oportunidades que se generan con la aplicación de la biotecnología, para lo cual debe desarrollar estrategias eficaces de apropiación del conocimiento, fortalecimiento de sus instituciones e implementación de nuevas formas organizacionales de la comunidad científica y tecnológica.

Las líneas de acción propuestas para propiciar estas estrategias son las de incentivar proyectos conjuntos universidad-sector productivo que generen productos de alto valor agregado a través de la aplicación de la biotecnología; fomentar la generación, adaptación y difusión de conocimientos científicos, investigativos e innovadores; establecer criterios elevados de calidad de los egresados de profesiones involucradas con este campo; crear sistemas dinámicos de información; realizar análisis de tendencias biotecnológicas; fomentar la transferencia internacional de tecnología e invertir en el desarrollo científico y tecnológico orientado a la innovación.

### **Recursos económicos**

Como fuentes de financiamiento para el desarrollo biotecnológico están los presupuestos que el gobierno debe asignar para la ciencia, la tecnología y la educación, y los instrumentos fiscales. Otros recursos provienen de las empresas del sector productivo, las fuentes crediticias y de capital de riesgo. Sin embargo, el aporte del sector privado deberá crecer rápidamente; esto se podrá lograr a través de estrategias precompetitivas para cadenas productivas en las que se identifiquen los requerimientos biotecnológicos de todos los agentes que operan dentro de ellas y elaborar la cartera de proyectos, mostrando las ventajas competitivas que se lograrían al incorporar la biotecnología en la cadena productiva y otras formas de integración. Este esquema permite conformar fondos de recursos con montos que individualmente no podrían generar las empresas, mediante aportes de todos los agentes productivos y comerciales que conforman la cadena (Guadarrama, 1997). A lo anterior se suman los recursos de capitales de alto riesgo, privados e institucionales, que invierten en proyectos de alta originalidad, lo cual les permite contar con una posición monopólica en el mercado y obtener tasas de rentabilidad que compensan los riesgos.

La política industrial en recursos económicos para la biotecnología pretende promoverla inversión, desarrollo, ingeniería y gestión en el sector, de acuerdo con lineamientos que garanticen: facilidades para el acceso a los recursos brindados por Colciencias, disminución de los impuestos para la transferencia de tecnología, incentivos para las inversiones nacionales y extranjeras de capital de riesgo para la creación y fortalecimiento de empresas del sector biotecnológico y la gestión de recursos en el ámbito internacional para su utilización en investigación, desarrollo y producción de bienes biotecnológicos innovadores. También se busca la articulación con la política de fuentes de financiación del Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico, Industrial y Calidad; la realización de una proyección de gastos en el sector biotecnológico de los próximos años con base en el informe que Colciencias debe presentar sobre de la ejecución de su plan estratégico; la participación del SENA en el Consejo Nacional de Biotecnología teniendo en cuenta lo previsto por la Ley 344 de 1996, y contemplar incentivos para los proyectos de redes y microredes en ciencia y tecnología.

## Recurso humano

El perfil del recurso humano para el sector biotecnológico incluye la vocación para el trabajo en laboratorio, capacidad para trabajar en niveles abstractos y tendencia a la superación académica (el sistema promueve la especialización y la formación de niveles de posgrado) (Guadarrama, 1997). La formación en recursos humanos debe cubrir todas las áreas del proceso innovativo, considerando no sólo las científicas y tecnológicas, sino también el mercadeo, la comercialización, la gerencia tecnológica de altas tecnologías, la transferencia de tecnología y la propiedad intelectual. Esto significa desarrollar una cultura biotecnológica en varias profesiones. De igual forma, los investigadores deben ser negociadores de su propiedad intelectual para que no se trunquen las relaciones e intercambios de conocimientos.

La industria colombiana requiere, en un escenario de competitividad, de ingenieros y tecnólogos con una capacidad permanente de investigación y aprendizaje para la innovación y la competitividad. Con el propósito de afrontar la situación que actualmente atraviesan los centros de investigación y, en general, las entidades que trabajan la biotecnología -dado que tienen el problema de falta de personal especializado, su retiro y la escasa oferta- es importante consolidar una fuerte vinculación entre centros de investigación, desarrollo biotecnológico y empresas de ingeniería y gestión biotecnológica con el aparato productivo para la formación del recurso humano, lo cual impulsará el desarrollo biotecnológico y al mismo tiempo propiciará la modernización y capacidad competitiva de las cadenas productivas.

Con base en lo anterior, se han formulado líneas de acción enfocadas hacia los siguientes puntos: formación del recurso humano de alto nivel con el objetivo de desarrollar la capacidad científica, de gestión y negociación tecnológica; modernización y fortalecimiento de programas académicos de pre y posgrado; generación de relaciones universidad-sector productivo; establecimiento de convenios para asistencia técnica y de capacitación, y formación de técnicos en certificación de empresas biotecnológicas.

## Capacidad de integración

Es importante avanzar en el establecimiento y uso de la de la biotecnología como un instrumento de carácter

transversal para la conformación de cadenas productivas de alto valor agregado. El fomento a las cadenas productivas basadas en las nuevas tecnologías, como la informática, la microelectrónica y la biotecnología, requiere un conjunto de instrumentos e incentivos específicos, con el fin de desarrollar industrialmente las nuevas empresas y generar empleo altamente calificado (Política industrial para una economía en reactivación, 2000).

Para una eficaz organización empresarial y productiva que articule el trabajo de los investigadores, científicos, universidades y empresas, además de *clusters* y cadenas, deben considerarse otras formas de integración tales como parques tecnológicos, redes, *joint ventures*, en donde la biotecnología es un factor potencializador de las ventajas que ofrece tal interacción, favoreciendo así el desarrollo industrial en el país.

En cuanto a integración, se plantean los siguientes lineamientos de acción: consolidación de alianzas estratégicas; formación y fortalecimiento de *clusters*, cadenas productivas y otros mecanismos de integración orientados al mercado interno y a la exportación; conformación y consolidación de la red de centros de desarrollo biotecnológico; fortalecimiento de la investigación en biotecnología, y fomento a la articulación entre las universidades y centros de investigación con el sector productivo.

## Indicadores de seguimiento y evaluación de la política industrial en biotecnología

Colciencias deberá diseñar los mecanismos e indicadores que permitan evaluar en forma acertada los resultados e impactos de esta política, en colaboración con cada una de las entidades responsables, en las áreas definidas para su ejecución.

Finalmente debe mencionarse que en el medio académico, gremial y gubernamental se han venido gestando diferentes propuestas que plantean alternativas para la generación de una política nacional en biotecnología. Es importante e imperativo el participar en un proceso de concertación sobre sus diferentes aspectos conceptuales, estrategias y mecanismos de acción, que permitan a su vez la elaboración final de una política de apropiación colectiva y viable de realizaren nuestro país con recursos reales, impactos medibles y resultados tangibles a mediano y largo plazo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bonilla, Ricardo. Umaña, Germán, Zerda, Álvaro. 1998. *Una propuesta de política industrial para Colombia*. Santafé de Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico. Universidad Nacional de Colombia. CID.
- Colciencias. 1999. *Programa Nacional de Biotecnología. Plan Estratégico 1999-2004*. Bogotá.
- Guadarrama, Roberto. 1997. *Formación de recursos humanos en biotecnología en América Latina y el Caribe* [en línea]. Bogotá : Simbiosis. Disponible en Internet : [www.bdt.fat.org.br/simbiosis/relatorio/oea-97](http://www.bdt.fat.org.br/simbiosis/relatorio/oea-97)
- Lall, Sanjaya. 1995. *Creación de la ventaja comparativa: el rol de la política industrial. Desarrollo endógeno*. Bogotá: Creset, Colciencias, Fonade.
- Ministerio de Desarrollo Económico. 2000. *Política industrial para una economía en restauración*. Bogotá.
- Rojas, Julieta y Villarraga, Liz. 2001. *Modelo de cadenas productivas aplicado en industrias con procesos biotecnológicos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Económicas, Administración de Empresas.

AFLP (Amplified Restriction Fragment Polymorphism)

### PRESICION, CONFIABILIDAD Y SEGURIDAD




PARA TRABAJAR CON PLANTAS PRESENTAMOS DOS SISTEMAS

**AFLP SYSTEM I**  
Rango entre  $1 \times 10^8$  bp y  $6 \times 10^9$   
Incluidos Tomate, maíz, lechuga, algodón, papa, girasol.....

**AFLP SYSTEM II**  
Rango entre  $1 \times 10^8$  bp y  $5 \times 10^9$   
Incluidos arroz, cohombro y Arabidopsis .....

CADA SISTEMA INCLUYE REACTIVOS Y PRIMERS SUFICIENTES PARA 200RXN/PRIMER

 PBX 57 1 4372001 BOGOTA-COLOMBIA  
arcquim@col1.telecom.com.co

 **Invitrogen**  
living science