

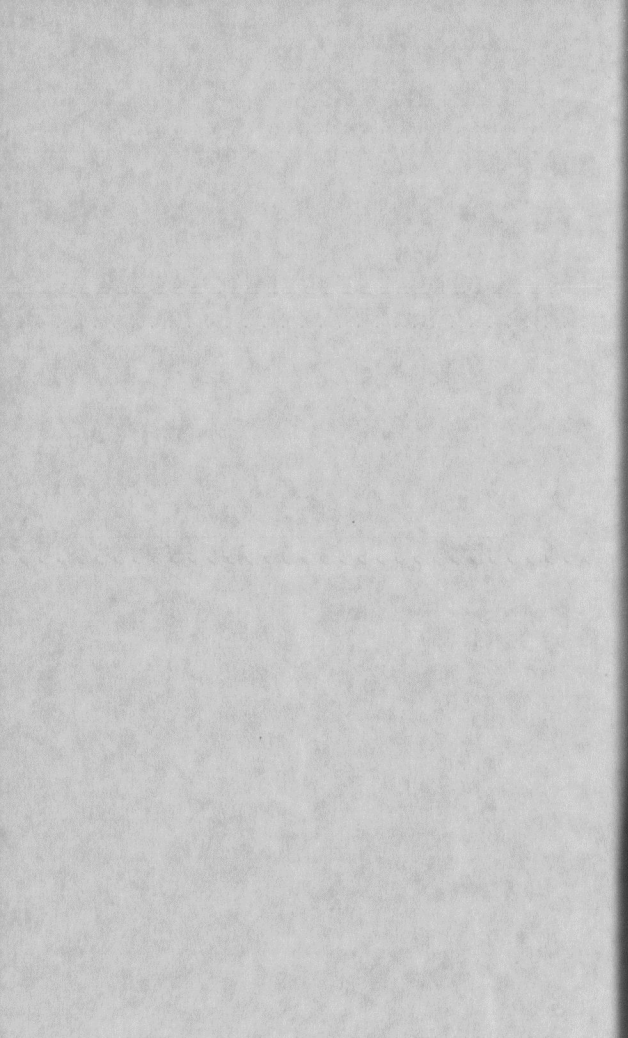
Sistema Nacional
de Ciencia y Tecnología

CONVOCATORIA

A LA

CREATIVIDAD





Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología

CONVOCATORIA A LA CREATIVIDAD



COLCIENCIAS

Cubierta: Diseño e ilustración de Antonio Márquez Bulla

Primera edición: diciembre de 1992

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

ISBN: 958-9037-23-2

Edición, armada electrónica,
impresión y encuadernación:
Tercer Mundo Editores

Impreso y hecho en Colombia
Printed and made in Colombia

CONTENIDO

PRESENTACION	9
--------------	---

PRIMERA PARTE

Los Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología

Capítulo 1

CIENCIAS BASICAS. HACIA LA MADUREZ DE LA COMUNIDAD CIENTIFICA	15
--	----

Capítulo 2

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS. ENTENDER Y ANTICIPAR LA MODERNIDAD	41
--	----

Capítulo 3

DESARROLLO TECNOLOGICO, INDUSTRIAL Y CALIDAD. CONOCIMIENTO Y COMPETITIVIDAD	55
--	----

Capítulo 4

BIOTECNOLOGIA: UNA ENCRUCIJADA ESTRATEGICA	83
--	----

Capítulo 5

ELECTRONICA, TELECOMUNICACIONES E INFORMATICA. NUEVA TECNOLOGIA PARA LA APERTURA	95
---	----

Capítulo 6		
ENERGIA Y MINERIA. CIENCIA CONTRA LA OSCURIDAD		107
Capítulo 7		
CIENCIA Y TECNOLOGIA DEL MAR. LA FRONTERA AZUL DEL CONOCIMIENTO		137
Capítulo 8		
CIENCIA Y TECNOLOGIA AGROPECUARIA. NUEVAS TECNOLOGIAS PARA EL DESARROLLO AGROPECUARIO		151
Capítulo 9		
MEDIO AMBIENTE Y HABITAT. EL ENTORNO NATURAL Y CONSTRUIDO DEL HOMBRE COLOMBIANO		165
Capítulo 10		
EDUCACION. INVESTIGACION PARA MODERNIZAR LA EDUCACION		179
Capítulo 11		
SALUD. POR LA CALIDAD DE LA VIDA		189

SEGUNDA PARTE

La consolidación de la comunidad científica

Capítulo 1		
REGIONALIZACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA		209
Capítulo 2		
PROMOCION Y FINANCIAMIENTO DE LA INNOVACION EN LOS SECTORES DE LA PRODUCCION		221

Anexo 1	
TIPOS DE PROYECTOS	243
Anexo 2	
FORMAS DE FINANCIAMIENTO PREVISTAS POR LA LEY (Decreto No. 591 del 26 de febrero de 1991)	245
Capítulo 3	
FORMACION Y CAPACITACION DE PERSONAL PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA	247
Capítulo 4	
CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA APROBACION DE PROYECTOS DE INVESTIGACION CIENTIFICA	267
Anexo 1	
PRINCIPALES ETAPAS EN LA CONSTRUCCION DEL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	297
Anexo 2	
RECOMENDACIONES	299
Anexo 3	
LOS INDICADORES DE LA ACTIVIDAD CIENTIFICA Y TECNOLOGICA	301
Capítulo 5	
REFLEXIONES A PROPOSITO DE LA REFORMA UNIVERSITARIA	309

Capítulo 6	Anejo 1
CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA LA SALUD Y LA MEDICINA	TÍTULOS DE PROFESIONES Y ACTIVIDADES PROFESIONALES
Capítulo 7	Anejo 2
CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA LA AGRICULTURA Y LA PESQUERA	FORMAS DE FINANCIAMIENTO DEL SECTOR AGROPECUARIO Y PESQUERO PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO (Ley de Fomento No. 291 del 25 de febrero de 1991)
Capítulo 8	Anejo 3
CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA LA INDUSTRIA Y LA CONSTRUCCIÓN	FORMACIÓN DE PERSONAL TECNOLÓGICO PARA LA INDUSTRIA Y LA CONSTRUCCIÓN
Capítulo 9	Anejo 4
CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO URBANO	CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA ASIGNACIÓN DE FONDOS DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
Capítulo 10	Anejo 5
CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA LA EDUCACIÓN	PRINCIPALES ETAPAS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Capítulo 11	Anejo 6
CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA LA SALUD Y LA MEDICINA	RECOMENDACIONES
SEGUNDA PARTE	
Capítulo 1	Anejo 7
CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA LA INDUSTRIA Y LA CONSTRUCCIÓN	LOS INDICADORES DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA
Capítulo 2	Anejo 8
CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA LA INDUSTRIA Y LA CONSTRUCCIÓN	RECOMENDACIONES
Capítulo 3	Anejo 9
CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA LA INDUSTRIA Y LA CONSTRUCCIÓN	RECOMENDACIONES

PRESENTACION

Dentro del proceso de modernización del Estado colombiano, la ciencia y la tecnología es el área donde se han operado las más profundas transformaciones. La participación de los actores (investigadores, empresarios y gestores estatales de la ciencia y la tecnología) en la definición de políticas y en la asignación de los fondos públicos a los mejores proyectos es quizá la más valiosa innovación que ha logrado el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología creado en 1991.

La integración y la estructuración de esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológico, otrora aislados, en once programas nacionales, y el compromiso con la internacionalización de la actividad científica y tecnológica nacional son otras dos características salientes de la nueva fase del desarrollo del conocimiento en nuestro país.

Este libro recoge las convocatorias que el equipo de Colciencias, haciendo eco al llamado del Presidente Gaviria a los científicos e ingenieros colombianos, preparó durante 1992, para movilizar a los investigadores y a los empresarios a reflexionar acerca de las tendencias mundiales de la investigación y de la política nacional de ciencia y tecnología. Se trata de una invitación a la investigación y al despliegue de la creatividad en el campo científico, particularmente dirigida a la juventud colombiana. La forma en que los documentos iniciales se enriquecieron con la participación de la comunidad científica colombiana a través del proceso de consulta que se dio durante este año, quedará recogida

en una colección de diez volúmenes que serán publicados a comienzos de 1993.

En apenas un año de funcionamiento del nuevo Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, son grandes los logros obtenidos. El valor de las propuestas de investigación recibidas de las empresas y de los investigadores se ha multiplicado por tres entre 1990 y 1992, lo que muestra el dinamismo de la respuesta de la comunidad científica y los empresarios innovadores a las nuevas condiciones. El número de universidades con proyectos de investigación presentados pasó de 14 a 24, lo que ilustra la apertura del sistema. La política de sólo financiar viajes de científicos cuando hay compromiso de publicar artículos en revistas de circulación internacional, ha comprometido en este año 350 publicaciones internacionales, contra cerca de 50 que en 1989 se habían detectado. Los créditos a las empresas han crecido notablemente, aunque queremos que su participación en la financiación total sea aún mayor. Con la participación de más de 100 personas en los consejos de programa (entre investigadores, empresarios y ministros) hemos logrado no sólo una mayor transparencia de las decisiones de financiación, sino un mayor consenso alrededor de las políticas concertadas.

El libro se organiza en dos partes bien diferenciadas. La primera de ellas consta de once capítulos, dedicados a sendos programas nacionales de ciencia y tecnología. En estos textos se desarrollan las ideas básicas del Sistema, haciendo énfasis en la orientación del programa respectivo. Su intención es servir de base para la elaboración del Plan correspondiente. Debe enfatizarse que fueron escritos con la intención de servir de convocatorias a las comunidades respectivas.

La segunda parte contiene las orientaciones centrales de las políticas y estrategias que contribuyen a la conformación de la comunidad científica colombiana y a su vinculación a los sectores productivos y a la sociedad en general.

Muchos de los conceptos fundamentales para la construcción del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología se exponen en las dos partes del libro. Los documentos contenidos en ellas, cuando fueron presentados por primera vez por Colciencias, suscitaron

fuertes debates que estimularon la reflexión sobre el papel de los científicos y los tecnólogos, y el de su trabajo en el desarrollo de nuestra sociedad. Otros recogieron consenso rápidamente. Algunos más requieren ser trabajados aún. Dos de ellos, "Promoción y financiamiento de la innovación en los sectores de la producción" y "Formación y capacitación de recursos humanos para la ciencia y la tecnología", se convirtieron en política oficial del país al ser acogidos y aprobados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Nuevos criterios de política, de planeación, de evaluación y de diseño de instrumentos jurídicos y de organización han emergido. Un nuevo estilo, el de la ciencia y sus científicos, el de la investigación y los investigadores, el de los grupos consolidados como sujetos de la investigación, potenciadores del trabajo y de la creatividad de los individuos que los conforman, y claramente diferenciados de las instituciones que los albergan, se abre paso en nuestra sociedad.

Se insiste a través de los textos en la dimensión internacional que deben alcanzar los investigadores de Colombia. Esto aparece como un imperativo para quienes se orientan a la investigación básica —para hacer contribuciones verdaderamente valiosas a la ciencia internacional—, tanto como para quienes se orientan a la investigación aplicada, para hacer contribuciones que nos lleven a competir con ventajas en los mercados internacionales.

La publicación de los resultados de la investigación en revistas que garanticen su verdadera difusión entre la comunidad científica y los sometan a la crítica autorizada, es decir, en revistas con arbitraje internacional, con circulación internacional y referenciadas en los índices reconocidos del ramo, constituye la estrategia más importante para salir de una tradición parroquial. Otra es la vinculación a los grupos del país, de los colombianos y amigos de Colombia que investigan en el exterior, a través de la red Caldas.

Logro fundamental del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología en su primer año —el cual se analiza de maneras diversas a lo largo del libro— es la necesaria construcción de relaciones de colaboración entre los sectores académicos y los productivos.

Esta tarea recibió un apoyo importante en la Reforma Tributaria —Ley 6 de 1992—, que incluyó en su articulado algunos estímulos de tipo fiscal para la inversión del sector privado en ciencia y tecnología. Con ello comienza a hacerse realidad el planteamiento del Presidente de la República cuando afirmaba "grupos de investigación y desarrollo, universidades e institutos del Estado deben acercarse a los sectores productivos y a la comunidad". Esta integración es una de las tareas del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. La integración entre la actividad científica y el desarrollo tecnológico que no pueden marchar sino unidos en el mundo moderno, viene dando pasos irreversibles.

La formación de investigadores y la consolidación de la investigación en las universidades colombianas están articulándose, de otra parte, alrededor de la política de fomento a los doctorados colombianos. Estos programas se están concibiendo como ejes de la construcción de redes nacionales e internacionales.

La estrategia de regionalización, puesta en marcha con el propósito de que todas las regiones del país puedan ser partícipes del esfuerzo de modernización, de su planeación y de su desarrollo, es presentada en uno de los documentos e insinuada en varios más.

El conjunto de los documentos está atravesado por varias ideas centrales, entre las cuales se destacan las exigencias de calidad y pertinencia: el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología propiciará exclusivamente el desarrollo de actividades de ciencia y tecnología de calidad internacionalmente competitiva y que sean relevantes para la vida nacional.

En este sentido, el libro que Colciencias propone al lector recoge el nuevo ambiente que viven la ciencia y la tecnología en Colombia.

CLEMENTE FORERO PINEDA

Director de Colciencias

Diciembre de 1992

PRIMERA PARTE

**Los Programas Nacionales
de Ciencia y Tecnología**

Este texto se publicó originalmente impreso en la *Revista Trópicos* (Ley 6 de 1992) que incluyó en su artículo algunos estímulos de tipo fiscal para el desarrollo del sector privado en ciencia y tecnología. Con el tiempo se ha hecho más difícil el planteamiento del Positivo de la República cuando afirmaba "grupos de investigación y desarrollo, universidades e institutos del Estado deben concentrarse en las actividades productivas y en la comunidad". Este artículo es una de las razones por las que el Positivo de Ciencia y Tecnología. La integración entre la comunidad científica y el sector privado es una de las prioridades más importantes en el mundo de hoy.

La formación de investigadores y profesionales en la industria es un desafío para las universidades y los institutos de investigación, que han sido los principales actores en el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Colombia.

El Positivo de Ciencia y Tecnología es un documento que busca promover la integración entre la comunidad científica y el sector privado en el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Colombia.

Este documento es una herramienta para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Colombia. El Positivo de Ciencia y Tecnología es un documento que busca promover la integración entre la comunidad científica y el sector privado en el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Colombia.

Este libro que el lector encontrará en esta edición es una obra que busca promover la integración entre la comunidad científica y el sector privado en el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Colombia.

CIEMENTE FORERO PINEDA

Director de Colciencias

Diciembre de 1992

Capítulo 1

CIENCIAS BASICAS.

HACIA LA MADUREZ DE LA COMUNIDAD CIENTIFICA

“No basta con la liberalización de los mercados para asegurar el avance de la productividad. Se requiere la formación de una comunidad científica altamente calificada, con dominio y capacidad de acción sobre el saber, pues las ventajas en el juego comercial de nuestra era no residen tanto en la posesión de las materias primas o de otros atributos geográficos o naturales, como en el dominio del conocimiento. Los países desarrollados —viejos y nuevos— mantienen o logran su posición gracias a la innovación profunda y a la producción cada vez mayor de bienes muy ricos en alta tecnología”¹.

La concepción reflejada en esta cita del presidente Gaviria es nueva en nuestro país. Durante mucho tiempo se creyó que la calidad de vida en el país podía mejorarse gracias a la transferencia de tecnología. Hoy el atraso crónico de las naciones que siguieron este espejismo, comparado con el pujante desarrollo de quienes apostaron por la vía de afianzar sus comunidades de ingenieros y científicos, muestra claramente que es erróneo buscar el desarrollo tecnológico sin una muy buena capacidad de innovación; que ésta no se da sin mucha y muy buena ciencia aplicada y que no puede darse buena ciencia aplicada allí donde no existe una ciencia fuerte. El progreso de las sociedades contemporáneas

1 Prólogo al libro *Ciencia y tecnología para una sociedad abierta*, Colciencias y Departamento Nacional de Planeación. Bogotá, Tercer Mundo Editores, 1981, p. iv.

ya no se funda, como en el pasado, en la combinación de capital, tierra y trabajo que sustentó la revolución industrial en Occidente. Por el contrario, en los nuevos procesos de industrialización, los insumos más importantes son la inteligencia y el conocimiento.

Durante años muchos de nuestros empresarios han buscado hacer desarrollos tecnológicos sin base teórica para ello, hacer ciencia aplicada sin hacer ciencia, aplicar conocimientos que no conocen. Con ello han desconocido la experiencia de los países más desarrollados, según la cual sólo se asimila tecnología localizándose dentro de un ambiente propicio a la moderna cultura de la creatividad científica.

En algunos casos, el resultado ha sido el consumo puro de artefactos, sin la comprensión de sus posibilidades, ni la capacidad de adaptarlos o aun de mantenerlos. En otros casos se han logrado innovaciones de muy bajo nivel, las llamadas "tecnologías de guadua y cabuya", con las cuales se han resuelto problemas prácticos y hasta se han utilizado materias primas vernáculas, pero no se ha generado competitividad para acceder por la puerta grande a los mercados internacionales. Desafortunadamente este tipo de tecnología "apropiada" o "práctica" ha sido alabada y recomendada como la alternativa a los supuestamente "inútiles diletantismos" de quienes se interesan por la matemática o la física teórica². Esta mentalidad se originó en los primeros momentos de nuestra historia republicana, cuando los eruditos criollos opusieron un proyecto de ciencia nacionalista y utilitaria a los esquemas modernizadores de ciencia académica colonial. Pero lo que pudo ser válido en el contexto de esa época derivó en una concepción equivocada cuando se transpuso mecánicamente a un contexto republicano. El resultado a nivel cultural no pudo ser más grave: una posición subalterna y sometida frente a la tecnología, que postula que ningún desarrollo importante puede darse en Colombia y que recibe los últimos desarrollos como verdades que nos llegan de un ámbito al cual no podemos acceder. De

2 Un clásico de esta visión del mundo es el muy bien documentado libro de Frank Safford, *El ideal de lo práctico*, publicado originalmente por la University Press y traducido por la Universidad Nacional de Colombia.

ahí a percibirla como magia no hay más que un paso, que se ha dado con facilidad, impidiendo nuestro acceso a la modernidad³.

Afortunadamente existen indicios alentadores que demuestran que estas posiciones están quedando atrás. Se ha venido consolidando en el país una dinámica sostenida de cambio en las propias actitudes del gobierno, los industriales y la comunidad científica con respecto a la misión histórica de la ciencia y la tecnología. Desde sus respectivos campos de interés, sin renunciar a lo específico de sus papeles en la sociedad, pero reconociendo cada vez más la importancia del otro para hacer viable su propio proyecto, estos interlocutores parecen estar dispuestos a buscar acuerdos puntuales para desarrollar tareas conjuntas. La tendencia que favorece este tipo de acuerdos se ha forjado lenta pero seguramente en los últimos decenios y parece acentuarse en el momento en que más afanosamente buscamos ingresar a la modernidad y a la economía mundial.

Sin duda, el resultado institucional más elaborado de este proceso ha sido la reciente creación del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Sus características de sistema abierto, flexible, participativo y descentralizado le ofrecen todas las condiciones para traducirse en un verdadero pacto social entre Estado, industriales, científicos y sociedad civil, cuyo objetivo es desarrollar en el país la empresa del conocimiento y articular la capacidad investigativa a la realidad nacional. Así por ejemplo, desde el punto de vista del gobierno, el establecimiento por primera vez en Colombia de un sistema institucional para el conocimiento no parece obedecer únicamente a un propósito instrumental. En las palabras antes citadas del Presidente de la República, la vinculación de la innovación al proyecto macroeconómico pasa por "la

3 Los tres trabajos que publicó la Misión de Ciencia y Tecnología sobre el tema de la modernidad son la parte 2 de Tomo II: Miguel Angel Hernández, "La modernización social y el mundo moderno", pp. 485-534; Rubén Jaramillo Vélez: "La postergación de la experiencia de la modernidad en Colombia, pp. 535-600, y Lisímaco Parra, "Modernidad y ciencia", pp. 561-592; estudian con detalle este tema, que es tocado también entre las páginas 2 y 5 del documento que Emilio Yunis preparó para Colciencias, como preparativo a la formulación del Plan de Ciencias Básicas.

formación de una comunidad científica altamente calificada, con dominio y capacidad de acción sobre el saber". Asimismo, entre los principios con que cuenta el actual Plan de Desarrollo para hacer converger el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología con el proceso de apertura y modernización del país, el más importante es el del fomento al conocimiento fundamental como "fuente principal de ventajas competitivas". No podría ser de otra manera, ya que:

Las industrias de punta de hoy, como la biotecnología, los nuevos materiales, la informática o la electrónica, y aun las verdaderas innovaciones en las industrias manufactureras clásicas requieren antes que todo de excelentes conocimientos en biología, química, física y matemáticas⁴.

La política del Estado reposa en aquella filosofía visionaria de los estados ilustrados que, para comprometer a las élites a disponer su saber al servicio de la alta misión de la ciencia en el progreso de la humanidad, desplegaron la más espectacular ofensiva en la creación de instituciones científicas, formación de expertos e investigadores y desarrollo de proyectos expedicionarios jamás vistos hasta entonces. La aventura en la que entonces se embarcaron el poder, las élites, los gremios y los capitanes de industria tratando de hacer realidad la utopía del programa ilustrado, hoy es considerada una verdadera epopeya en la historia de la ciencia moderna. Desde entonces ha quedado claro que la función social de toda empresa científica de envergadura debe comportar, antes que nada, la confianza de las naciones en el poder de la inteligencia, en el reconocimiento de su propia realidad, en la importancia de aclimatar en la sociedad su dimensión cultural y, por consiguiente, en la necesidad de invertir en el desarrollo de un sistema autónomo de conocimientos y de crear el ambiente

4 Presidencia de la República y Departamento Nacional de Planeación, "La Revolución Pacífica. Plan de Desarrollo Económico y Social 1990-1994", Santa Fe de Bogotá, p. 444.

propicio para el desarrollo de su correspondiente sistema de actividades especializadas.

El Siglo de las Luces permitió a Occidente entender que la grandeza del espíritu en la promoción de la empresa científica no reside tanto en motivaciones utilitarias o coyunturales, sino en la conciencia de estar contribuyendo así a la realización de un propósito universal: el derecho de los pueblos a usar la razón y a disfrutar de los beneficios de la cultura científica. Las sociedades que fueron irradiadas por el influjo de la filosofía de la Ilustración fundamentaron la cultura científica de la modernidad en sus ideales de progreso, de desconfianza en el peso de la tradición como criterio de autoridad, de fe en la razón y en los efectos moralizadores de la instrucción. Pero, sobre todo, en el principio de autodeterminación del pensamiento, es decir, de atreverse a pensar y a juzgar por sí mismo.

La reforma institucional que ha dado lugar al sistema de ciencia y tecnología en Colombia se nos presenta en el marco de una política nacional de largo plazo, integrada a la vez a una planeación del desarrollo social y económico. Las ciencias básicas son vistas hoy, por primera vez en más de cien años, como indispensables para el desarrollo económico y tecnológico del país; para la apertura y la entrada al mercado internacional; para la formación de capacidades de investigación y desarrollo en prácticamente todos los campos del saber; en fin, para que nuestra sociedad alcance esa mayoría de edad a la cual se refería Kant hace ya dos siglos en su indagación sobre el significado de la Ilustración. Es decir, la capacidad, la decisión, la valentía de apoyarse en la propia razón.

LA FORMACION DE UNA COMUNIDAD CIENTIFICA EN COLOMBIA

El desarrollo de las ciencias básicas en Colombia ha sido desigual y accidentado. No ha respondido como regla general a un propósito de la nación colombiana en el cual se hubiera reconocido la importancia de incorporar las ciencias básicas a un proyecto sos-

tenido de autodeterminación social, cultural y económica. Desde la Colonia hubo núcleos importantes que las cultivaron y lograron mantenerse al tanto de su avance, contribuyendo eventualmente a su desarrollo. Las guerras y otras vicisitudes del siglo XIX y, sobre todo, el aislamiento del país, golpearon fuertemente a la actividad científica, pero no la interrumpieron. El comienzo del siglo XX es testigo del trabajo de un puñado de cultivadores de la matemática y las ciencias físicas organizados alrededor del Observatorio Astronómico Nacional y de algunos investigadores en ciencias biológicas y químicas orientados hacia la farmacología de los productos naturales y la investigación agrícola. Pioneros de la talla intelectual de Garavito desplegaron esfuerzos desproporcionados por complementar su formación en ciencias fundamentales, por estar al tanto de las tendencias internacionales en algunos campos de investigación y fomentar el gusto por el estudio entre sus alumnos. Asumiendo el mismo papel que en el período de la Independencia tuvieron Caldas, Zea, Cabal o Pombo, en un medio en el cual todo estaba por descubrir, desarrollaron sus actividades en un estilo cognitivo en el cual el rigor conceptual y la indagación sobre los fundamentos de algunas teorías iban de la mano con el estudio de problemas de la realidad nacional.

Por otra parte, la organización de la Universidad Nacional de Colombia y el pequeño renacimiento que hubo en la época del gobierno de Alfonso López Pumarejo impulsaron cierta intensificación del trabajo en las ciencias básicas. No obstante, puede afirmarse que, después de todos estos nobles esfuerzos, es sólo en la década de los sesenta cuando la investigación organizada y bien estructurada en ciencias básicas comienza a darse en Colombia. La fundación de las carreras de física, química, matemáticas y biología en varias universidades, el envío de colombianos a adelantar estudios de posgrado en el exterior en estas disciplinas, el establecimiento de la dedicación de profesor universitario de tiempo completo, el establecimiento de los primeros posgrados y de algunas revistas especializadas, el papel promotor y financiador de Colciencias, son las causas inmediatas de la institucionalización inicial de la investigación.

Hoy, después de unos veinticinco años de esfuerzo sostenido, existen unas pocas decenas de grupos consolidados. Los mejores no siempre se encuentran dentro de las universidades, aunque mantienen con ellas estrechas interacciones. Estos colectivos de investigación activa y relevante, a veces más conectados con grupos extranjeros que entre sí, han sentado ya bases firmes para el desarrollo de las ciencias básicas en Colombia. A pesar de que las sociedades científicas promueven vínculos entre ellos, a través de la publicación de revistas y la realización periódica de congresos, su dinámica y cohesión interna dependen sobre todo de sus conexiones internacionales. Por eso el principal efecto que han tenido hasta el momento ha sido una elevación clara de la enseñanza que se imparte en las universidades a donde se extiende su acción; efecto muy irregular, dada la poca claridad de la relación entre docencia e investigación y también porque esta vanguardia ha debido convivir durante todo este cuarto de siglo con mayorías de “profesores” consagrados a la repetición de libros que han empañado y dificultado el desarrollo y que constituyen aun un peligro grande para las posibilidades de formación de las próximas generaciones de colombianos.

LA EMPRESA UNIVERSAL DEL AVANCE DEL CONOCIMIENTO

No resulta exagerado llamar al siglo XX el “Siglo de las ciencias básicas”. Durante este siglo se desarrollaron las grandes teorías físicas que obligaron a la humanidad a modificar sus concepciones sobre el tiempo y el espacio y a dejar atrás las viejas intuiciones mecanicistas que hoy parecen bastante ingenuas.

Los fundamentos de las matemáticas fueron revisados enteramente —por no decir colocados por fin— a partir del desarrollo de la teoría de conjuntos y de la axiomática y sacudidos una vez más a raíz del trabajo de Godel. La noción fundamental de conjunto fue subsumida por la axiomatización creciente del último siglo en la de estructura formal: mucho más fecunda y útil para organizar y extender a niveles de enorme generalidad las teorías matemáticas. Como consecuencia, no solamente se hicieron tri-

zas las viejas clasificaciones de métodos y teorías, sino que se renovó en un ochenta por ciento el campo de las matemáticas. Ello tendrá un impacto extraordinario tanto en las ciencias que se formalizan por la vía de la matematización y en las que se desarrollan utilizando los instrumentos y técnicas matemáticas como en las sucesivas revoluciones tecnológicas y conceptuales de este siglo.

La biología encontró su base molecular luego del descubrimiento de la doble hélice, con lo cual se abrió el paso a la manipulación genética y la creación de verdaderas especies nuevas. El análisis físico-químico de los procesos de la vida no deja de abrir nuevos horizontes a preguntas fundamentales sobre los sistemas biológicos, su estructura íntima y su funcionamiento. Las investigaciones en biología celular se multiplican a un ritmo admirable: el estudio de los mensajeros intracelulares, el papel de las proteínas que actúan como intermediarios entre receptores y enzimas de tales mensajeros, el conocimiento del papel del calcio y de las proteínas en estos procesos, etc. El avance de estas investigaciones está asociado a la intervención en las mismas de sofisticadas técnicas y tecnologías experimentales.

Hoy se trabaja de nuevo en saber cuántos elementos se necesitan para construir todo el universo. De los cuatro elementos de los griegos se llegó, al terminar el siglo XIX, a cerca de cien diferentes. La hermosa "armonía" evidente en la Tabla Periódica sugirió una estructura interna y partículas más fundamentales que llevaron en los primeros treinta años de este siglo a reducir los elementos a tres partículas: electrones, neutrones y protones. Estos, sin embargo, se descompusieron y recompusieron dando origen primero a mesones y luego a un centenar de cosas, hasta dejarnos, al terminar los años sesenta, con un "zoológico de partículas". De nuevo, la proliferación y cierta simetría sugirió una estructura aún más íntima. Hoy vuelven a ser necesarias muy pocas: un electrón, un muón y un tauón, tres neutrinos y seis quarks para fabricarnos a nosotros y, con nosotros, a todo el universo. Falta hallar el quark top que se busca afanosamente por medio de gigantescos aceleradores que, al revelarnos la estructura más íntima de la materia, también explicarán el origen del universo y de las más apartadas galaxias. Los límites de lo detectable

en distancia astronómica, en antigüedad temporal y en pequeñez espacial se juntan en la cosmología y en las teorías de campo unificado en busca de la TOE (Theory of everything). La cultura de los colombianos en general es tan ajena a esta maravillosa aventura del pensamiento como lo era hace 500 años a las audaces hipótesis heliocéntricas que tuvieron la más profunda influencia en el desarrollo del mundo moderno.

Vivimos tan alejados de la modernidad como hace dos siglos y medio, cuando La Condamine y Jorge Juan establecieron su expedición en los territorios de la Nueva Granada para medir el grado del meridiano y dirimir la polémica sobre la figura de la Tierra. En ese momento, los pocos eruditos con cultura científica para comprender el significado histórico de este acontecimiento lamentaban que hubiésemos sido objeto y no sujeto de conocimiento.

Las lógicas que trascienden el milenario principio del *tertium non datur* o la síntesis de molécula por molécula en estados precisos de energía gracias a la fotoquímica con láser trascienden las más especulativas de las novelas de ciencia ficción. La ciencia de la complejidad que se desarrolla a partir de las teorías de catástrofes y del caos, de las estadísticas fraccionarias y de las dimensiones fractales está enseñando a pensar de nuevo al mundo y a ver profundas y fecundas relaciones entre la macroeconomía y la química del estado cristalino, entre las transiciones de fase y las crisis del capitalismo, entre los circuitos neuronales y los fenómenos críticos. Se está produciendo una revolución del pensamiento tan profunda, por lo menos, como las que precedieron al Renacimiento o a la Revolución Industrial. Y los colombianos siguen pensando que los átomos son sistemitas planetarios con electroncitos que giran alrededor de un sol-núcleo. Con esa burda imagen se puede transformar nuestro carbón en productos que compitan con las fibras que preparan los japoneses y se piensa que la adquisición de unos cuantos microcomputadores es un paso significativo en nuestro camino hacia la modernidad.

Por eso el principal reto que se nos impone es el de la transformación cultural. El de darnos, a nivel social, lo que Kant denominó "educación para la libertad". Ella pasa por la comprensión de las doctrinas físicas y metafísicas con las cuales se está

forjando el mundo contemporáneo. Efectivamente, esta cultura científica supone el acceso de un mayor número de ciudadanos a la comprensión no sólo de los temas de punta de una especialidad, sino también del conjunto de problemas fundamentales de varios dominios científicos; conocer tanto su dimensión epistemológica como su encuadramiento histórico.

UN DILEMA MAL PLANTEADO: CIENCIAS BÁSICAS VS. CIENCIA APLICADA

Es posible alcanzar un buen dominio de las matemáticas, de la física, de la biología o de la química estudiándolas en su aplicación a problemas de la construcción de carreteras o de fabricación de coque, de transmisión de electricidad o de agronomía. Muchos ejemplos en la historia de la ciencia nos muestran importantes avances básicos que surgieron de problemas eminentemente aplicados: desde la termodinámica, que se desarrolló a partir del estudio de las máquinas de vapor, o la química estructural a partir del esfuerzo por sintetizar colorantes artificiales, hasta las contribuciones a la biología celular de Pasteur intentando controlar el ántrax o la rabia, pasando por importantes desarrollos en la física, la mecánica racional y la teoría de las ecuaciones diferenciales como resultado de la necesidad de explicar el funcionamiento del mundo físico. Piénsese solamente en el impacto que tuvo sobre las ciencias del siglo XIX la introducción del análisis de Fourier como consecuencia del estudio del fenómeno de la transmisión del calor en los cuerpos.

Apoyándose en esta afirmación, se ha sostenido que en países como el nuestro, el esfuerzo por aprehender y dominar las ciencias básicas debe concretarse *exclusivamente* a su estudio a través de sus aplicaciones.

Pero no se ha recogido unanimidad a este respecto. Lo cierto es que la aguda competitividad y los desafíos tecnológicos en la industria moderna han transformado radicalmente la naturaleza y el nivel de las aplicaciones de las ciencias básicas. Ya no son las técnicas y métodos clásicos del álgebra lineal y el cálculo integral

y diferencial de nuestros ingenieros tradicionales aquello que caracteriza el conocimiento matemático básico aplicable en la época contemporánea. En los procesos donde intervienen modelos no lineales en varias dimensiones, como el análisis financiero y económico, se emplean sofisticadas técnicas estocásticas para encontrar no sólo las soluciones posibles sino las óptimas entre ellas. En los estudios de control de los efectos de la actividad humana sobre el clima, la experimentación física no se fundamenta en prácticas directas que serían irrealizables, sino en métodos numéricos y experimentación computacional. Así pues, no parece viable reducir la actividad en ciencias básicas a aquellos estudios que redunden en beneficios inmediatos.

Mientras unos proponen estrategias investigativas al servicio de necesidades prácticas o para resolver problemas de modelización, otros reivindican el derecho a preocuparse por la investigación fundamental en sí misma, movidos por la sola fuerza de la curiosidad intelectual y el esfuerzo de producir progresos sustanciales en la teoría. Les interesa la física de partículas elementales o de altas energías, por no ser ajenos al debate en la frontera de la cosmología sobre cómo se formó nuestro universo o en qué consiste su estructura íntima: la versión contemporánea de la eterna pregunta sobre qué somos y de dónde venimos. O se comprometen con investigaciones en las partes más abstractas de la aritmética y de la lógica matemática, no tanto por sus posibles impactos en la informática, sino por una atracción cultural y estética. Saben incluso que, en el largo plazo, es probable que su trabajo tenga implicaciones prácticas mucho más importantes que el de sus detractores y pueden citar grandes teorías físicas o matemáticas, tanto como diferentes métodos y algoritmos que se produjeron por necesidades intrínsecas de la ciencia y con posterioridad se revelaron profundamente fecundos en aplicaciones físicas y tecnológicas. Sostienen que no puede un científico mantenerse al paso de los desarrollos tecnológicos si no domina los fundamentos mismos de la ciencia previamente. La revolución de la electrónica y de los nuevos materiales, cuya comprensión requiere de la técnica cuántica; o la biotecnología que requiere de la biología y la genética moleculares se citan como ejemplo. Mu-

chas horas de debate y muchas páginas de documentos hemos llenado tratando de dilucidar si debemos hacer exclusivamente ciencia aplicada o si nos es permisible alguna inversión en ciencia puramente básica.

El debate, sin embargo, suele tomar la forma de "ciencia básica vs. ciencia aplicada": o la una o la otra. A nivel individual es cierto que la decisión es prácticamente total y fuertemente existencial; o consagra su vida al estudio de la ciencia básica: la ciencia por la ciencia, el ejercicio libre de la facultad de conocer, el placer casi estético unido a cada logro, el trabajo sobre los problemas fundamentales y universales del hombre; o busca prioritariamente la ciencia aplicada: su ejercicio a la resolución a corto plazo de problemas del desarrollo económico, de las urgencias sociales o de la siempre mal definida realidad nacional.

Empero, la ciencia no es una empresa individual. Estamos muy lejos de la época de los pioneros en el alba del renacimiento o de las caricaturas del científico encerrado en la torre de su castillo. Nuestro debate y la política que estamos construyendo se refieren a la ciencia como existe en el siglo XX y, de hecho, desde bastante antes. Esta es una empresa pública y universal, con un sujeto colectivo. La disyuntiva no es la que se le plantea al individuo aislado, sino al sujeto social: ¿deben todos los científicos colombianos dedicarse exclusivamente a tareas de ciencia aplicada, o pueden algunos de ellos consagrarse preferencialmente a temas más básicos, sin la presión de encontrar aplicaciones en el inmediato plazo? A nivel del sujeto social la angustia existencial disminuye, puesto que se trata sólo de saber si puede tolerarse que un cierto porcentaje de las personas y de los recursos materiales y financieros no conduzca a aplicaciones inmediatas. La respuesta es fácilmente afirmativa, no sólo por un espíritu de tolerancia o de bonhomía sino, y sobre todo, porque la buena ciencia aplicada sólo puede darse en un ambiente de verdadera ciencia.

Porque es cierto que se pueden hacer verdaderas innovaciones tecnológicas y aun contribuciones importantes a la ciencia básica desde las aplicaciones, pero esto sólo es posible en un ambiente cultural e intelectual adecuado, en un ambiente de ciencia generalizado. El estudio de los mismos ejemplos señalados arriba

lo muestra: el desarrollo de la termodinámica gozó de la interacción temprana entre los constructores de máquinas y quienes dominaban la teoría de las ecuaciones diferenciales; la química orgánica se desarrolló en simbiosis fuerte entre la industria alemana y el sistema de universidad investigativa de Humboldt y Bismarck. No es por casualidad que la misma sociedad en la cual se originaron las formas modernas de cooperación entre productores directos y usuarios del conocimiento favoreciera al mismo tiempo la constitución de laboratorios de investigación fundamental en las industrias y de cátedras y centros de investigación en las universidades. O que haya entendido que era necesario estimular y reconocer socialmente la profesión de investigador independiente en ciencias básicas, proporcionándole los medios y el ambiente propicios para subsistir y autorreproducirse de una generación a otra.

El concepto importante que no ha surgido en tanto debate estéril y que está tan poco desarrollado —por no decir ausente— de nuestro quehacer científico es el de simbiosis —el de colaboración mutuamente enriquecedora— entre quienes se consagran a buscar aplicaciones y quienes prefieren trabajar sobre el conocimiento mismo. Debemos superar la imagen omnipresente del investigador universitario consagrado al conocimiento puro y encerrado entre las fronteras de su especialidad tanto como la del innovador industrial con débiles rudimentos teóricos pretendiendo hacer innovación a base de empiria o del saber de bajo nivel que transmiten manuales y catálogos.

Hemos pagado una alta cuota por este encerramiento científico dentro de nuestras fronteras, mientras que otros países de nuestra misma región disfrutaban hoy de los beneficios de una política de sana apertura a las migraciones. Tanto por el talento y la capacidad de nuestros científicos como por nuestra ubicación territorial, tenemos responsabilidades con la ciencia universal en campos como las neurociencias, las ciencias del medio ambiente, la climatología, las ciencias de la tierra, la biodiversidad, etc. El cambio hacia el éxito y el brillo en el panorama mundial de la ciencia pasa además por consagrarse a profundizar en lo específico de nuestros problemas y necesidades nacionales. Está de-

mostrado que la indagación sobre nuestro entorno biológico, sobre nuestros problemas de salud pública, sobre nuestro medio físico, conduce a cuestiones universales cuando es abordada en toda su complejidad. Esto quiere decir, analizar nuestra realidad con mentalidad innovadora; estar dispuestos a abandonar, si el rigor de la investigación local así lo exigiera, las cómodas metodologías diseñadas y controladas desde afuera (afuera del objeto de estudio o de nuestras fronteras; para el caso es lo mismo). No se trata de promover el tropicalismo consistente en marginarse de las corrientes mundiales para buscar la novedad. Pero no se puede tampoco desconocer que lo específico tiene un enorme potencial de cuestionar los paradigmas supuestamente universales. Si alguna lección práctica, estratégica, puede deducirse de los esquemas kuhnnianos que modelan el avance científico en los centros, es que el desafío a los paradigmas de la ciencia convencional y la consecuente posibilidad de innovar, resultan de su confrontación con situaciones que originalmente escaparon a la consideración de los creadores de las estrategias de ciencia normal.

Otro aspecto de una estrategia como esta de fomento a varios enfoques y programas investigativos, es que no se limite a considerar la oferta de propuestas que surjan naturalmente de la comunidad científica. Las temáticas de investigación científica a las cuales debe apoyar el Estado no pueden estar determinadas por áreas y especialidades que eventualmente son el resultado de procesos centrados en el pequeño mundo de un asesor de otra latitud. El Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología tendrá la capacidad de convocar a los científicos nacionales y de otros países a investigar en problemas fundamentales y cruciales para el destino de los colombianos. Y debe hacerlo no sólo en el plano de la aplicación inmediata sino en el de la profundización y la más alta teorización. Ello nos permitirá producir avances de largo alcance y mayor envergadura, aportar al desarrollo del conocimiento universal e ir construyendo en el país escuelas de pensamiento.

En vez de fundamentarse en una confrontación antagónica de estrategias investigativas, una política realista para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en nuestro país debería promover una multiplicidad de avenidas organizadas dentro de un sistema. In-

dudablemente debemos participar en la investigación dentro de estrategias internacionales. Frente a los intensos procesos de intercomunicación característicos de la era de la mundialización científica, nuestros investigadores no pueden permanecer separados del mundo.

En lugar de continuar con el debate estéril y mal planteado entre ciencia básica y ciencia aplicada, debemos trabajar para remover los obstáculos culturales que separan la visión ornamental de la ciencia en el sector académico y la mentalidad refractaria de los empresarios a invertir en el conocimiento como factor central de la innovación tecnológica. Logrado esto, se podrá incorporar realmente el conocimiento como factor central de la innovación tecnológica y obtener el indispensable apoyo de la sociedad para realizar los programas de fomento a la investigación, de modernización y de apertura económica.

GRUPOS, REDES, COMUNIDADES Y EL MARCO INSTITUCIONAL

El sujeto de la moderna empresa científica es el grupo de investigación maduro o, si se quiere, consolidado⁵. Una reunión de individuos con mucha voluntad y tal vez con alguna formación, no constituye por sí solo un grupo consolidado. El grupo consolidado es un conjunto de investigadores de diferentes disciplinas y profesiones que comparten una misma estrategia innovadora, y se apoyan para tal efecto en un plan de trabajo que involucra técnicos y administradores, instrumentos de documentación y expe-

5 El término "grupo de investigación maduro" de alguna manera intenta traducir (transcribir, mejor dicho) el *laboratoire* francés en la forma en que lo usa Michel Callon o en que lo transcribe, como "laboratorio de investigación", Jorge Charun en "Estructura científica y entorno social", informe de la Misión de Ciencia y Tecnología, Tomo I Vol. 2 pp. 240-246). El concepto de grupo de investigación maduro también ha sido tratado por Villaveces en *Doctorados* J. H. Cárdenas (ed.) *op. cit.* L. C. Arboleda presenta una contribución al tema de los grupos muy parecida a la del presente documento, en el artículo "Innovar por la competencia" de próxima publicación en *Colombia, Ciencia y Tecnología*.

rimentación, medios financieros, relaciones políticas y algún grado de legitimidad institucional. En la realización de su estrategia investigativa, el grupo maduro establece necesariamente relaciones de cooperación y competencia por la innovación con sus pares de otros grupos y escuelas. Al menos en ciencias básicas, el instrumento más calificado para regular la competencia por la innovación es la participación regular y sistemática en las publicaciones y los congresos internacionales de mayor reconocimiento por parte de la comunidad de especialistas. El grupo maduro no se plantea la disyuntiva ciencia básica vs. ciencia aplicada. Hace ciencia relevante a nivel internacional (es decir, de reconocida dificultad y complejidad teórica) y se propone estrategias de aplicación con otros grupos organizados y de desarrollo tecnológico con industriales.

Por lo tanto el sujeto de la moderna empresa científica no es el individuo que corresponde a la imagen dieciochesca, heredera de Robinson Crusoe, de Sherlock Holmes, del Dr. Frankenstein o de Ciro Peraloca, símbolo del inventor original y distraído que exaltan las tiras cómicas. La figura providencial del autócrata de la ciencia de los siglos XVII y XVIII, creador de grandes paradigmas y muy a menudo dueño de la suerte de sus seguidores, ha sido reemplazada por la imagen del investigador desempeñando una multiplicidad de papeles y competencias. Tiene que ser simultáneamente innovador, maestro, gestor, diplomático, político y publicista. Para tener éxito en la investigación de un problema de relevancia internacional, el investigador principal debe movilizar una enorme variedad de recursos; es decir, dirigir un grupo maduro de investigación. No es que él ejecute todas y cada una de las funciones de las cuales es responsable como coordinador del grupo; pero su competencia no puede reducirse a las disciplinas que confluyen en su línea de investigación. En el caso de las agobiantes tareas administrativas, el investigador se apoya en los servicios especializados que ofrecen las instituciones. Sin embargo, al resolver las contingencias en la ejecución de sus proyectos sabe que en última instancia sólo puede confiar en su propia capacidad de gestión y control.

La institución es el espacio de operación del grupo consolidado y al mismo tiempo uno de los factores que intervienen en las múltiples negociaciones conducentes al desarrollo de su estrategia investigativa. Constituir la en el sujeto de la investigación es una deformación burocrática propia de sociedades en las cuales la dinámica investigativa es muy limitada y no ha alcanzado la suficiente legitimidad social por ella misma, o de sociedades autocráticas en donde las estrategias innovativas son altamente dependientes de los planes estatales. El *locus* de la investigación no es institución *del* conocimiento; es institución *para* el conocimiento. Las instituciones del conocimiento son los grupos, seminarios, redes, escuelas. Estos se establecen como asociaciones naturales entre científicos con el fin de desarrollar (en un mismo nodo o en una red de nodos afines) estrategias investigativas consensuales. Fortalecer estas asociaciones naturales se convierte en el objetivo fundamental de la política aun en el caso de grupos con alta movilidad temática o escuelas que "atacan" simultáneamente los mismos problemas fundamentales en varias disciplinas.

Como ya se ha mencionado antes, los grupos se autorregulan con el fin de garantizar la calidad de la investigación mediante un régimen de competencia, clasificación de papeles y categorías profesionales, criterios de arbitraje de conflictos, meritocracia, etc. Estos procedimientos estandarizados a nivel de la comunidad científica proporcionan las claves para la toma de decisiones con respecto a una política de asignación de recursos y de estímulo a los grupos. Por lo demás, los grupos se pueden evaluar y comparar mediante los siguientes indicadores de desarrollo: a) validación por la confrontación o sometimiento de sus estrategias a la prueba de la competencia y sanción por grupos y escuelas ya consagrados; b) producción original, continua y sostenida en la solución de problemas no triviales (es decir, que no son consecuencias directas de principios muy conocidos); c) capacidad de autorreproducción y de formación de jóvenes investigadores; d) proyección de sus propias estrategias innovadoras en otros grupos para formar escuela; e) lucidez para localizar e instalarse en nichos internacionales de originalidad; f) organización interna estable y coherente de las distintas especialidades del grupo, y g)

capacidad para formular propuestas y negociar la viabilidad de sus estrategias investigativas con el entorno. Los anteriores indicadores generales deberán concretarse y adecuarse en particular con base en la realidad de la situación de las ciencias básicas en el país. Con este fin es necesario elaborar un banco de datos que nos permita contar con estadísticas actualizadas y funcionales sobre redes, centros, grupos, investigadores y proyectos en las distintas áreas del conocimiento fundamental. La observación de la dinámica real de la investigación en el país, diferenciada por regiones e instituciones, deberá interrelacionarse con las corrientes mundiales de pensamiento. De aquí tendrá que resultar una metodología que nos permita evaluar sistemática y prontamente las tendencias de la innovación en nuestro país.

ESTRATEGIAS ESPECIALES

Fomento a grupos y redes

Sin algunas decenas de grupos de investigadores con una base general de conocimiento, con un nivel cultural capaz de seguir las innovaciones de nuestro tiempo y de intervenir creadoramente en algunas de ellas, no tendremos más remedio que continuar unidos al carro de la dependencia científica y tecnológica. Una de las mayores urgencias nacionales es la formación y consolidación de una capa social con un buen manejo del conocimiento, con una capacidad de apoyarse en los más recientes desarrollos tecnológicos y científicos para la toma de decisiones y la puesta en marcha de procesos: *una comunidad científica*⁶.

Para constituir esta comunidad es necesario continuar apoyando a los grupos de investigadores que ya alcanzaron etapas de productividad importantes; pero, sobre todo, es indispensable im-

6 La idea no es reciente: Saint-Simon aseguraba que lo único que necesitaba una nación para su desarrollo era una intelectualidad y un empresariado fuertes y bien constituidos (citado por Emilio Yunis en el taller sobre ciencias básicas organizado por Colciencias en 1991).

pulsar la formación de redes disciplinarias e interdisciplinarias a las que pertenezcan estos grupos, y en las cuales integren su trabajo con el de otros que trabajen en las mismas o en diversas áreas del saber. La política de apoyo a los grupos maduros no puede ser excluyente. En la búsqueda de posiciones de competencia en el manejo de estrategias de relevancia internacional, un grupo debe formar y adecuar recursos especializados, lograr cohesión interna entre sus innovadores, producir capacidad efectiva de negociación con su entorno y alcanzar una cierta visibilidad internacional. La política científica debe estimular por supuesto los grupos maduros. Pero también debe apoyar a aquellos que, en la competencia por la innovación, demuestran estar bien encaminados para alcanzar un nivel crítico de madurez de acuerdo con los estándares de calidad del trabajo investigativo.

Colombia no cuenta con un número suficiente de científicos e ingenieros con formación avanzada que respondan a las necesidades de una política de fomento a los grupos de investigación en ciencias básicas y en sus aplicaciones. Programas de capacitación como los de Colciencias y Colfuturo deben hacer parte de una política a largo plazo del país que le permita ubicarse en esta materia en posiciones comparables o superiores a las de países con parecido nivel de desarrollo. Los posgrados y, en especial, los doctorados son una forma importante de fomento a la investigación en ciencia básica; especialmente si se los abre a la interdisciplina promoviendo, por ejemplo, que investigadores en ciencias básicas médicas o agrarias reciban una sólida formación en biología o química, y que ingenieros expertos en materiales desarrollen su doctorado en ciencias físico-matemáticas. Es necesario impulsar la realización de tesis conjuntas entre universidades, institutos de investigación y empresas privadas, a través de las cuales se vaya creando la necesaria y compleja interrelación entre saber fundamental y aplicación tecnológica. En este sentido, resulta prioritario apoyar iniciativas de laboratorios y empresas que se han acercado bastante a las universidades desde hace ya algunos años, como los de la Federación de Cafeteros, algunos floricultores y otros exportadores, industriales de alimentos o de otros sectores. Debe relevarse y apoyarse la difusión de cursos especia-

lizados que permiten una actualización continua de los científicos colombianos y aquéllos orientados a establecer una interacción con empresarios de distintos sectores, buscando extender su acción a nuestros bloques regionales de influencia. Habría que generalizar las experiencias de industriales que se vinculan al esfuerzo nacional de formación avanzada en ciencias básicas, financiando planes concretos de capacitación científica de sus investigadores, ingenieros y cuadros directivos en los posgrados de las universidades, y creando puestos en sus laboratorios y unidades de investigación fundamental para emplear jóvenes posgraduados.

Tanto las áreas clásicas de la investigación, como las ciencias agropecuarias, las ciencias de la salud o las del mar, e inclusive las áreas más novedosas como la biotecnología o la ciencia de materiales, requieren de una fuerte interacción con las ciencias básicas que, además, han alcanzado un estado de madurez en el cual deben mostrar su relevancia para el país a través del diálogo y la interacción con los sectores más aplicados. Para esto los programas de posgrado y las redes en las cuales participen actores venidos de todos estos frentes son estrategia importante. Los doctorados han sido en todo el mundo uno de los mejores mecanismos para promover la investigación seria y la interacción fecunda. En suma, apoyo a los grupos ya constituidos, estímulo a la formación de redes y a todas las estrategias permanentes de formación de comunidad y respaldo a los programas doctorales son los puntos concretos de la política para el desarrollo de las ciencias básicas en el inmediato futuro y su incorporación efectiva y eficaz a la vida nacional.

Un complemento importante de esta política ha sido el establecimiento por parte de Colciencias de la red "Caldas": la red colombiana de investigadores en el exterior. Se busca así incentivar la incorporación activa de la comunidad científica colombiana radicada en el exterior en el trabajo especializado de los grupos, permitiéndoles que se vinculen a proyectos de investigación en ejecución o promoviendo su participación en otros nuevos, así como al proceso de reestructuración que se viene dando en el país.

Los doctorados

El tema de los doctorados ha sido abordado con particular interés y compromiso por parte de la comunidad científica colombiana en los dos últimos años. Se lo considera uno de los más importantes dispositivos del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología para impulsar la creación en áreas científicas, en áreas básicas y sociales, así como en la innovación tecnológica⁷.

La forma más extendida en el mundo de organización de la investigación en el seno de las universidades es a través de la formación doctoral. La investigación en ciencias básicas dentro de un grupo consolidado comporta habitualmente una estrategia de formación de uno o varios estudiantes doctorales. Este es el mecanismo más seguro para dar continuidad y extensión al grupo de investigación, y el grupo de investigación maduro es la plataforma científica más sólida para que se produzca y reproduzca una élite de investigadores en algunas áreas de relevancia nacional e internacional. Es en estos grupos en donde los jóvenes doctores, tanto los que han sido formados en programas locales como los que regresan del exterior, encuentran el ambiente que les permitirá continuar desarrollando su capacidad investigativa. El país tiene que aprender una importante lección para evitar que se repita la dolorosa experiencia de los decenios anteriores en la cual un buen número de doctores que retornaron a sus universidades de origen no encontraron ni las condiciones ni el ambiente para adelantar natural y oportunamente sus investigaciones. Los programas de doctorado entroncados de esta manera a la actividad de los grupos consolidados ofrecen además la ventaja de poder influir para que la enseñanza científica en los niveles inferiores

7 Véase a este respecto el libro *Doctorados. Reflexiones para la formulación de políticas en América Latina*, editado por J. H. Cárdenas y publicado recientemente por el CIID, la Universidad Nacional y Tercer Mundo. Casi todos los ensayos y comentarios preparatorios de este simposio contienen interesantes consideraciones sobre la investigación en la universidad. Mencionaremos en particular los de Virgilio Niño, "Hacia el desarrollo de las ciencias básicas en Colombia"; Sergio Fajardo, "Una reflexión acerca del futuro de las ciencias básicas en Colombia".

se oriente en la búsqueda de horizontes de renovación, espíritu crítico y pensamiento creativo.

Al establecer sus diferentes formas de cooperación y comunicación con base en estrategias investigativas compartidas, las redes y asociaciones de grupos propiciarán las condiciones adecuadas para integrar los esfuerzos de formación doctoral dentro de una misma área, evitando que la dispersión y el autonomismo repercutan en desmedro de su calidad y estabilidad. Igualmente la organización de grupos e investigadores en red permite compartir con otros nodos las ventajas de que dispone cada grupo en lo referente a su asociación con sus pares del extranjero y la experiencia de cada cual en canalizar hacia el país recursos de la cooperación internacional. Desde el punto de vista de los nuevos doctorados, la estrategia internacional de la red puede convertirse en un instrumento útil para adelantar principalmente las primeras etapas de los programas a través de modalidades de asociación con centros de excelencia, como el doctorado tipo "sandwich".

Estrategia de regionalización

La regionalización es una de las estrategias básicas del sistema nacional de ciencia y tecnología. En una época en que ya no son posibles el proteccionismo ni el dirigismo de estado, y en la cual la empresa de la innovación y la modernización es altamente compleja, costosa y competitiva, las estrategias regionales en investigación y desarrollo son un medio para aprovechar los recursos y potencialidades existentes en determinadas áreas geográficas. Una política equilibrada de regionalización científica y tecnológica tendrá que reconocer el desarrollo desigual de las regiones, para garantizar una cierta justicia distributiva y evitar que por la vía de una competencia "salvaje" las regiones más fuertes monopolicen los recursos y oportunidades. Aquí se observa una vez más que la estrategia de redes y asociaciones científicas es el mecanismo privilegiado para el desarrollo científico y tecnológico de las regiones. Por grande que sea el esfuerzo, por masiva que sea la financiación, un grupo de investigadores de una universi-

dad regional no podrá entrar en los circuitos de la ciencia y mantenerse vigente en ellos si no establece lazos de comunicación permanente con sus pares en el país y el extranjero.

Lo regional en el sistema de investigación y desarrollo se define por la concertación activa entre universidades, laboratorios y centros de investigación públicos y privados, cámaras de comercio, agencias del estado, etc. En este espacio se tejen las relaciones de las redes de innovadores, para el adelantamiento de estrategias regionales de investigación. En sus líneas fundamentales, esta concertación regional hace parte de las estrategias nacionales de los programas. Por eso como interlocutor del Estado y los sectores de la producción en una empresa de envergadura nacional, la región no puede realizar el propósito de llegar a la mayoría de edad sin desplegar su propia inteligencia (*sapere aude* de Kant), y neutralizar al mismo tiempo los feudalismos locales y las mentalidades provinciales.

CONCLUSIONES

En el presente documento hemos insistido sobre la importancia y conveniencia de adelantar las actividades en ciencias básicas en el espíritu de la moderna empresa científica. Nos referimos a ese talante de compromiso racional con la ciencia que se ha puesto de presente en todas las actividades innovadoras, y que ha conducido a los forjadores de los grandes hitos de la historia de la ciencia, ya por placer, ya por curiosidad, ya por cultura, a la aventura de indagar sobre los fundamentos de las cosas. Hace doscientos años la ciencia se convirtió en una profesión en el sentido del término, alcanzando un impacto tan extraordinario en los cambios del mundo en el siglo XIX, que los aspectos sociales de su desempeño se impusieron sobre las tradicionales formas individuales que marcaron las actividades de los creadores solitarios de paradigmas.

El imaginario colectivo ha rebajado la valoración de lo social dentro de la empresa de la ciencia, impresionado por los relatos fantásticos de la historia de héroes y precursores en la cual no cabe, como se sabe, la consideración sobre los procesos y los

contextos. No hay duda de que debemos reivindicar en todo momento ese espíritu de gran empresa de autores de revoluciones en los sistemas de pensamiento tipo Copérnico, Newton o Leibniz. Los ingentes esfuerzos que conlleva a los individuos en todas las épocas y más en la nuestra el quehacer científico, encuentran en estos ejemplos la comprobación de lo que implica consagrarse a los altos valores del trabajo intelectual por sí mismo. En el caso de los desarrollos anteriores y presentes de la ciencia en nuestro país, ideales como éstos han contribuido, más que la política del Estado, a movilizar la capacidad de los investigadores y a perseverar en su empeño creativo independientemente de las condiciones desestimulantes del entorno. En estos casos el ideal ha servido como el elemento catalizador para que los individuos y grupos desplieguen iniciativas prácticas y esquemas organizativos que les han permitido negociar con las condiciones del medio la viabilidad de su proyecto innovador. Así se ha forjado la mentalidad intelectual y de mayoría de edad del reducido número de nuestros científicos creadores que hoy es un patrimonio de la nación colombiana.

Sin embargo, como ya ha sido analizado anteriormente, dado que esta labor supera las capacidades de los individuos aislados, éstos deben asociar sus talentos en redes y grupos. Las actividades complejas, altamente especializadas y muy costosas de la investigación contemporánea, en el acto de su realización entran en circuitos de redes y grupos científicos y no-científicos. Tanto más cuando se trata de dar respuesta a preguntas fundamentales en las cuales muy probablemente se está jugando la suerte de colectividades enteras. Así pues, para la realización de la empresa científica moderna, además de ideales movilizados, se hacen indispensables la intervención de al menos tres factores de orden social y organizacional: a) formación especializada de los futuros investigadores; b) normas de competencias y reglas deontológicas y operativas; c) remuneración del trabajo y financiación de las investigaciones. En el caso de nuestro país no pasan de unas tres o cuatro decenas los grupos consolidados que satisfacen estas características y que, por consiguiente, están en condiciones de responder a las exigencias que se les formulan en el espíritu de gran empresa científica. Una buena parte de los más exitosos

combinan los factores anteriores, pero como rasgo significativo se desenvuelven por fuera de las universidades; se han originado en ellas, mantienen con ellas fecundas relaciones de investigación y docencia especializada, pero no funcionan en las universidades. Como tantos otros que hoy se debaten en contradicciones y conflictos por convivir con estructuras universitarias anquilosadas en la enseñanza y por lo tanto refractarias a la investigación, aquellos grupos fueron obligados en su momento a buscar, por fuera de las universidades, los espacios institucionales que les fueran favorables a la creatividad.

Independientemente de su localización institucional, la estrategia de grupos y redes que anteriormente hemos esbozado está orientada a convencer a estos colectivos de investigación para que lideren dentro de sus comunidades tres procesos en donde nos parece que se deben concentrar los esfuerzos por desarrollar la empresa del conocimiento en el país: a) la proyección con visión audaz de innovadores desde el entorno cultural y social del país al mundo científico; b) mantener una interacción continua de cooperación y competencia con sus pares del extranjero; c) vincular su capacidad investigativa a los sectores de la producción y a la satisfacción de necesidades sociales.

De esta manera podríamos todos, investigadores, industriales y empresarios, sector político y sociedad civil, converger dentro de un propósito compartido a promover una dinámica de innovación en ciencias básicas que lentamente se ha venido generando en el país en el presente período.

Capítulo 2

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS.

ENTENDER Y ANTICIPAR LA MODERNIDAD

Vivimos en una nación sumida en múltiples dificultades, transida por la inequidad y la violencia, inmersa en uno de los procesos de modernización más acelerados y convulsionados del orbe. Las grandes reformas institucionales han abierto algunos espacios sociales y políticos, pero aún queda mucho camino por recorrer.

El general desconocimiento de las razones profundas de tales dolencias nos ofrece el apasionante reto de abordarlas con un enfoque científico y una intención humanista, que le den cabida a múltiples culturas.

Parece inconcebible que la importancia de la comprensión de las actividades que fundamentan y desarrollan el pensamiento social aún no haya logrado un consenso en muchas sociedades latinoamericanas, entre ellas la nuestra.

Paradójicamente, esta situación nos conmina a un ejercicio tan sano para el desarrollo de la comunidad científica como es el de sustentar ante el país la legitimidad de las ciencias sociales y humanas.

Se trata de un tema riquísimo, en la doble acepción del término. Científicos sociales, estudiantes universitarios de las disciplinas sociales, tomadores de decisiones en los sectores público y privado, comunidades y actores sociales diversos, harían bien en volver a preguntarse: ¿para qué sirven las ciencias sociales y humanas? ¿Cuál es su papel y su estatuto en el contexto de los de-

más saberes? La respuesta a este interrogante podría llevarnos en distintas direcciones:

1. Es claro que las ciencias sociales y humanas son ya una "función ordinaria de la cultura"¹; vale decir, es inconcebible hoy una sociedad que no se piense a sí misma y a su entorno, de la misma manera que es inconcebible una que no produzca pintura, literatura, música, etc.
 2. Cada vez más, las ciencias sociales y humanas se integran a un sistema muy complejo de toma de decisiones cualificadas. La acción del Estado y de las demás instituciones sociales implica un conocimiento, que ya no puede ser solamente intuitivo, de un tejido social cada vez más complejo y hendido por relaciones profundas y distantes. En la gestión de la modernización y de la internacionalización y del ordenamiento territorial, en el acompañamiento que debe hacerse a la democracia, en la promoción del desarrollo de las identidades y la etnodiversidad, las ciencias sociales y humanas son necesarias. Podríamos pensar este aspecto como la función positiva de nuestras disciplinas; la mostración inmediata de su "pertinencia".
 3. Pero las ciencias sociales y humanas también deben ser valoradas por su "impertinencia", por su capacidad de erigirse en "conciencia crítica de su sociedad" y de su tiempo. Contrariamente a como pudiera aparecer, la "pertinencia" y la "impertinencia" no son incompatibles. La crítica da a los actores sociales la capacidad de repensar sus intereses a largo plazo y reajustar sus estrategias a la perspectiva más global que ofrece el análisis científico.
 4. Nuestras ciencias sociales y humanas han de participar también en ese gran emprendimiento que es la reflexión global sobre la naturaleza y la estructura de nuestras sociedades, y
- 1 La expresión es de Francisco Romero, citado en Hoyos G.: "Perspectiva y prospectiva de la filosofía en Colombia", en Echeverri de Ferrufino, Gutiérrez, Hoyos, Mías, Pineda, Zuluaga (compiladores): *Ciencias Sociales en Colombia 1991*, Bogotá, 1991.

en general sobre los mecanismos que articulan la vida en sociedad y los cambios que se generan en ésta. De nuestra capacidad de crear este tipo de conocimiento, de participar en la reflexión universal sobre tales asuntos a partir de problemas y temas ligados con la realidad nacional, depende en buena medida que podamos integrarnos creativamente, en calidad de sujeto y de igual a igual, a las grandes corrientes del pensamiento mundial.

5. Las ciencias sociales y humanas tienen entre sus misiones una reflexión crítica sobre el saber científico, pues son hombres quienes lo producen, hombres quienes pueden usufructuarlo, hombres quienes lo piensan y lo sufren. Esta reflexión abarca diferentes áreas, todas vitales para quienes en Colombia nos hemos comprometido con la construcción de un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. ¿Cuál es el significado de este objetivo; cómo alcanzarlo? ¿Cuál es el perfil de nuestras comunidades científicas y en qué se parecen y diferencian de otras? ¿Cuáles son los límites del saber científico y sus espacios de intersección con otros saberes? ¿Qué podemos aprender de la historia de la ciencia nacional y de los éxitos y fracasos de las estrategias cognitivas adoptadas por nuestros científicos y pensadores? Estas preguntas, y otras semejantes, abren frentes de reflexión cuyas repercusiones son importantes para el conjunto de las ciencias en Colombia.

LA COMUNIDAD CIENTIFICA EN NUESTRO PAIS

Sólo una comunidad científica sólida logrará que las ciencias sociales y humanas respondan a las exigencias de nuestro tiempo. Pero, en este terreno, una evaluación equilibrada sólo puede hacerse después de una adecuada delimitación temporal. Aunque con un patrimonio de brillantísimos precursores, las ciencias sociales colombianas sólo empezaron a institucionalizarse y a convertirse en profesiones hace muy poco. Desde esta perspectiva,

se podría afirmar sin mayores problemas que no han pasado más de dos generaciones de investigadores sociales en el país.

Las décadas de los años sesenta y setenta fueron un semillero de intelectuales y de trabajos innovativos y de ruptura, siempre ligados a la discusión ideológica y programática. La situación desembocó en un punto muerto seguido de, en la expresión de Restrepo Yusti, “una diáspora paradigmática”. Los últimos diez años, sin conocer un claro relevo generacional, han visto un claro crecimiento de la interacción cada vez más positiva entre las ciencias sociales y humanas y el Estado. El florecimiento de las consultorías, la ubicación de científicos sociales en posiciones de responsabilidad, incluso el interés de los medios masivos de comunicación por volver a una sociedad cuyo comportamiento y reacciones se consideran “extraños”, así lo atestiguan. Sin embargo, quizá hemos pasado al esquema de un pragmatismo carente de armas teóricas que permita fundamentar mejor tanto la acción como la crítica.

Las ciencias sociales y humanas en Colombia han hecho múltiples aportes, tanto a la sociedad en la que actúan como al ámbito intelectual en el que se mueven. Campos de investigación como los estudios sobre violencia, la historia y la sociología de las regiones, los movimientos sociales, la arqueología precolombina y la antropología médica, entre otros, parten de problemas específicamente colombianos pero se articulan a problemáticas que concitan el interés universal.

Nuestra actividad de investigación se desarrolla en medio de grandes dificultades. Aventuremos un perfil básico de los escollos que enfrenta la comunidad de científicos sociales en Colombia:

1. Falta de vinculación en calidad de sujeto con las corrientes de reflexión internacional. Estas últimas, si llegan al país, lo hacen como “productos terminados” y desatan reacciones efímeras, incapaces de convertirnos en interlocutores válidos. Incluso en disciplinas como la economía, la visibilidad internacional de las ciencias sociales colombianas no es muy am-

plia, ni siquiera en el contexto latinoamericano². Tanto en términos teóricos como metodológicos, su capacidad de trabajar en forma interdisciplinaria con otras ciencias, su destreza para hacer formulaciones de un cierto grado de abstracción, aún deben potenciarse muchísimo. Se debe hacer especial énfasis en la falta de vinculación con el contexto latinoamericano, en dos sentidos: no hay una interacción constante con pares latinoamericanos; y no se han estudiado a profundidad las estrategias —políticas y cognitivas— de aquellos países del subcontinente (Brasil constituiría un buen ejemplo) que al menos en algunas áreas sí han logrado integrarse a la ciencia-mundo.

Un intento de explicación podría encontrar diversas razones. En primer lugar, la financiación de las ciencias sociales y humanas está fundamentalmente orientada hacia la solución de problemas inmediatos, inclusive cuando se hace con recursos de la cooperación internacional. En segundo lugar, el “ideal de lo práctico” encarna en actitudes individuales y colectivas que, con mucha frecuencia, son reveladoras de una cómoda renuncia a la reflexión de largo alcance, que dejaríamos a nuestros colegas de países que se pueden dar ese lujo. Se trata de una visión popular, pero que a veces encuentra también aceptación entre la comunidad científica. Se argumenta que no tenemos que preocuparnos por la producción teórica. ¡Como si pudiéramos darnos el lujo de vivir sin ella! En tercer lugar, la falta de destrezas, de rutinas, de tradiciones intelectuales autónomas, constituye un peso muerto que sólo mediante una labor de encuentros y reflexión en el largo plazo puede ser superado.

2 Véase Zuluaga J.: “Perspectivas y prospectiva de la economía en Colombia”, en *Ciencias Sociales 1991*. Es verdad que, como lo anota el propio Zuluaga, el indicador usado —número de artículos publicados en revistas internacionales— no es el mejor. Se puede formular la hipótesis de que un conjunto de indicadores que diera una visión más completa, no arrojaría en este terreno un resultado fundamentalmente distinto.

2. Dispersión, falta de comunicación. En la actualidad, es virtualmente imposible suscitar un diálogo continuo y estable entre los científicos sociales del país, por falta de espacios y de instrumentos adecuados. De hecho, aquí está en cuestión la existencia misma de una comunidad científica.
3. Dificultades para la formación de personal científico. Factores como la estrechez financiera, la orientación exclusiva hacia la docencia o hacia otras actividades diferentes de la investigación, dificultan la renovación de la comunidad.
4. Problemas de oferta de educación de posgrado. Los programas de maestría tienen, en una alta proporción, un carácter profesionalizante con énfasis en la obtención de conocimientos generales; aparte de la filosofía, no hay doctorados en ciencias sociales en Colombia. La formación a través de la investigación, el contacto entre científicos maduros y jóvenes de talento, la posibilidad de que se consoliden escuelas de pensamiento, se ven por esta razón limitadas.
5. Altísima concentración territorial de la investigación social en Bogotá, Medellín y Cali. Naturalmente, tal concentración puede verse desde una doble óptica: en tanto "anomalía" y en tanto "patrimonio". La cuestión consiste en utilizar el patrimonio (tradiciones, conocimientos, destrezas, vínculos) para superar la anomalía (es decir, que gran parte del país sea únicamente objeto del saber social).
6. La financiación es precaria. De ello dimanan muchas de las especificidades de nuestra comunidad científica: fragilidad de los grupos de investigación, relación compleja con las instancias institucionales, persistencia de modalidades artesanales, mercado laboral relativamente deprimido. Todo ello dificulta los procesos de creación del conocimiento.

EXPOSICION A LAS CORRIENTES INTERNACIONALES DE PENSAMIENTO

En acápites anteriores, hemos subrayado varias veces la preocupación por articular dos momentos claves de la producción inte-

lectual: la capacidad de formular teoría propia y la exposición a las corrientes internacionales de pensamiento. Hace un par de lustros, nuestra comunidad tendía a pensar uno y otro polo en términos de una disyuntiva excluyente. Habría, en cambio, que ver cómo cada uno refuerza y deviene condición del pleno desarrollo del otro.

Esta es la propuesta: partir de nuestra problemática para integrarse a las corrientes del pensamiento mundial en calidad de sujeto. Es una idea que hace parte de nuestras tradiciones intelectuales —se encuentra desarrollada en Nieto Arteta, por ejemplo— y que conserva toda su vigencia.

ESTAMOS EN UN PUNTO DE INFLEXION

La idea de “ir hacia el mundo” no nace de un embeleco coyuntural ni depende de políticas del momento que pueden o no durar. Es que nos encontramos en un punto de inflexión, en el que esa gran saga cognitiva que han significado en nuestro siglo las ciencias sociales y humanas está llegando a un punto culminante.

Es ya un lugar común referirse al fin de los “grandes relatos”. En ese sentido, nos vemos frente a una enorme ruptura. Pero un análisis un poco más fino nos conduciría a identificar también elementos de continuidad, de permanencia: debates que se han llenado de contenido a través de décadas de reflexión y de investigación. Así, continuidad y ruptura nos ofrecen un riquísimo panorama de preocupaciones teóricas que cada día aportan más y más elementos de investigación, sea a través de nuevos conceptos, sea a través de descubrimientos y nuevas herramientas. Nos permitimos dar una abigarrada síntesis de algunas de estas preocupaciones:

1. La discusión acerca del concepto de racionalidad, que ya desde principios de siglo copó amplios espacios en el ámbito académico europeo, particularmente en el mundo germano-parlante que, con el desarrollo de ópticas que hacían énfasis en los límites y las determinaciones de la racionalidad, se

encontró ante un conjunto de preguntas fundamentales: ¿cómo redefinir el proceso de conocimiento a la luz de los nuevos descubrimientos acerca de las estructuras que determinan al hombre en sociedad? ¿Cómo establecer criterios de verdad que de alguna manera tengan validez intersubjetiva y al mismo tiempo contemplen los determinantes sociales? ¿Es posible en realidad, no digamos ya una práctica social racional, sino un conocimiento racional de la práctica social? El programa ilustrado quedaba así decisivamente en entredicho, para dar paso a una hermenéutica de la praxis social. Weber se planteó el problema desde otro ángulo y trató de resolverlo con el famoso "Principio del chino" ("una demostración científica metódicamente correcta en el ámbito de las ciencias sociales, si pretende haber alcanzado su fin, tiene que ser reconocida como correcta también por un chino"³). Pero esta propuesta de validación por medio de la intersubjetividad universal partía de la existencia de hombres cognitivamente indiferenciados, renunciando a los dos grandes descubrimientos de Rousseau (el hombre europeo no es un patrón válido de la humanidad y el saber se articula con el poder). Años después, la escuela de Frankfort buscaría establecer una "teoría crítica" integradora: el conocimiento de la sociedad y la naturaleza quedaba indisolublemente ligado a la puesta al descubierto de los mecanismos íntimos de la sintaxis a partir de la cual se formulaba tal conocimiento. Al revertir sobre los móviles y las determinaciones del discurso, las ciencias sociales de nuestro tiempo se caracterizarán por la *vigilia*.

La *vigilia* ha convertido a las ciencias sociales y humanas en un discurso típicamente autorreferenciado; uno de sus primeros temas es el qué y el cómo de la desconfianza hacia sí mismas. Es contra este telón de fondo que se produce el derrumbe de los grandes edificios conceptuales. Las ciencias

3 En Weber: *El problema de la irracionalidad en las ciencias sociales*, Editorial Tecnos, Madrid, 1985.

sociales, desde entonces, “conocen la penitencia”, en expresión de Balandier. “Se mueven, se alejan de los sistemas de referencia y de los modos explicativos que las han orientado durante varias décadas, cambian de objeto e interrogan — ellas también— su saber”⁴.

2. La rehistorización de las ciencias sociales y humanas tiene lugar en el contexto de una descomposición de la idea de “verdad objetiva” que, en las llamadas ciencias exactas, ha sido reemplazada por otra: la de la investigación como “diálogo con la naturaleza” (Heisenberg).

Si el significado fundamental de la historia para las ciencias sociales es ayudarles a formar una “visión” para acercarse analíticamente a la transformación y la interacción dinámica⁵, sus contribuciones metodológicas se presentarían a cuatro niveles: encontrar diversos tipos de regularidades; contribuir a una teoría del cambio que escape al reduccionismo; identificar interacciones complejas, únicas e irreversibles; generar un marco general para las predicciones⁶.

3. La vigencia del “Principio del chino”: hay que conquistar la intersubjetividad a través de un trabajo comprobable por un observador ulterior cualquiera. Así, se pone énfasis en el rigor metodológico y la capacidad de abstracción del análisis social como correlato necesario de su relatividad⁷. El desarrollo y refinamiento de las capacidades analíticas, el uso de herramientas cada vez más sofisticadas, la capacidad de generar poderosas “teorías de alcance medio”, el descubrimiento de nuevos campos de elaboración de metáforas a través de modelos formales cada vez más elaborados y completos,

4 Balandier, G.: *El desorden*, Gedisa, Barcelona, 1989.

5 Hobsbawn, E.: “The contribution of history to social science”, en *International Science Journal* No. 4, 1981.

6 *Ibid.*

7 Una idea semejante está expresada en Sarmiento A. Libardo: “Programa de prospectiva y ciencias sociales”, en autores varios: *Ciencia y tecnología para una sociedad abierta*, Colciencias-DNP, sin fecha.

constituyen tendencias fuertes de las ciencias sociales y humanas.

El campo de problemas anteriormente esbozado ha permitido formular y enriquecer debates de primera línea, como modernidad-posmodernidad, regularidades sociales y caos, racionalidad, fin (en su doble acepción) y dirección de la historia, ética y justicia distributiva, modelos viables de sociedad, orden internacional, manejo de los problemas globales, gobernabilidad, etc. Tenemos una perspectiva y un bagaje lo suficientemente específicos como para saber que podríamos decir algo nuevo en estos temas.

OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS

Recogiendo el hilo de nuestra argumentación, los investigadores en ciencias sociales y humanas están en posibilidad de enfrentarse a los grandes retos que ofrece nuestra compleja realidad y a la vez integrarse a la ciencia-mundo en calidad de sujetos activos. Estos dos objetivos se retroalimentan y refuerzan. La única manera de conquistarlos es a través de la consolidación y legitimación de la comunidad científica, y de la elevación significativa del nivel de la investigación en ciencias sociales y humanas, procesos que deben apoyarse en:

1. *La generación de un lenguaje común* entre diversas instancias (entidades financiadoras, universidades públicas y privadas, centros de investigación, asociaciones científicas) sobre los requisitos mínimos que se le exigen a un aceptable proyecto de investigación social. Esto ayudaría a superar dificultades tales como la doble tramitación (interna y de la entidad financiadora) de las propuestas, con exigencias que a veces son bastante contradictorias. Permitiría igualmente hacer mucho más transparentes las reglas de juego, acercándolas a todos los investigadores, incluidos los jóvenes y de provincia.
2. *Financiación*: Se deben buscar incansablemente dineros adicionales para las ciencias sociales y humanas, que han estado

crónicamente subfinanciadas. Una herramienta particularmente importante en este contexto es la formación de fondos comunes con otras entidades e instituciones, de modo tal que cada peso del programa se transforme en dos o tres. Hay que demostrar a la cooperación internacional la posibilidad y necesidad de que el país desarrolle investigación con un componente teórico significativo. La contrapartida necesaria es un alto sentido de la responsabilidad de los científicos sociales y un claro compromiso para elevar el nivel de la investigación y la calidad de la gestión científica y tecnológica.

3. *Pluralismo*: Es preciso rechazar con decisión cualquier enfoque que tienda a crear o perpetuar monopolios teóricos, temáticos, institucionales o de cualquier otra clase. Existen en las ciencias sociales y humanas múltiples proyectos posibles, múltiples sentidos de pertenencia e imaginarios de futuro que, en lugar de intentar conquistar privilegios *ex ante*, tendrán que demostrar su viabilidad académica y científica.
4. *Enfasis en las investigaciones que, partiendo de problemas nacionales, se propongan objetivos teóricos de largo alcance*: El manejo de recursos escasos implica formular estrategias de optimización. Si hemos de ser coherentes con la concepción pluralista, aquéllas no serán excluyentes. El conjunto de problemáticas sociales que ofrece Colombia al investigador es complejo y variopinto; y la veta de riquezas de nuestras identidades en construcción es lo suficientemente rica como para tener ocupados durante años a decenas de humanistas de primer nivel. La concepción de "nacional" no ha de ser, por supuesto, frívola y estrecha. Colombiano es todo lo que se deriva de nuestra posición en el mundo. Particularmente, América Latina es un problema colombiano. Y también nos atañe el pensamiento abstracto.
5. *Rigor teórico y metodológico*: Si las ciencias sociales colombianas creen en su compromiso con el país y con el pensamiento y la cultura contemporáneos, entonces nada puede ser pretexto para la ligereza intelectual y el ensayismo fácil. Quien presente un proyecto de investigación en ciencias sociales y humanas debe estar preparado para contestar las pre-

guntas más severas con relación a qué va a tratar su propuesta y cómo la va a desarrollar.

No basta con el discurso de la excelencia. Precísase desde el pregrado la exposición continua a las corrientes internacionales de pensamiento, el abordaje de la "gran interdisciplina" (vale decir, entre las ciencias sociales y entre éstas y las matemáticas, las ciencias naturales, etc.), el manejo de al menos una lengua además de la materna (en una buena porción de los casos, aprendizaje de la materna), confrontación y crítica permanentes.

6. *Apoyo a las redes, particularmente a aquellas que tienen vínculos internacionales:* Las redes pueden cumplir a la vez varios objetivos de enorme importancia. Primero, garantizar la comunicación entre los investigadores. Segundo, permitir la circulación de material impreso y servir de enlace entre el investigador y las instancias de difusión. En tercer lugar, articular a los investigadores más fogueados y cualificados con aquellos que comienzan o que están ubicados lejos de los centros de producción intelectual, lo que nos acercaría a la descentralización de la investigación social en el país aprovechando el significativo patrimonio que se ha acumulado en Bogotá, Medellín y Cali. En cuarto lugar, fortalecer la presencia internacional del país. En quinto lugar, facilitar la obtención de financiación para el programa. En sexto lugar, servir de base para investigaciones empíricas serias que se propongan una evaluación fina de la situación de la comunidad científica.
7. *Formación de investigadores y de grupos de investigación en todo el país:* Colombia pasa por profundos procesos de cambio, que requieren de un enorme volumen de investigación social básica, aplicada o con ambos componentes. Un ejemplo claro de ello es la descentralización (en su doble dimensión regionalizadora y municipalizadora). Siempre que sea posible, hay que exigirle a todas las instituciones que desarrollen trabajo de campo, un componente de formación y, muy particularmente, de uso de investigadores auxiliares de la región o de la localidad respectiva.

8. *Difusión*: Es preciso estudiar detalladamente las experiencias exitosas de publicaciones periódicas y de fondos editoriales en ciencias sociales y humanas, sin ir a caer en la trampa del apoyo disperso y paternalista a pequeñas publicaciones, pobres desde el punto de vista de la forma y el contenido. Por el contrario, el apoyo debe darse a grupos dinámicos, ojalá con colaboradores internacionales, con un adecuado equilibrio entre autores consagrados y jóvenes. Es importante también estimular enérgicamente la publicación en revistas internacionales.
9. *Impulso a la formación a nivel de posgrado, muy particularmente a la doctoral*: No hay una manera mejor de garantizar la reproducción de la comunidad científica y de impulsar la verdadera investigación universitaria.
Hay al menos tres condiciones para que esto pueda hacerse realidad: la existencia de grupos consolidados que actúen como núcleo del programa; líneas de investigación en permanente evolución y desarrollo; vínculos internacionales adecuados. El doctorado debe ser sinónimo de capacidad de producir conocimientos especializados y de punta, cuya validez será juzgada por comunidades científicas dueñas de destrezas, tradiciones y conocimientos avanzados.
Allí donde no se cumplan las condiciones, el primer paso será la formación doctoral en el exterior. Particular atención se prestará a los doctorados que se construyen con modalidades "sandwich" y un componente de interinstitucionalidad.
10. *Dinamización de la interacción entre investigadores, grupos, escuelas de pensamiento, sobre la base del fortalecimiento institucional y el equilibrio de poderes*: Una de las características de una comunidad científica relativamente consolidada es la permanente confrontación entre sus diversos actores. Es posible imaginar un "espacio" en donde puedan coexistir instituciones y tendencias distintas o contrapuestas, exponiendo continuamente a la crítica sus tesis y resultados de investigación.
Redes, comunidades de evaluadores, grupos de investigación pujantes, centros prestigiosos, institutos y universidades,

cooperarán para garantizar unas reglas de juego básicas, competirán por "territorios" y recursos, colaborarán en proyectos conjuntos. En este escenario ideal, la posibilidad de participación de jóvenes y "herejes" y la paulatina creación de mecanismos autorreguladores fuertes garantizan la vitalidad y capacidad de reproducción de la comunidad científica en ciencias sociales y humanas.

CONCLUSIONES

La primera etapa de conformación de una comunidad de las ciencias sociales y humanas integrada a su entorno, a través del consenso o la divergencia, ya fue recorrida. Se gestaron los grupos, se aprehendieron los paradigmas fundamentales, se comenzó a incidir en las esferas que toman las decisiones en el país.

Hoy se impone la necesidad de sobrepasar la etapa de los grupos aislados y emprender conscientemente la construcción de la comunidad científica. Las ideas esbozadas en esta intervención, los documentos elaborados por los ensayistas, los comentarios críticos que ustedes hicieron llegar, las reuniones preparatorias, las orientaciones del Consejo del Programa Nacional, han propuesto caminos que en su diversidad confluyen, precisamente a través de la confrontación que hoy se inicia, y el consenso sobre los criterios globales que nos aprestamos a construir.

La responsabilidad es grande porque los textos que contienen nuestras reflexiones han de orientar por un buen tiempo no sólo a nuestros discípulos sino —a eso aspiramos— a una sociedad que despierta a la necesidad de pensarse.

Capítulo 3

DESARROLLO TECNOLÓGICO, INDUSTRIAL Y CALIDAD. CONOCIMIENTO Y COMPETITIVIDAD

INTRODUCCION: LA COMPETITIVIDAD SOSTENIBLE

El mejoramiento de la competitividad de los sectores productivos del país es la clave para acelerar las tasas de crecimiento económico y la mejor opción que tiene nuestra sociedad para asegurar el avance sostenido de las condiciones de vida de nuestra población.

Los mecanismos tradicionales de protección de la industria vienen desmontándose y las empresas nacionales están replanteando rápidamente su misión. La alternativa de mayor realismo parece ser la de aprestarse a la competencia internacional. Aprovechar para ello ventajas tradicionales como la mano de obra barata, la proximidad a las fuentes de recursos naturales o, inclusive, las economías de escala o el dominio de las estructuras de mercadeo nacionales, ya no parece ser suficiente para la sobrevivencia de nuestras empresas. La innovación, la calidad, el dominio del conocimiento científico y la capacidad de convertirlo en industria, surgen como los determinantes fundamentales de la competitividad en nuestro tiempo.

Sesgar las estrategias de las industrias hacia un énfasis en la creación de valor agregado de alta calificación en toda la cadena que va desde la planeación y el diseño, pasando por la producción, hasta el mismo consumo, es la política industrial natural en ese nuevo contexto; en él resulta comprensible que se desconfíe

de las formas fáciles y trilladas de búsqueda del éxito en la gestión de las empresas.

El paso de la producción masiva a la producción flexible está cuestionando el esquema tradicional de competir con base en economías de escala. En cambio, una organización social que privilegia la creatividad del recurso humano, el uso intensivo del conocimiento en todas las etapas del proceso productivo y la mayor preocupación por las condiciones de uso de los servicios y consumo de los productos, surge como el modelo empresarial del futuro.

Las empresas que alcanzan los más altos estándares de competitividad internacional son las que logran las más altas tasas de rentabilidad y de crecimiento. En todos los casos lo han logrado porque a la preocupación por la eficiencia, a un monitoreo obsesivo del mercado, le han agregado la inteligencia y el dominio del conocimiento tecnológico, y una comprensión de que quienes producen y quienes consumen son seres pensantes. Tecnología y calidad para ellas no son datos existentes, ni variables exógenas al proceso productivo. Son empresas del conocimiento y la información, así produzcan bienes de consumo diario o presten servicios al público.

La tecnología y la calidad están en el corazón de su estrategia corporativa para la competencia a largo plazo. Mediante la apropiación del conocimiento científico y tecnológico y políticas de calidad total, generan una competitividad sostenible para conquistar nuevos mercados y permanecer en ellos.

Se requieren sin duda políticas gubernamentales de fomento a la innovación y la calidad porque el sector empresarial necesita contar por lo menos con el mismo instrumental de apoyo con que cuentan las empresas de otros países con los cuales, de fuerza, debemos competir. Los subsidios no han desaparecido en las naciones industrializadas; sólo se han trasladado del producto final hacia los factores de producción, especialmente hacia la tecnología.

Pero la mejor política de reconversión y modernización del aparato productivo es la que propicia el desarrollo empresarial para innovar y producir bienes de alta calidad y diseño. Las empresas que desarrollen un liderazgo en investigación y desarrollo, en la vinculación de científicos al proceso productivo, en la planeación

estratégica de la tecnología y en la búsqueda de una relación permanente con la universidad y los centros del conocimiento, seguramente convertirán las dificultades de la apertura en ventajas.

El Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad le propone a los industriales colombianos varias estrategias para mejorar su competitividad y aprovechar los beneficios que ofrece la apertura:

a) *Apropiación y adaptación de tecnologías en la empresa.*

Los empresarios deben descubrir qué tecnologías refuerzan su estrategia competitiva y diseñar los planes para su desarrollo y apropiación. Los pequeños desarrollos tecnológicos y las adaptaciones son una parte importante del activo de conocimientos y cruciales para su competitividad. Sin embargo, han cambiado de manera radical las metodologías y los requerimientos de personal para adelantar proyectos de innovación incremental. El copidiseño ya no es suficiente para enfilar una empresa hacia la competitividad. Se requiere del dominio de una "tecnología de la tecnología" o gestión tecnológica empresarial para acceder a los fundamentos científicos que soportan las nuevas tecnologías y aportar algo propio al estado del arte predominante, que mejore la calidad, que rebaje los costos, o que diferencie el producto. Aun en la aparente copia, predomina hoy en día la originalidad.

b) *Investigación precompetitiva en forma cooperativa.*

Esta es una modalidad importante para enfrentar el desarrollo tecnológico estratégico de frontera que demanda altas inversiones.

La competitividad es cada vez más un fenómeno grupal, en el que se refuerzan las potencialidades y se disminuyen los riesgos. La cooperación interempresarial y las alianzas estratégicas entre empresas, grupos empresariales, generalmente con importantes conexiones universitarias son cada vez más frecuentes y abarcan desde la investigación hasta la innovación.

A partir de la investigación precompetitiva cada empresa inicia su propia carrera hacia el diseño y la innovación en el mercado. Esta es la metodología que están utilizando las mul-

tinacionales para liderar la innovación tecnológica mundial y crear barreras de entrada a nuevos competidores.

c) *Transferencia internacional de tecnología.*

Los países que tienen éxito en la competencia internacional son los que están abiertos a la transferencia de tecnología y a la difusión rápida del conocimiento.

Colombia se ha caracterizado por ser importador mayoritario de bienes de capital, pero este esfuerzo no ha estado acompañado de la transferencia de *know-how* y de la tecnología desincorporada. Tampoco hemos vinculado más sistemáticamente la transferencia de tecnología a los procesos de asimilación, adaptación y desarrollo tecnológico interno.

Por estas razones una estrategia clave es facilitar la operación de redes de científicos colombianos en el exterior que ayuden a la transferencia de tecnología y a la modernización de la industria, lo cual puede complementarse ofreciendo facilidades para que personal científico y técnico extranjero que tenga qué aportar a nuestras empresas se radique en el país.

d) *Estrategias de modernización.*

El objetivo de la política tecnológica es crear un clima propicio para la innovación, la productividad y la calidad en todos los sectores económicos. Todas las empresas tendrán acceso a los recursos del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y su asignación se está haciendo con criterios transparentes de calidad y beneficios de los proyectos.

Sin embargo, esta estrategia horizontal no desconoce las dinámicas sectoriales y subsectoriales y las ventajas competitivas acumuladas que tiene la industria nacional en determinadas ramas y, por lo tanto, podrán asignarse recursos especiales para el fomento de la innovación y la competitividad en determinados sistemas de producción.

CAMBIO DE RUMBO HACIA LA ECONOMIA ABIERTA

Los indicadores del desarrollo de los sectores industriales colombianos no han mostrado una evolución favorable en los últimos

años. Ese comportamiento se ha interpretado como un síntoma de agotamiento del modelo de desarrollo predominante en las cuatro décadas pasadas. La producción industrial (sin contabilizar la trilla) creció a tasas promedias de 6.2 y 9.9% en los períodos 1965-1969 y 1970-1974 respectivamente. Este índice cayó a 3.2% entre 1975 y 1988¹. La participación de la industria en el producto total, que venía aumentando progresivamente hasta situarse en el 20.69% en 1974, se estancó a partir de 1975 en un nivel cercano al 18.5%, porcentaje bajo que también refleja la escasa penetración del proceso industrializador.

En correspondencia con el bajo dinamismo de la industria, se encuentra el escaso esfuerzo de desarrollo tecnológico. La inversión en I&D en nuestro país se sitúa a nivel del 0.2% del PIB, siendo en su mayor parte de origen público.

Otros países de la región muestran niveles de inversión en I&D muy superiores. Es el caso de Brasil (0.58%), Argentina (0.47%), Venezuela (0.43%), Chile (0.41%), Perú (0.30%) y México (0.27%). Igualmente deficientes en términos absolutos y comparativos son otros indicadores de ciencia y tecnología, como el número de científicos e ingenieros por millón de habitantes, la inversión en I&D por científico e ingeniero y el número de trabajos publicados en revistas internacionales.

El bajo nivel de inversión en desarrollo tecnológico industrial es posiblemente el factor que más incidencia ha tenido en el estancamiento del crecimiento del PIB industrial y de su participación en el PIB total. Mientras que en los países desarrollados el cambio técnico es la principal fuente de crecimiento económico, en nuestro país su aporte se sitúa en niveles tan bajos como el 13% en el período 1973-1980, siendo probable que haya disminuido aún más en la década de los años ochenta².

Por otra parte, las tecnologías generalmente empleadas en los procesos industriales son tecnologías maduras o de acceso libre u otras obtenidas a través de licenciamiento. Son escasas las po-

1 Fuente: DANE, Cuentas Nacionales.

2 Zapata, J. G. "¿Es necesaria una reestructuración en la industria nacional?", en: *Reflexiones sobre la industria colombiana*, Fescol, 1991, p. 24.

líticas empresariales centradas en asegurar la competitividad a través del desarrollo de procesos de I&D.

Una encuesta reciente a 50 grandes firmas —la mitad de ellas de capital extranjero— arroja resultados ilustrativos al respecto³: la tecnología empleada en los procesos productivos de estas empresas había sido desarrollada fuera del país, con un esfuerzo nacional mínimo en I&D. Sólo tres empresas multinacionales desarrollaron proyectos de investigación, inducidas por obstáculos de tipo técnico relacionados con las materias primas nacionales.

La innovación de productos y procesos, ni siquiera a través del desarrollo de servicios complementarios originales, ha estado presente en la agenda de desarrollo de las empresas colombianas. La pérdida de importancia relativa de la tecnología frente a otros factores de producción ha venido de la mano con la estrategia de economía cerrada en donde los mismos industriales se orientaron a producir para un mercado protegido sin estímulo a la calidad ni a la innovación. Esta situación difiere de la encontrada en los países de reciente industrialización, donde su clara orientación exportadora descansa sobre un importante esfuerzo de I&D e innovación tecnológica.

El empresario colombiano ha estado aprisionado en el modelo de desarrollo industrial proteccionista y orientado a la sustitución de importaciones. Como resultado de este modelo, la producción de las empresas ya constituidas y de las nuevas unidades productivas se ha orientado fundamentalmente a abastecer los mercados internos de bienes y servicios, y las razones para exportar aparecen frecuentemente de forma circunstancial y no como resultado de la planeación empresarial.

Una encuesta reciente entre empresas exportadoras presenta resultados interesantes a este respecto⁴:

3 Echavarría, J. J., "Cambio técnico, inversión y reestructuración industrial en Colombia", en: *Estructura científica, desarrollo tecnológico y entorno social - Informe de la Misión de Ciencia y Tecnología*, Vol. 2, tomo 2, p. 756.

4 Véase el informe de la "Encuesta a Firmas Exportadoras", DNP - BID, 1991.

- El 76% de las empresas encuestadas estaban orientadas a atender el mercado interno en el momento de su creación. Sólo el 8% fueron orientadas desde un principio al comercio internacional.
- Solamente en el 24% de los casos las exportaciones representaban una parte considerable de las ventas totales de la empresa (más de la mitad). En el 52% de las empresas las exportaciones representaban menos de la cuarta parte de las ventas totales.
- El precio de los productos en los mercados externos era inferior al precio interno en el 69% de los casos, lo cual obligaba a las empresas a competir en el exterior sobre la base de costos marginales.
- Las razones para exportar aparecen de forma circunstancial en el 43% de los casos, principalmente por aprovechamiento de la capacidad ociosa de la planta.
- Este carácter marginal de la actividad exportadora queda confirmado por el hecho de que en el 71% de los casos las exportaciones no afectaron el programa de inversiones de la empresa y en el 68% de los casos no requirieron la incorporación de nuevas tecnologías.

Como resultado, la balanza comercial del sector industrial colombiano es altamente negativa. La situación es aún más preocupante si se considera que nuestro país ha sido tradicionalmente un importador de bienes de capital y un exportador de materias primas y bienes de consumo, valga decir, un importador neto de tecnología incorporada en maquinaria y equipo.

La balanza comercial de bienes de alto contenido tecnológico⁵ presenta un déficit considerable en años anteriores. Esto no sería preocupante si la importación de bienes de capital que se viene incrementando asegurara un efectivo mejoramiento de la capacidad de competitividad de nuestras empresas hacia el futuro. Pero el paso del equipamiento masivo a la competitividad internacional está me-

diado por dos factores fundamentales: calidad y tecnología. Esta última sólo en la medida en que permita diferenciación del producto con respecto a los competidores y, por lo tanto, sólo en la medida en que quien la usa tenga sobre ella algún grado de exclusividad, lo que sólo le puede dar el esfuerzo de investigación.

El Estado debe estar atento a un importante cambio de actitud de los empresarios colombianos hacia la innovación y la modernización tecnológica. Un ejemplo claro se da en el sector metal-mecánico donde, según un estudio de Fedemetal⁶, el 86.5% de las empresas encuestadas manifestó la necesidad de adelantar procesos de modernización que eleven la competitividad y la eficiencia de la producción. Las empresas comprenden la modernización en diversas formas: ella consiste en adelantar una gestión de la calidad total, según el 34.9% de las empresas encuestadas; ajustes de tipo organizacional según el 24%; ajustes en los procesos productivos sin mayores requerimientos de inversión según el 17.8%; renovación de maquinaria y equipo según el 9.3% y ajustes en el plano laboral según el 8.5%.

El Estado también debe, de una vez por todas, comprender la importancia del crucial papel que pueden desempeñar los gremios de la producción en el desarrollo de estrategias modernizadoras. En Colciencias lo hemos comprendido desde el comienzo, y esperamos que la promoción del desarrollo tecnológico sea una empresa conjunta que adelantemos con las asociaciones de industriales y con las agrupaciones de empresarios de los demás sectores, con lo cual creemos que también estamos cooperando para renovar y modernizar la misión de estas valiosas instituciones.

En otro frente, es notable y reconocida la desarticulación que existe entre el sector productivo y un gran número de instituciones que imparten educación tecnológica. Esta desarticulación se manifiesta en dos planos: a nivel académico, en la formación de técnicos y profesionales sin capacidad real de participar en procesos de innovación y de mejoramiento de la calidad en las orga-

6 "Participación del sector privado en el proceso de reconversión", informe presentado por A. Londoño a la XXXV Asamblea Nacional de Afiliados a Fedemetal, Paipa, septiembre de 1991.

nizaciones productivas; y, en el nivel investigativo, en la falta de una interacción suficiente que garantice la transferencia real hacia el sector productivo de los desarrollos logrados en los centros de investigación. Este divorcio deberá ser objeto de acciones concertadas entre los actores del desarrollo tecnológico.

Es preciso reconocer también que el empresario nacional no dispone de fuentes de recursos de financiamiento integral y descentralizado para proyectos de desarrollo tecnológico. Los recursos crediticios existentes están fraccionados entre varias entidades financieras, por lo que el empresario se ve obligado a su vez a fraccionar su proyecto y a solicitar los créditos a varias instituciones, con la pérdida de tiempo y la multiplicación de los trámites que esto conlleva. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología ha reconocido la importancia de esta limitación, por lo que recientemente propuso al Gobierno nacional establecer un sistema financiero integral y descentralizado para la atención de los créditos para proyectos de innovación tecnológica⁷. A través suyo, el empresario podrá acudir a cualquier sucursal bancaria y acceder allí a las múltiples líneas de crédito en un procedimiento simplificado y oportuno.

Sin embargo, el principal cuello de botella para el acceso a recursos financieros del pequeño y mediano empresario es la carencia de un esquema de garantías adecuado para respaldar su crédito. En este aspecto la iniciativa aprobada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología ha propuesto la creación de un fondo de garantías para proyectos de innovación tecnológica, con aportes de varias entidades financieras del Estado.

Otra debilidad notoria del sistema financiero nacional es la ausencia de líneas de financiamiento de capital de riesgo para proyectos de innovación de alto riesgo técnico. Esta deficiencia es un obstáculo insalvable para muchas iniciativas promisorias de desarrollo de empresas de base tecnológica y proyectos de innovación de carácter radical. Aunque está prevista la contratación de estos proyec-

7 "Plan de fomento y financiación de la innovación tecnológica en los sectores productivos". Documento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 1992.

tos mediante la modalidad de reembolso condicional o la de asociación, los recursos de crédito con que cuenta Colciencias no pueden aplicarse fácilmente al desarrollo de estas iniciativas.

Es preciso hacer referencia también a los obstáculos institucionales que enfrentan las actividades científicas y tecnológicas. El marco institucional comprende el conjunto de regulaciones y aparatos organizativos sin los cuales no es posible adelantar con eficacia y eficiencia las actividades de ciencia y tecnología: los sistemas de protección a la propiedad intelectual, los sistemas de normalización técnica, metrología, certificación y acreditación, los sistemas de información y las capacidades institucionales para la I&D y la prestación de servicios de capacitación, asesoría y consultoría.

El sistema nacional de protección a la propiedad intelectual presenta una inconveniente dispersión institucional (Derechos de Autor por un lado y Propiedad Industrial por otro), adolece de indefiniciones, carece de un marco coherente de política, y no ha establecido de forma suficiente estrategias e instrumentos para su desarrollo.

Los procesos de registro, control y difusión de información sobre la protección industrial son demorados e ineficientes. Por otra parte, urge una evaluación de fondo acerca de las implicaciones de la adhesión del país a los distintos convenios y acuerdos internacionales que regulan la propiedad intelectual, y elaborar una estrategia de negociación más sólidamente fundamentada. La comunidad científica tiene la responsabilidad de contribuir a esta reflexión de interés nacional.

Igualmente, el sistema nacional de calidad presenta deficiencias. La capacidad institucional y el soporte científico para la normalización técnica, la metrología, la certificación de productos y servicios y la acreditación de laboratorios y organismos de certificación son insuficientes y ello ha dificultado que los industriales del país coloquen sus productos en un mercado internacional cada vez más exigente en normas y especificaciones técnicas. Asimismo, se dificulta exigir y controlar los patrones de calidad a los productos importados, con el peligro de convertir al país en un refugio del comercio internacional para productos de baja calidad.

Para atacar estas deficiencias de los sistemas de propiedad intelectual y calidad, se han iniciado ya importantes acciones de reestructuración y modernización de la base institucional y normativa del país, por parte del Ministerio de Desarrollo Económico, el Departamento Nacional de Planeación y otras instancias gubernamentales y entidades privadas, que el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología quisiera ver fructificar a corto plazo.

Las deficiencias de cobertura en los sistemas de información industrial y de servicios de subcontratación impiden que podamos hablar de un mercado de tecnología, que integre fuentes internas y externas. Hay interesantes iniciativas públicas y privadas, que es preciso apoyar, fortalecer y articular para construir sistemas efectivos de información tecnológica, subcontratación y mercadeo de tecnologías, pero debemos reconocer que el empresario colombiano aún no dispone de un servicio de información moderno que le permita competir mejor.

La debilidad de la infraestructura nacional para el desarrollo tecnológico industrial reside en gran parte en la insuficiente capacidad institucional establecida en el país. Los centros de investigación y desarrollo tecnológico industrial con que contamos son débiles; casi todos están ubicados en instituciones de educación superior. Los laboratorios de algunas empresas y los centros fijos del SENA podrían constituir una buena base de infraestructura para el desarrollo tecnológico industrial, si se logran establecer condiciones propicias para la interacción ágil y efectiva entre el SENA, los sectores empresariales y las universidades.

Importantes iniciativas privadas y mixtas para el establecimiento de centros de investigación y desarrollo tecnológico de carácter sectorial y subsectorial se están gestando. Se caracterizan por prestar servicios adicionales de capacitación y asistencia técnica, fórmula en la que puede residir su éxito. Valga mencionar el Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y el Caucho, en avanzado estado de establecimiento, y otras iniciativas en las áreas de cuero y calzado; textiles y confecciones; alimentos; mecanización agrícola; pulpa, papel y cartón; industria gráfica e industria metalmecánica, entre otras.

TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL

El panorama anterior nos muestra una industria nacional débil y vulnerable, con bajos niveles de competitividad, con una tradición de innovación casi nula y con escasos y desarticulados apoyos estatales. En estas condiciones está afrontando el reto de ingresar a una economía mundial con características que es necesario tener en cuenta para escoger estrategias empresariales y nacionales adecuadas:

- a) *La consolidación del comercio internacional*, con la caída de las barreras aduaneras y la supresión de los incentivos colocados al final de la cadena productiva de bienes y servicios. Este escenario facilitará la competencia de los bienes y servicios extranjeros con los producidos por la industria nacional, obligando a cerrar aquellas líneas de producción que no superen o iguallen los niveles internacionales de competitividad en el respectivo renglón productivo.
- b) *La ascendente incorporación de conocimiento a los bienes y servicios producidos*, lo cual significará un mayor valor agregado por la tecnología y una pérdida de importancia de los factores tradicionales de producción para la competitividad en el mercado internacional.

Esta tendencia representa simultáneamente un desafío y una oportunidad para la industria nacional: una oportunidad, en tanto que la tecnología es un recurso cuya apropiación y desarrollo descansa fundamentalmente en la capacidad cognoscitiva de la comunidad científica y productiva, de amplias potencialidades en el país.

El desafío reside en el hecho de que cada vez con más importancia la competitividad de bienes y servicios se soporta en el dominio del conocimiento y menos en la posesión de ma-

terias primas, recursos naturales y atributos geográficos, sobre los cuales ha residido tradicionalmente la capacidad competitiva nacional.

Si bien es cierto que esta tendencia puede hacer perder peso a estas ventajas comparativas de nuestra industria, por otra parte la construcción adecuada de este escenario permitiría superar la tradicional "brecha tecnológica", por cuanto la competitividad basada en el dominio del conocimiento favorece a las empresas innovadoras independientemente de su tamaño o de que posean o no el dominio de las tecnologías actualmente competitivas.

No obstante, para aprovechar al máximo esta oportunidad es preciso reforzar las acciones que se vienen adelantando para el fortalecimiento de las comunidades científicas y tecnológicas del país, modernizar los sistemas de capacitación y formación de investigadores y técnicos, así como lograr una eficaz interacción entre los sectores productivos y las universidades e institutos de investigación. En esta dirección apunta una de las líneas de acción de nuestra propuesta.

c) *La rápida obsolescencia de las máquinas y equipos de proceso y el mayor costo comparativo de las nuevas tecnologías.*

Esta tendencia representa una amenaza asociada al escenario anterior. En efecto, las ventajas competitivas originadas por el cambio técnico tendrán que sostenerse mediante nuevas innovaciones, cuyo desarrollo requerirá cada vez de mayores sofisticaciones tecnológicas. Este proceso de innovación constante tendrá que ser alimentado por importantes inversiones en I&D, que reducirán el tiempo de vida competitiva de las tecnologías y aumentarán sensiblemente su costo.

d) *La mayor protección del conocimiento y las nuevas formas de garantizarla,* además de los mecanismos tradicionales de propiedad intelectual, que harán el acceso al mismo cada vez más difícil.

El carácter estratégico del conocimiento científico y tecnológico está originando una importante presión por parte de las organizaciones internacionales para establecer sistemas de propiedad intelectual en todos los países, que garanticen el

respeto del derecho de propiedad de marcas, patentes, diseños industriales y otros productos protegibles según los acuerdos y tratados internacionales.

Este escenario se complementa con la protección intrínseca que brinda a los desarrollos propios el alto ritmo de innovaciones introducidas al mercado, que desestimula la copia ante la rápida pérdida de competitividad de ésta frente a los nuevos productos y servicios de la empresa líder.

De imponerse esta tendencia, el acceso a los desarrollos tecnológicos ajenos se verá cada vez más restringido, siendo necesario entonces construir capacidades propias de desarrollo de tecnologías o pagar altas tasas por los derechos de explotación de intangibles protegidos.

- e) *La informatización progresiva de la sociedad*, que hará de la información un recurso altamente estratégico para el desarrollo de actividades de toda índole.

Esta tendencia, cuya incidencia se está sintiendo cada vez con más fuerza en los sectores productivos, exigirá el establecimiento de nuevos sistemas de información, a través de los cuales las empresas puedan acceder a las fuentes nacionales e internacionales de información sobre oferta y demanda de tecnología y productos, normas y especificaciones extranjeras para bienes y servicios, estadísticas sobre mercados, información de patentes y otras áreas de interés del empresario.

- f) *La consolidación de las alianzas continentales, regionales y subregionales* como medio para establecer capacidades políticas. A nivel empresarial, auge de las alianzas interempresariales y de los conglomerados multinacionales y transnacionales para crear capacidades competitivas.

Las implicaciones de estos escenarios geopolíticos y económicos sobre la actividad industrial son difíciles de precisar. Sin embargo, a la luz de las recientes experiencias de algunos países desarrollados en el campo de la cooperación interempresarial, se puede apreciar la importancia de las alianzas sectoriales entre empresas para su supervivencia y competitividad a mediano y largo plazo, mediante mecanismos como

la constitución de centros de investigación precompetitiva y de servicios tecnológicos, el fomento a la creación de nuevas empresas y negocios a través de incubadoras o servicios similares, y la creación de programas internacionales de investigación científica y desarrollo tecnológico.

A través de estos mecanismos y otros parecidos se facilita la cooperación entre empresas y centros de investigación para la realización de proyectos de I&D y demás actividades complementarias, y se canalizan los recursos financieros y otros aportes de las entidades públicas con funciones de fomento a las actividades científicas y tecnológicas.

Otra cara de esta tendencia es la internacionalización de la producción de bienes complejos, que integran partes y componentes fabricados en distintos países. De esta manera, sobre la base de un sólido sistema de normalización técnica, se optimizan los costos y la calidad del conjunto final. Esta práctica representa una oportunidad para los fabricantes nacionales de partes y componentes, quienes pueden ingresar a un amplio mercado mundial si alcanzan los niveles adecuados de precios y calidades. Además, se abren oportunidades no despreciables para la industria de ensamble que es preciso evaluar sobre la base de la experiencia de otros países, como el caso de México con las "maquiladoras".

OBJETIVO DE POLITICA Y LINEAS DE ACCION DEL PROGRAMA

Objetivo central del Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad

En el marco anterior de realidades y perspectivas del desarrollo tecnológico industrial, el Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad propone como objetivo a largo plazo

integrar la ciencia y la tecnología a los procesos industriales de gestión, producción y comercialización, como factores básicos de com-

petitividad de la industria colombiana en los mercados interno y externo, dentro del contexto de la internacionalización de la economía⁸.

Este objetivo central está matizado por las siguientes consideraciones:

Es un objetivo que, si bien alcanzable plenamente sólo en un horizonte de largo plazo, debe dar lugar a la fijación de metas a más corto plazo que den respuestas a las necesidades apremiantes de la industria para garantizar su supervivencia en mercados altamente competidos.

La competitividad que se busca tendrá como referente el comercio internacional. El modelo de desarrollo empresarial deberá transformarse a esta realidad y superar esquemas basados en la producción para el mercado interno y la sustitución de importaciones.

Líneas de acción

Para lograr su objetivo central, el Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad se desarrollará a través de un conjunto de líneas de acción, coherentes con la estrategia anterior y que son las siguientes:

Impulso a la prospectiva y a la implantación de técnicas modernas de gestión tecnológica

El Programa propiciará la realización de estudios prospectivos y de base sobre tecnologías industriales, con el fin de ampliar el cúmulo de conocimientos sobre el cual se contrasten y establezcan las directrices políticas, programáticas y estratégicas a mediano y largo plazo para el desarrollo tecnológico industrial, tanto a nivel macro nacional y sectorial como en el orden micro de las empresas y los grupos de investigación.

8 Véase "La Revolución Pacífica", Plan de Desarrollo Económico y Social 1990-1994.

Asimismo, se impulsará a nivel de la gerencia de áreas técnicas y de los grupos de investigación, un esfuerzo de implantación de técnicas modernas de gestión tecnológica para el desarrollo de sus actividades investigativas y de gerencia de la investigación y del desarrollo tecnológico. En particular, se propiciará un ejercicio de planeación estratégica de sus actividades, de tal forma que los proyectos que formulen se inscriban en un contexto de planeación con objetivos a mediano y largo plazo, que trasciendan y orienten los objetivos de más corto plazo de los proyectos individuales.

Complementariamente, el Programa fomentará la realización de investigaciones que incrementen nuestro conocimiento de la dinámica de los procesos de innovación tecnológica, y de actividades que fortalezcan la capacidad de gestión y de negociación tecnológica de los dirigentes de grupos de investigación y de empresas industriales.

Esta línea de acción se desarrollará a través de la financiación de proyectos que en esta dirección presenten empresas, universidades y entidades públicas y privadas, con personal idóneo para formular y ejecutar este tipo de actividades.

Desarrollo de la capacidad competitiva de la industria nacional a través de la incorporación del conocimiento a los procesos empresariales

El Programa fomentará la incorporación de la ciencia y la tecnología en los procesos gerenciales, productivos y comerciales como factor decisivo de competitividad industrial y bienestar social. Bajo esta óptica, la competitividad debe ser el resultado de una mayor incorporación de conocimiento a los procesos productivos y no fruto de la explotación de recursos agotables o de mano de obra barata.

Las opciones estratégicas que se favorecerán a nivel de empresa son las siguientes, las cuales pueden dar lugar a proyectos factibles de financiar por el Programa:

- a) La innovación tecnológica a nivel de productos, procesos y servicios. Esta innovación podrá ser radical, resultado de in-

- investigaciones básicas que se desarrollen hasta lograr bienes o servicios inéditos en el mercado, o incremental, resultado de incorporar a la actividad industrial desarrollos tecnológicos menores que logren bienes o servicios diferenciados de los de la competencia a nivel de oportunidad, funcionalidad, precio, respaldo o calidad.
- c) La transferencia y asimilación de nuevas tecnologías, de forma que la empresa receptora logre el dominio de la tecnología transferida y pueda avanzar en un futuro en un proceso de diferenciación que le asegure una posición competitiva en el mercado mundial.
 - d) La adaptación de tecnologías a las características de los insumos nacionales y al tamaño y las expectativas del mercado local o regional. Esta estrategia incluirá el diseño, construcción y prueba de prototipos para nuevas líneas de producción, el desarrollo del proceso de fabricación industrial y la obtención de lotes de prueba; y el diseño, construcción y prueba de plantas piloto y su escalamiento a nivel de planta industrial.
 - e) La adecuación de los productos y procesos de forma que se logre el cumplimiento de normas técnicas nacionales e internacionales, se satisfagan las exigencias de calidad de los consumidores, o se supriman o disminuyan los impactos ambientales y sociales desfavorables de los procesos productivos.

En principio, el Programa no hará una priorización de proyectos e iniciativas de orden sectorial o subsectorial. Los criterios con los que se evaluarán las solicitudes de apoyo que se hagan al Programa serán la *pertinencia*, la *calidad* y la *eficiencia* de la propuesta, referidas tanto a los aspectos generales definidos para los programas del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología⁹ como a las propias particularidades de este Programa definidas en este Plan de Desarrollo.

9 Véanse los documentos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología "Criterios y Procedimientos para la Aprobación de Proyectos de Investigación" y "Criterios y Procedimientos para la Aprobación de Proyectos de Innovación Tecnológica".

Desarrollo institucional para la innovación y los servicios científicos y tecnológicos

El Programa propenderá por el fortalecimiento de la infraestructura institucional para la innovación y la prestación de servicios científicos y tecnológicos, mediante el fomento y apoyo a los siguientes sistemas y modelos institucionales:

- a) El sistema nacional de calidad. Como componentes fundamentales de este sistema se dará especial importancia a la normalización técnica, la metrología y los sub-sistemas de certificación de productos y de acreditación de laboratorios y entidades de certificación. En estas áreas se financiarán proyectos de servicio que busquen crear y desarrollar capacidades científico-tecnológicas a nivel de recursos humanos, infraestructura física e información, que complementen las acciones que en esta dirección emprendan las entidades públicas y privadas con responsabilidades directas en estos campos.
- b) El sistema nacional de Propiedad Intelectual. El Programa incentivará la creatividad como fuente permanente de las ideas que alimentan los procesos de innovación tecnológica, mediante el fortalecimiento del sistema nacional y regional de propiedad intelectual y la creación de una cultura de la valoración de la creatividad y del reconocimiento de los derechos de propiedad sobre lo creado.
- c) Los servicios de información tecnológica. El Programa apoyará la creación y el fortalecimiento de un sistema nacional de información tecnológica para la industria, con conexión a las fuentes internacionales de información. Como componentes básicos de este sistema se apoyarán las iniciativas para el establecimiento de sub-sistemas sectoriales y temáticos de información tecnológica, modernización de centros de información especializada, creación de redes de información, establecimiento de nuevos servicios de información y fortalecimiento del servicio nacional de subcontratación.
- d) Los modelos institucionales de apoyo y fomento a los procesos de innovación tecnológica, tales como: centros sectoriales y

subsectoriales de investigación y desarrollo tecnológico; incubadoras de empresas; zonas francas tecnológicas; centros de desarrollo empresarial; centros de innovación y transferencia tecnológica; parques tecnológicos; centros de asistencia técnica y oficinas de consultoría y asesoría industrial.

- e) Los programas internacionales facilitadores de las alianzas estratégicas entre empresas. El Programa incentivará la alianza y la cooperación para la innovación tecnológica entre empresas nacionales y extranjeras a través del apoyo a los programas internacionales que fomenten este tipo de acciones, como es el caso del Programa Bolívar y el Sub-Programa Iberoeka del CYTED-D, y la contribución al fortalecimiento del sistema nacional o red de oficinas (o antenas) para la innovación y la transferencia tecnológica.

Como actividades específicas que en esta dirección serán apoyadas por el Programa¹⁰ se tienen las siguientes, cuyos logros se esperan para un horizonte de mediano plazo:

1. La reestructuración del Sistema Nacional de Calidad, con sus componentes normalización técnica, metrología, control y certificación de calidad.
2. La modernización y articulación del Sistema Nacional de Propiedad Intelectual, que garantice agilidad y eficacia en el registro, evaluación y aprobación de las diferentes modalidades de propiedad intelectual, y dé información y asesoría sobre las mismas a empresarios, investigadores e inventores.
3. La creación de una red descentralizada de centros de investigación y desarrollo tecnológico, de carácter subsectorial, con la participación del SENA, la universidad y el sector privado. Estos centros tendrán como propósito adelantar actividades de formación y capacitación técnica (en sus varios niveles), prestación de servicios científico-tecnológicos y ejecución

10 Véase "La Revolución Pacífica" - Plan Nacional Económico y Social 1990-1994, Programa de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad.

- de investigaciones aplicadas por cuenta propia o mediante convenio con otras entidades.
4. El diseño y establecimiento de un Sistema Nacional de Información Tecnológica, que integre los servicios existentes de información y los que se creen en el futuro por iniciativa pública o privada.

Desarrollo de instrumentos financieros, fiscales y jurídicos de apoyo al desarrollo tecnológico industrial

No obstante que en la actualidad existe un conjunto importante de instrumentos financieros, jurídicos y fiscales a disposición del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, esta línea de acción del Programa se orientará a la creación o adecuación de nuevos instrumentos de apoyo al desarrollo tecnológico industrial, los cuales mejorarán, complementarán y diversificarán los existentes. Como actividades específicas que deberán ser desarrolladas a corto y mediano plazo por el Programa en el campo de los instrumentos de política se señalan las siguientes:

1. La creación de un *sistema descentralizado de financiamiento* de proyectos de desarrollo tecnológico, que integre las distintas fuentes de crédito existentes.
Simultáneamente, el desarrollo de una estrategia de financiación del Programa, que asegure recursos suficientes para el corto, mediano y largo plazos y una disponibilidad adecuada y ágil de los mismos.
2. El establecimiento de un mecanismo institucional que opere como *fondo de garantías* para proyectos de desarrollo tecnológico, que quede a disposición de empresas pequeñas y medianas que no cuenten con respaldos materiales para los créditos solicitados.
3. La conformación de una *red de evaluadores* de proyectos de desarrollo tecnológico, de carácter interdisciplinario, que apoye la labor de evaluación científico-tecnológica de los proyectos cuya financiación se solicita al sistema de finan-

- ciamiento. Esta red de evaluadores será conformada, coordinada y supervisada por Colciencias, para garantizar la homogeneidad de los criterios y las metodologías de evaluación y la calidad del servicio que preste.
4. La concertación con el Ministerio de Hacienda de un conjunto de medidas fiscales que incentiven y estimulen la inversión privada en proyectos de desarrollo tecnológico, tales como: desgravación arancelaria, depreciación acelerada, incentivos especiales por aportes a centros de investigación y desarrollo tecnológico, premios, CERT tecnológico, liberalización del pago de regalías, etc. A este respecto el gobierno ya dio pasos importantes con la ley 6/92.
 5. La puesta a consideración del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de un conjunto de proyectos de ley y de decretos que complementen los actuales instrumentos jurídicos del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, especialmente relevantes para el desarrollo tecnológico industrial.

Impulso a los programas de capacitación gerencial y tecnológica y de formación de investigadores

El Programa apoyará la capacitación de recursos humanos de alto nivel para la realización de actividades investigativas e innovativas, mediante la financiación de cursos cortos, entrenamientos, pasantías y doctorados a personal de empresas, universidades y centros de desarrollo tecnológico.

Simultáneamente, se propiciará la creación de nuevos grupos de investigación, se fortalecerán los grupos existentes y se consolidará la comunidad científica con la conformación de redes nacionales e internacionales. Estas acciones se enmarcarán en los programas que para tal efecto se diseñen para el conjunto de los programas del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

A nivel directivo empresarial, el Programa fomentará las distintas iniciativas que busquen no sólo capacitar a presidentes y gerentes para una adecuada gestión del desarrollo tecnológico de sus empresas, sino también formar una nueva cultura empresarial

acorde con el país moderno que se está forjando en todos los órdenes de la actividad nacional.

Como una actividad específica que obedece a esta línea de acción, el Programa impulsará a través de Colciencias, entidad que ha recibido una función legal a este respecto, la creación en el país de nuevos programas de doctorado en las áreas tecnológicas y la consolidación de los existentes.

Esta línea de acción será complementada con el establecimiento de una red de científicos colombianos en el exterior y la adopción de programas de repatriación de técnicos y personal especializado, iniciativas que igualmente vienen siendo adelantadas bajo la financiación y coordinación de Colciencias.

Promoción y divulgación del desarrollo tecnológico industrial

En desarrollo de esta línea de acción y bajo la coordinación del Programa, se adelantarán y financiarán actividades de promoción y divulgación del desarrollo tecnológico industrial, tales como: eventos de ciencia y tecnología, reuniones y talleres de sensibilización o información, elaboración y difusión de material impreso o audiovisual, etcétera.

El Programa adelantará una campaña de promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico dirigida a los empresarios, trabajando simultáneamente en tres frentes:

1. Reuniones con empresarios programadas en cooperación con las asociaciones gremiales, con el objetivo de promover entre sus asociados la inversión en desarrollo tecnológico y la formulación de proyectos específicos que puedan acceder a los créditos del Programa.
2. Reuniones con empresarios programadas con las universidades, dirigidas al mismo objetivo anterior y a promover la interacción universidad-empresa.

3. Visitas a empresarios innovadores con alto potencial de desarrollo tecnológico que puedan beneficiarse de los créditos del Programa.

En relación con la divulgación científica y tecnológica el Programa prevé la financiación de los siguientes grupos de actividades:

- a) Eventos con una componente importante de ciencia y tecnología. Típicamente se apoyará la participación en los mismos de conferencistas nacionales e internacionales de reconocida trayectoria y la edición de las memorias.
- b) Participación en eventos nacionales e internacionales de ciencia y tecnología. Esto se hará para eventos de reconocida importancia y cuando el participante haya sido invitado a presentar una ponencia de alta calidad y pertinencia para el sector.
- c) Elaboración y difusión de material impreso y audiovisual. Se apoyarán propuestas específicas previa evaluación por parte del Programa de su calidad y pertinencia.

Regionalización

Al igual que otras estrategias transversales a todos los programas del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, la regionalización se viene impulsando en forma coherente con los lineamientos generales previstos para esta estrategia por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Para su establecimiento, el Programa coordinará sus acciones con las comisiones regionales de ciencia y tecnología previstas en la ley¹¹. En principio, las actividades donde confluyen el programa DTIC y las comisiones regionales son las siguientes:

- a) La divulgación del Plan General del Programa y de otros planes y documentos de política que en lo sucesivo se produzcan.

11 Decreto 585 del 26 de febrero de 1991, artículo 7.

- b) La promoción de las convocatorias que genere el Programa para presentación de propuestas de investigación.
- c) La identificación y promoción de iniciativas regionales para el desarrollo tecnológico industrial y su canalización hacia los órganos centralizados de administración y coordinación del Programa.

Todas estas actividades deben concretarse en acciones, es decir en proyectos de investigación, en créditos colocados en la industria, en innovaciones exitosas y en conquistas de mercados nacionales e internacionales.

CONCLUSION

A las puertas del siglo XXI se hace más notoria la necesidad de trabajar concertadamente para construir un futuro más promisorio para el país. En particular, sobre el sector industrial colombiano recae una grave responsabilidad en la construcción de este futuro, como sector de amplias potencialidades dinamizadoras del crecimiento económico y, por ende, del bienestar social y del desarrollo cultural de toda la población.

Las acciones a emprender para dar respuesta a este reto no dan espera. Para la industria nacional estas acciones pasan necesariamente por un ambicioso programa de modernización y desarrollo tecnológico, pues la empresa del futuro no es concebible sin las sólidas bases del conocimiento producto de la ciencia y la tecnología.

En consecuencia, la presente propuesta se formula para dar coherencia y continuidad a estas acciones en el corto y el largo plazos, y para convocar la acción concertada de los sectores públicos y privados en torno al desarrollo tecnológico industrial y la calidad como pilares fundamentales de la competitividad empresarial en el mundo moderno.

En este sentido esta propuesta no tiene ningún futuro sin el compromiso activo de los sectores invitados a este Simposio. Este compromiso, no obstante, pasa por responsabilidades específicas de carácter institucional y colectivo, a saber:

La responsabilidad de los investigadores de producir conocimiento que dé respuestas a las necesidades de corto y largo plazo de la industria.

Los consultores deben ser los líderes de la difusión y la transferencia de tecnología, de la planeación estratégica global y en especial del componente tecnológico de las empresas. En dos años de contacto con los industriales del país desde el Estado, hemos venido tomando conciencia en forma progresiva de la función indispensable que ellos desempeñan en el desarrollo tecnológico y de la escasez de vocaciones entre nuestros profesionales de la ingeniería por la consultoría industrial.

La de las universidades, desarrollar programas estratégicos de investigación con la industria que trasciendan los estudios puntuales y las asesorías. Las estamos invitando igualmente a presentar propuestas de programas de formación de consultores industriales, en colaboración con los gremios, y a dismantlar las barreras que en el pasado las distanciaron del sector privado. A ellas les cabe la responsabilidad también de conducir a sus estudiantes por los caminos de la ciencia y la tecnología, formar en ellos una mentalidad de empresarios creadores, capaces de capitalizar la inconformidad propia de la juventud en tenacidad para la creación y el cambio, y dispuestos a asumir los riesgos que conlleva toda empresa exitosa. En esta coyuntura, la universidad debe asumir también la tarea de reconvertir a nuestros ingenieros para convertirlos en auténticos agentes del cambio tecnológico y en valiosos asesores para la industria.

Los gremios tienen también grandes responsabilidades. Promover y apoyar el desarrollo tecnológico de sus asociados, liderar iniciativas tecnológicas que creen capacidad competitiva sectorial. La capacidad de convocatoria de los gremios colombianos es grande y ella debe aplicarse a orientar a los empresarios, a asegurar su vinculación con los centros de investigación de las universidades y a contribuir a superar la creencia de que el éxito sólo depende de la tasa de cambio, el CERT y las franquicias sobre el mercado interno.

La responsabilidad de los empresarios es la de emprender proyectos audaces; apropiarse de una cultura de la innovación y de la originalidad; apoyar las iniciativas sectoriales y temáticas

que construyan capacidades institucionales para la ciencia y la tecnología, y romper también las barreras que los han mantenido alejados de la universidad.

La responsabilidad del Estado también es grande. Los distintos organismos gubernamentales deben cooperar y a la vez definir con gran claridad sus responsabilidades. Muchas veces la cooperación entre los organismos del Estado se ha confundido con falta de claridad en las responsabilidades de cada uno. Si bien el conjunto de la política tecnológica implica la intervención del DNP, del Ministerio de Desarrollo, de Colciencias, del Sena, del IFI, de la Superintendencia de Industria y Comercio, de los Consejos Regionales de Planificación; si bien muchas acciones deben ser llevadas conjuntamente, las responsabilidades deben asignarse con claridad, para que espacios de concertación y participación tan importantes como el Consejo del Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad, que preside el Ministro de Desarrollo y en el que participan el sector privado, los investigadores, el DNP, el Ministerio de Comercio Exterior, el IFI y Colciencias, puedan asegurar el compromiso de los distintos actores y convertir en acciones las políticas que formulan.

Las tareas de la agenda gubernamental son numerosas y complejas. Importantes iniciativas deben impulsarse en la definición de cuestiones institucionales de tanta incidencia sobre el desarrollo tecnológico como la propiedad industrial y la organización de un sistema de calidad y certificación que nos abra la puerta de los grandes mercados del mundo, tareas en las que el sector privado y el resto del Estado deben apoyar al Ministerio de Desarrollo. Urge el despegue de iniciativas de la trascendencia del Centro de Innovación, Difusión y Transferencia Tecnológica cuyo liderazgo ha asumido el DNP, con el apoyo del Ministerio de Desarrollo, Colciencias, la Universidad Nacional y los gremios de la producción. Colciencias a su vez debe convocar a la realización del programa nacional de investigaciones en desarrollo tecnológico industrial y calidad, y asociarse con los gremios para promover la innovación.

Capítulo 4

BIOTECNOLOGIA:

UNA ENCRUCIJADA ESTRATEGICA¹

INTRODUCCION

En las postrimerías del siglo XX la ciencia y la tecnología se han hecho portadoras del proceso de internacionalización económica y cultural que ha acompañado el desarrollo de las sociedades contemporáneas. El conocimiento se hace fuente fundamental de la eficiencia y la calidad, y su asimilación en procesos de innovación determina la competitividad de las empresas y de las naciones. Ciencia y tecnología forman parte de la base de la competencia a escala mundial.

Para habilitar potencialidades, determinar y aprovechar algunas ventajas comparativas y aumentar la productividad global de la economía, es necesario desarrollar en el país capacidades científicas y tecnológicas e incorporarlas en el sistema productivo. Sólo se puede mejorar la competitividad de nuestro aparato productivo y lograr la modernización del país si se cuenta con una base científica y tecnológica muy fuerte que lo respalde. Para fundamentarlo se requiere conformar una comunidad científica sólida, dinámica e integrada a las principales corrientes del saber mundial. Dicha comunidad deberá tener capacidad de negocia-

1 Documento elaborado por Colciencias para la convocatoria del Simposio del Programa Nacional de Biotecnología, 1992.

ción con su entorno y estar dispuesta a apoyar los procesos de gestión de la industria nacional y del país. Esta es una condición necesaria para que Colombia llegue a convertirse en interlocutor válido y participe con beneficio en el proceso de construcción del conocimiento de la humanidad.

El paradigma de la producción industrial surgido a mediados del siglo XVIII ha sufrido dos transformaciones profundas. La primera en la segunda mitad del siglo XIX, cuando se sobrepasó la base de producción puramente mecánica al generarse las industrias de base química y eléctrica y que desembocó en el fordismo de principios del siglo XX. La segunda, que se inicia hacia 1950 y da un salto en los años setenta, se caracteriza por: la precedencia del avance científico con respecto al desarrollo de la técnica en la industria, la brevedad de los lapsos entre descubrimientos básicos, desarrollo tecnológico y aplicación industrial, la rapidez con que obsolescen productos, procesos, maquinarias y equipos, la orientación de la inversión en forma masiva hacia el desarrollo del conocimiento y el apuntalamiento de versátiles y poderosos equipos humanos de investigación, la internacionalización de la producción de bienes y del conocimiento, y el desarrollo de un mercado del conocimiento.

La innovación, entendida como la incorporación exitosa de avances tecnológicos en el aparato productivo, ocupa un lugar central en los procesos de modernización, convirtiendo a la ciencia en fuerza productiva directa y en instrumento de cambio. La biotecnología es paradigmática de esta nueva relación entre ciencia e industria. Ese grupo de tecnologías genéricas que permite la manipulación de los procesos básicos de la vida se presenta como un campo abierto lleno de incertidumbres y de promesas que aún no se concretan por la misma incipiente de su desarrollo.

En esta fase ascendente e incierta del ciclo de implantación de la biotecnología, la inteligencia, el talento y la solidez de la formación científica pesan más que la experiencia, el capital o los recursos naturales. Por esto, países con incipiente desarrollo industrial pueden quemar etapas y encontrar nichos de competencia siempre y cuando se comprometan en un esfuerzo de consolidación acelerada de su capacidad científica y tecnológica, de forma-

ción de comunidades capaces de aprehender los nuevos conocimientos y de integración de los esfuerzos de éstas e incorporación ágil de sus resultados a industrias recién creadas o a industrias tradicionales que asuman la reconversión.

Si el principal recurso y fuente de desarrollo es el conocimiento, éste debe utilizarse como factor estratégico en la innovación tecnológica y fortalecer la capacidad nacional para asimilar la avalancha de conocimientos y avances de los cuales el país no puede ni debe marginarse: al contrario, debe incorporarlos y adecuarlos a su sistema productivo. El desarrollo socioeconómico del país implica determinar nuestras potencialidades y capacidad científica y tecnológica; la consolidación y apoyo a la comunidad científica para fortalecer sus actividades de innovación, adaptación y creación de tecnologías. Es un proceso que permea todas las esferas de la sociedad puesto que la asimilación e integración de los cambios tecnológicos y culturales genera tensiones y conductas debido a las resistencias, intereses y valores de los diversos agentes sociales comprometidos.

En Colombia, la actividad de investigación y desarrollo del aparato productivo ha sido escasa. Esta es una de las razones que explica su bajo poder de negociación y de innovación, desventajas que le dificultan penetrar en los mercados internacionales. La carencia de dinámicas innovadoras se traduce en productos costosos y de baja calidad. La internacionalización como fórmula para acrecentar eficiencia, calidad y competitividad pasa inexorablemente por una integración efectiva del conocimiento al sector productivo. La rapidez con la cual los avances científicos están influyendo en los procesos productivos en el campo de la biotecnología determina el ritmo de las inversiones en investigación requeridas para garantizar la permanencia en los mercados.

Uno de los factores del rezago tecnológico del sector productivo colombiano es su escasa relación con la comunidad científica y la escasa presencia de la ciencia en la cultura empresarial. Para articular la actividad científica al aparato productivo se requiere no solamente estimular la investigación y la formación de investigadores de alta calidad, sino también fomentar el reconocimien-

to y la legitimación de su actividad en la sociedad y en los procesos de innovación y producción.

Ha sido frecuente la desconfianza mutua entre los sectores de la producción, el Estado y los investigadores. Sin embargo, en los últimos tiempos hemos observado un cambio sensible en esta situación. El sector privado ha venido comprendiendo la necesidad de acercarse a la ciencia para competir mejor y evitar ser desplazado de los mercados; la universidad, por su parte, intenta abrirse al país; y el Estado tiene el convencimiento de que para asegurar el éxito de sus políticas de apertura y modernización debe contar con la estrecha colaboración entre estos dos sectores y a fomentarla orienta sus políticas.

BIOTECNOLOGIA EN COLOMBIA

En la nueva relación entre ciencia e industria, la biotecnología que involucra la utilización de técnicas de biología celular y molecular ha tenido fuertes repercusiones en muchos campos del conocimiento y de la industria. Frente al panorama nacional, la biotecnología se presenta como uno de los campos de investigación con buen desarrollo relativo, lo cual constituye un valioso activo del país y es resultado del esfuerzo de varios años de formación e investigación en diversas ramas de las ciencias básicas, biomédicas y agropecuarias. Si bien se ha acumulado una infraestructura física suficiente para atender los proyectos de investigación en curso o previstos, el cuello de botella se encuentra en el escaso número de investigadores formados a alto nivel. Algunas empresas grandes y algunos gremios del sector agropecuario poseen grupos propios de investigación pero, con escasas excepciones, la industria se limita al uso de biotecnologías ampliamente disponibles en el mercado mundial.

La mayor parte de las actividades de investigación en biotecnología se encuentra en las universidades y centros públicos de investigación. Sin embargo, el interés del sector privado por incorporar la biotecnología es creciente, principalmente en los sec-

tores agrícola, farmacéutico y de alimentos, y de manejo y saneamiento ambiental.

En el país se cuenta con la capacidad de algunos grupos para el desarrollo de la biotecnología agrícola en sus distintas modalidades. Un puñado de entidades dispone de equipos adecuados e investigadores bien calificados que desarrollan proyectos en biología molecular, manipulación genética y sistemas diagnósticos. La investigación comienza a alcanzar carácter comercial en los cultivos de flores donde varias empresas poseen sus propios laboratorios, en el cultivo del banano donde la tecnología se comercializa a través de contratos de los productores con laboratorios privados o con centros de investigación, y de convenios entre asociaciones y centros de investigación. La producción de insumos, biopesticidas, biofertilizantes y semillas está en distintos grados de avance, y requiere no sólo de mayor desarrollo tecnológico y de escalamiento a nivel industrial, sino también de normas de calidad y definiciones en materia de bioseguridad y propiedad intelectual.

En salud humana y animal hay en Colombia una tradición investigativa. El desarrollo biotecnológico se ha incorporado a través de la aplicación de técnicas de biología celular y molecular para sistemas diagnósticos de varias enfermedades y a través del desarrollo de instrumentos y sistemas de prevención inmunológica, con frecuencia fundamentados en procesos elaborados en otros países. En varios centros de investigación y empresas privadas se han realizado investigaciones de punta con logros importantes y se están desarrollando procesos de escalamiento y aprovechamiento comercial.

En biotecnología ambiental y biorremediación unos pocos grupos han iniciado trabajos en tratamientos de residuos y efluentes y en degradación microbiológica de pesticidas con resultados interesantes, dentro de un esquema cooperativo entre grupos de investigaciones nacionales, agencias internacionales y empresa privada.

En las actuales circunstancias, el desarrollo de la biotecnología en Colombia debe buscarse a través de programas conjuntos de cooperación y complementación interinstitucional para racionalizar y potenciar la actividad. El factor más crítico a corto plazo es la esca-

sez de investigadores de nivel doctoral formados en disciplinas básicas y con capacidad de gestión tecnológica. La carencia de información precisa, confiable y oportuna de capacidad de monitoreo científico y mercados, es limitante severa para el avance, escalamiento y comercialización de productos biotecnológicos.

ELEMENTOS PARA LA ELABORACION DE UNA ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGIA EN COLOMBIA

Colombia ha asumido el reto de transformar y modernizar todas sus estructuras. Dentro del esfuerzo de reconversión de su aparato productivo, aparece la biotecnología como pieza estratégica clave, por las siguientes razones: 1) Su posición prominente dentro del paradigma de la revolución industrial contemporánea. 2) El grado de incertidumbre que envuelve su desarrollo a nivel mundial que nos coloca en una posición de relativa igualdad con otros países para localizar nichos en los cuales adquiramos auténtica capacidad de competir. 3) Colombia posee ventajas comparativas, tanto por el grado de desarrollo de las comunidades biotecnológicas con relación a las de otros campos de la investigación y por el grado de aceptación que comienza a lograr entre los sectores productivos, como por la promesa que encierra nuestra biodiversidad.

El desarrollo de la biotecnología no sólo puede ser crucial en la incorporación de conocimiento de punta en nuestro aparato productivo, sino en impulsar el cambio cultural requerido por nuestra industria nacional. De ahí que se convierta en prioridad para Colombia y que uno de los once Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología creados recientemente se consagre a esta área.

La biotecnología moderna presenta uno de los ejemplos más claros de cómo las áreas más teóricas, como la biología molecular, permiten aplicaciones inmediatas y son la base para la expansión de la biología aplicada. La biotecnología es una herramienta valiosa para utilizarse en varios sectores económicos y puede contribuir a mejorar la calidad de vida, en campos como la salud

humana, la producción de cultivos alimenticios, la producción y la salud animal, la industria químico-farmacéutica y de alimentos, la conversión de biomasa a energía, la transformación de basuras y sus desechos agrícolas e industriales, el saneamiento ambiental y el control de polución. El punto clave en el beneficio de su aplicación es una selección cuidadosa a través de una evaluación seria y completa sobre las tecnologías propuestas para que respondan realmente a las necesidades, se adecúen a las condiciones y capacidades y busquen elevar al máximo los efectos deseables y minimizar los indeseables. Los principales criterios de selección de una biotecnología deben considerar esencialmente su relevancia, la calidad y la viabilidad de implantación con la situación específica. En otras palabras, debemos preguntarnos: ¿cuáles de los problemas o limitaciones del proceso productivo pueden resolverse con las soluciones que actualmente tenemos disponibles y estamos en capacidad de utilizar?

La experiencia de casi dos décadas de desarrollo de la biotecnología en países industrializados, en especial en los Estados Unidos, y algunas incursiones de países en desarrollo han dejado lecciones que es necesario comprender si se quiere adoptar estrategias para planes adecuados en biotecnología. No basta con el dominio de los fundamentos científicos y de las tecnologías básicas para lograr su materialización en bienes, procesos y servicios y para asegurar que lleguen al usuario y al mercado. Se requiere además un conjunto de condiciones políticas, técnicas, financieras y comerciales y la consideración de esquemas jurídicos y regulatorios apropiados.

Para el país se deben seleccionar y definir cuidadosamente los requerimientos de desarrollo e innovación biotecnológicos y considerar sus impactos en la economía y la estructura social. Las biotecnologías indudablemente generan beneficios, tienen riesgos económicos y sociales, y su impacto en la sociedad depende de las estrategias que se adopten para su utilización. En un país de tradición agrícola y cuya principal riqueza es la megabiodiversidad representada en plantas, animales y microorganismos, cabe proponer el estudio cuidadoso de las posibilidades que la biotecnología ofrece para conocer y aprovechar adecuadamente este recurso que representa una de nuestras ventajas.

La utilidad de la biotecnología en la preservación, manejo y aprovechamiento de nuestra riqueza biológica es muy amplia: incluye entre otros la conservación de germoplasma como recurso genético, el aprovechamiento de procesos microbianos y el estudio y la utilización de genes específicos de importancia por conferir características de resistencias o tolerancias a factores bióticos y abióticos o por ser responsables de producción de compuestos de interés farmacológico o industrial.

Con el fin de aprovechar adecuadamente las posibilidades que ofrece nuestra biodiversidad como fuente de desarrollo, es indispensable fortalecer aquellos estudios que permitan conocer nuestros recursos en relación con su entorno y su riqueza genética, y articularlos a los planes de acción de los programas que conforman el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

CONDICIONES PARA EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGIA

Los países en desarrollo se mantienen rezagados en el avance de la biotecnología a pesar de su potencial científico y tecnológico, debido a la carencia de condiciones tecnológicas y culturales para traducir ese potencial en beneficios económicos y sociales.

La versatilidad de la biotecnología para ser aplicada a diferentes formas de la producción a nivel mundial, su gran capacidad para desarrollar y mejorar procesos y productos de base biológica y la tendencia creciente del sector industrial a valorar los productos más por los conocimientos incorporados a ellos que por sus materias primas o su mano de obra, han ocasionado que esta nueva tecnología tenga características cada vez menos académicas y más ligadas al mercado y a la estructura productiva. Esto ha permitido establecer las condiciones técnicas y los incentivos necesarios para estimular la rápida movilización de las inversiones privadas de las compañías transnacionales, especialmente de los sectores farmacéuticos, de alimentos y de insumos agropecuarios, hacia la producción de bienes y servicios obtenidos a través del empleo de la biotecnología.

Este cambio en la organización de la producción implica, por un lado, que las compañías busquen un rápido retorno a sus inversiones en investigación y desarrollo mediante la aplicación de esquemas jurídico institucionales que garantizan la propiedad intelectual de sus innovaciones y desarrollos, lo cual trae consigo consecuencias para la libertad del flujo de información y la confidencialidad técnica, y por el otro el establecimiento de regulaciones estrictas en materia de bioseguridad para el manejo, liberación y comercialización de productos manipulados genéticamente de modo tal que se minimicen los riesgos ambientales.

El acceso a los avances biotecnológicos y la incorporación y el aprovechamiento del potencial que ofrece la biotecnología en los países en desarrollo, requiere entonces de una política articulada y coherente dirigida a incidir sobre el conjunto de condiciones necesarias para construir la capacidad científica y social requerida. Esta política debe contemplar desde los aspectos relacionados con el fortalecimiento de la capacidad científica y la adopción de un clima propicio para el desarrollo industrial y comercial que facilite la innovación y transferencia real y efectiva, hasta la adopción de una clara posición en relación con los aspectos de propiedad intelectual, patentes, sistemas de protección varietal, concesión de licencias y liberación de productos biotecnológicos.

Se requiere de la investigación científica y tecnológica sobre bases de continuidad en el largo plazo; organización de un marco de capital de riesgo; desarrollo de habilidades de ingeniería de procesos, de escalamiento industrial y de procesamiento final; estudios prospectivos y de seguimiento de las tendencias tecnológicas internacionales; análisis de los mercados potenciales, y estrategias de transferencia de tecnología que respondan adecuadamente a los factores mencionados.

Cinco tareas principales conforman los ejes de la estrategia que proponemos para la promoción de la investigación y el desarrollo en el ámbito de la biotecnología en Colombia.

1. Formación de investigadores calificados al más alto nivel en las diversas disciplinas que confluyen en la biotecnología. Esto implica la capacitación al nivel doctoral de los futuros

líderes de la investigación en cada uno de los grupos, cursos y pasantías de tipo posdoctoral para los investigadores experimentados, y el desarrollo a corto plazo de programas doctorales en las universidades colombianas, en disciplinas que den soporte a la biotecnología. La estrategia para la puesta en marcha de estos programas comprende desde la cooperación con universidades extranjeras y la generación de doctorados tipo "sandwich") hasta el desarrollo de programas conjuntos entre universidades del país o entre éstas e instituciones públicas o privadas que trabajen en biotecnología.

2. Consolidación de la comunidad biotecnológica nacional.

Se busca apoyar y fomentar el desarrollo de los grupos que existen ya en universidades, institutos o empresas privadas, pero además, generar mecanismos de interacción entre ellos y de ellos con sus homólogos en otros países, de manera que se constituyan verdaderas redes de cooperación nacional e internacional que potencien el uso de los recursos, y que puedan realizar emprendimientos conjuntos en productos y/o procesos seleccionados, de importancia suficiente para incidir apreciablemente en la resolución de los problemas nacionales.

3. Fortalecimiento de los vínculos entre el sector productivo y los investigadores.

La capacitación de un país en biotecnología depende tanto del avance en investigación biológica, como de su inserción en los procesos productivos de las empresas. Esta integración es definitiva. La necesidad permanente de la industria de incorporar conocimientos para hacer más eficientes los procesos, de mejor calidad o en general hacer más competitivos sus productos a nivel internacional lleva a la búsqueda de una acción cooperativa entre el sector investigativo y el productivo a través de programas o proyectos conjuntos de investigación y desarrollo. La industria biotecnológica es impulsada por los avances en investigación básica, pero la innovación tecnológica se orienta hacia aquellos productos que ofrecen el potencial de más altos y rápidos retornos de las inversiones en investigación y desarrollo.

El fortalecimiento de las interacciones entre los investigadores y el sector productivo facilita el proceso de desarrollo biotecnológico mediante la definición de necesidades, de productos y procesos promisorios y la propuesta de actividades conjuntas adaptadas a los requerimientos y a las capacidades del país. Estas actividades conjuntas pueden comprender la consultoría especializada, el establecimiento de cátedras y seminarios en temas específicos, el acceso a instalaciones que permitan escalar los procesos a nivel industrial, la transferencia de tecnología, el apoyo técnico y financiero a estudiantes que realizan investigaciones en el sector industrial, programas de capacitación de graduados, entre otros.

4. Desarrollo de un sistema legislativo que reglamente la propiedad intelectual, la bioseguridad y el uso del germoplasma.
5. Generación de una capacidad de monitoreo de la actividad científica e industrial en todas las disciplinas, técnicas e industrias relacionadas con la biotecnología que permita el análisis de las tendencias internacionales predominantes de investigación y desarrollo, y la visualización de las oportunidades de mercados y clientes potenciales. Este monitoreo debe necesariamente estar vinculado con la construcción de escenarios posibles mediante la aplicación de herramientas de prospectiva que permitan diseñar estrategias y tomar decisiones para planear el desarrollo futuro de la biotecnología en escenarios de tiempo previamente definidos. Esto implica no sólo la presencia de científicos formados a un nivel adecuado para entender y aprehender los últimos desarrollos científicos y tecnológicos, sino la constitución de redes de información y redes temáticas de biotecnología. En este aspecto desempeña un papel crucial la Red Colombiana de Científicos en el Exterior, que puede prestar tanto un servicio directo a través de sus miembros, como un servicio indirecto al constituirse en un verdadero cuerpo diplomático para la ciencia y la tecnología. También es importante considerar la ocasional contratación de firmas internacionales especializadas en el campo de la biotecnología para obtener información de más difícil acceso, pero indispensable para las definiciones estratégicas.

Cuando el grupo de ministros que participó en el diseño del nuevo Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología abordó la cuestión de definir los programas alrededor de los cuales habrían de estructurarse las actividades de investigación del país, se discutió la conveniencia de crear un Programa Nacional de Biotecnología o dejar que ésta se desarrollase dentro del amplio marco de los programas de desarrollo tecnológico industrial y calidad, de ciencia y tecnología agropecuaria y de ciencia y tecnología de la salud. El consenso del grupo se logró alrededor de la creación de un programa independiente. Para el Estado colombiano, el dinamismo que puede lograr este programa y su importancia estratégica fueron razones determinantes. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en su primera sesión determinó su creación abriendo una posibilidad sin precedentes y generando un reto para esta comunidad de investigadores y para las empresas de base biotecnológica. En Colciencias pensamos que, dentro de dos décadas, quizá algunos de los programas que fueron creados el año pasado no existirán o se habrán asimilado a otros de mayor dinámica. Estamos convencidos de que el de biotecnología tendrá para entonces plena vigencia y habrá respondido con creces a las expectativas que hoy tienen sus creadores.

Capítulo 5

ELECTRONICA, TELECOMUNICACIONES E INFORMATICA. NUEVA TECNOLOGIA PARA LA APERTURA

INTRODUCCION

Las nuevas tecnologías relacionadas con el procesamiento, el almacenamiento y la transmisión de la información tienen en nuestra era un carácter estratégico en el desarrollo de las sociedades, en razón de que permean progresivamente todos los sectores de la actividad económica y codeterminan los procesos sociales.

La lógica aplicada al tratamiento de la información; las ciencias de los materiales y sus propiedades, y el ingenio plasmado en sofisticados dispositivos, conforman la plataforma electrónica sobre la cual se apoya el notable avance de las telecomunicaciones, la automatización y el tratamiento avanzado de la información y el conocimiento. Soporte fundamental de estas transformaciones tecnológicas son las ciencias de la física, la química y la matemática, cuyos desarrollos se han plasmado en estas tecnologías.

La reflexión que hacemos al planear en forma participativa las actividades de quienes impulsarán el avance de estas técnicas a través de la investigación, se propone orientarlas hacia el uso de su potencial transformador en beneficio de la humanidad.

Una decisión fundamental que se debe tomar en relación con estas nuevas tecnologías es si el país debe ser únicamente receptor y beneficiario de estos desarrollos tecnológicos o pretender igualmente participar en el avance de este conocimiento.

La internacionalización y la modernización de la economía imponen retos sin precedentes a la industria colombiana en todos sus sectores. Los sectores productivos del país deberán no sólo incrementar su productividad sino acrecentar muy notablemente los niveles de calidad de su producción para conquistar tanto los mercados internacionales como los nacionales, ante una competencia externa avasalladora. La electrónica, las telecomunicaciones y la informática son áreas cuyo avance resulta primordial para ofrecerle a las empresas colombianas servicios que acrecienten su competitividad.

Perspectivas técnicas

El futuro de la electrónica y de la tecnología de la información continuará siendo de enormes cambios. Ante la perspectiva de una transformación de nuestras sociedades frente a una nueva era del conocimiento, las telecomunicaciones, la informática y la tecnología electrónica desempeñan papel preponderante.

Se espera que en 1992, el mercado mundial de equipos, servicios y componentes electrónicos sobrepase los 650.000 millones de dólares, correspondiéndole un 66% a equipos y componentes, 22% a *software* y servicios y aproximadamente un 11% a productos militares industriales y componentes no semiconductores (Electronics 1992).

En los ensayos preparatorios de este simposio, se han examinado en cierto detalle las tendencias fundamentales que marcan la evolución de las telecomunicaciones, la electrónica, la automatización industrial y la informática. Estas tendencias, discutidas y asimiladas en eventos como el presente, han de orientar a los investigadores colombianos para aumentar sus opciones de encontrar resultados pertinentes.

Situación colombiana

Ciertamente no podemos decir que en Colombia tengamos una trayectoria investigativa en estas áreas. Nuestras facultades de

ingeniería electrónica y de sistemas nacieron hacia finales de los años cincuenta y mediados de los sesenta y la actividad de nuestros ingenieros se inició con la operación de equipos y sistemas, mantenimiento y hasta hace no mucho con adaptación de algunas tecnologías. La actualización de programas universitarios se ha hecho con notable retraso y no podemos decir que haya habido contribuciones de importancia de los ingenieros que trabajan en nuestro país al desarrollo de la tecnología mundial.

Apenas hacia mediados de la década de los setenta se inicia la industria de la electrónica en el país. Las empresas nacionales se han dedicado fundamentalmente a la fabricación y ensamblaje de productos electrónicos que incluyen instrumentación y control, fuentes de alimentación, equipos de telecomunicaciones y de procesamiento de información. Ha sido una industria débil nacida del proteccionismo y poco viable en el contexto de apertura.

Un buen número de estas empresas iniciaron sus operaciones a partir de esfuerzos en investigación y desarrollo que les permitieron lograr diseños que pudieron ser comercializados; sin embargo, difícilmente mantienen actividades de investigación y desarrollo. Contamos con algunos grupos de investigación en un pequeño puñado de universidades. Se pueden destacar actividades de investigación en empresas como Telecom a través del Itec y de la División de Diseño y Ensamble, actualmente Gerencia de Servicios Tecnológicos, y en las distintas empresas de telecomunicaciones del país, como la Empresa de Telecomunicaciones de Santafé de Bogotá, las Empresas Públicas de Medellín y las Empresas Municipales de Cali.

En todos nuestros grupos de investigación y desarrollo se observa una precariedad de medios, equipos y elementos, escasez de información actualizada de carácter tecnológico, una difícil comunicación con la industria, ausencia de personal más calificado en áreas estratégicas y una baja actividad en el desarrollo de proyectos interdisciplinarios e interinstitucionales. También debe señalarse la escasez de las vocaciones de investigador en estas áreas. A pesar de ser la ingeniería de sistemas una de las carreras que mayor atracción ejerce sobre la juventud colombiana, es muy escaso el interés en adelantar programas de doctorado en esta y

en las demás áreas del programa. Ni siquiera un 10 % de los 150 candidatos que se presentaron al programa de formación de investigadores a nivel de doctorado de Colciencias se postuló para las áreas de electrónica, telecomunicaciones e informática.

Nuestro personal universitario de buena calidad y dinámica de trabajo no es aprovechado en la mejor forma por falta de comunicación y de coordinación entre grupos de investigación, que podrían, aunando esfuerzos, ser el semillero para conformar una masa crítica que le permita al país asegurar desarrollos tecnológicos de alguna importancia, en los que podría apoyarse una mayor competitividad de la industria y el trabajo nacionales.

OBJETIVOS DEL PROGRAMA

Proponer un programa de investigación en ETI en condiciones afectadas notablemente por estas carencias no es fácil. Puede caerse en el argumento equivocado de que como todo está por hacer, todo debe hacerse. Es cierto que el abanico de opciones estratégicas es bien amplio, pero la escasez de los recursos disponibles compele a definir senderos de avance audaces y muy bien delimitados. Ese es el propósito de todo el proceso que nos ha traído a este simposio.

Las dimensiones instrumentales del espacio donde se plantea esta escogencia son las siguientes:

1. La adecuación de la industria y del sector de los servicios nacionales, especialmente las telecomunicaciones, para absorber y apropiar conocimiento tecnológico.
2. La formación de ingenieros creativos e investigadores. Este instrumento se desdobra al considerar el énfasis que puede hacerse en los distintos niveles de formación, en las diferentes etapas del proceso que se está planteando.
3. La apertura de espacios y conexiones para facilitar la transferencia de tecnología entre creadores y desarrolladores, de una parte, y usuarios de la otra.

4. La creación y el desarrollo de instituciones de investigación, o de departamentos de investigación dentro de las industrias y empresas de servicios.
5. La puesta en marcha de dispositivos jurídicos y fiscales, particularmente aquellos relacionados con la propiedad intelectual, los subsidios, los descuentos tributarios y otras formas de incentivos fiscales, instrumento este que ha sido recientemente aplicado en Colombia.
6. La escogencia de nichos o líneas de avance del conocimiento en donde el país pueda lograr ventajas especiales que, una vez valorizadas, se conviertan en apoyos de la competitividad de la industria nacional.

En cada una de estas dimensiones, y en otras quizá, es indispensable llevar adelante actividades, tomar decisiones específicas y definir una magnitud de los esfuerzos. La combinación de estos instrumentos debe estar en correlación con la visión que tengamos de un escenario futuro de la ETI en nuestro país.

De otra parte, dentro de este planteamiento de opciones podemos visualizar cuatro escenarios posibles para escoger hacia dónde podemos dirigirnos.

1. Un país comprador de ETI (y en general de alta tecnología), especializado quizá en recursos naturales y en manufacturas que aprovechen más las ventajas de una mano de obra barata que de sus capacidades creativas; una economía compradora de conocimientos. En tal escenario, el desarrollo de ETI debe orientarse a la prestación de servicios, redes de mantenimiento, venta con apoyo, etcétera.
2. Un país con un sector ETI desarrollado en función de las necesidades del consumo. ETI de consumo. El problema es cómo darle competitividad. ¿Puede ello hacerse sin ofrecer servicios a los productores de estos bienes y servicios de consumo?
3. En el tercer escenario visualizamos un país en donde, además de la ETI de consumo, se prestan servicios al productor, automatización, diseño, mantenimiento de equipos de produc-

- ción. ¿Cómo puede competirse, en un contexto de economía abierta por supuesto, en este escenario? Esto puede hacerse:
- a) Aprovechando ventajas locales (protección natural).
 - b) Dominando redes de distribución comercial, por la vía de la prestación de servicios complementarios.
 - c) Por ventajas en una infraestructura de diseño y en una organización para obtener niveles de calidad superiores.
4. Centrando los esfuerzos de desarrollo del sector en la capacidad de diseño y en el desarrollo de la calidad. Este escenario, donde la competencia internacional es indudablemente más aguda, donde es más difícil apropiarse de segmentos importantes del mercado, es donde juegan más las desventajas de un desarrollo industrial deficiente y retrasado. Pero es igualmente el más atractivo teniendo en cuenta el potencial de los distintos mercados, y es el que ofrece las oportunidades más interesantes al talento nacional. Dos factores son condicionantes del éxito en esta opción: el conocimiento de los mercados mundiales y la investigación. Esta última le da solidez al diseño y es lo único que permite mantener posiciones de competencia.

Planteadas estas opciones estratégicas, conviene hacer algunas observaciones. ¿Debemos hacer de todo en nuestro país? Indudablemente no. La verdad es que la estrategia para un país como el nuestro no puede ni abarcar todo un escenario de los planteados, ni mucho menos optar por los que presentan las mayores dificultades. En realidad, la estrategia debe ser una estrategia de hilos verticales que, a partir de una innovación exitosa en cualquiera de los eslabones de la cadena que va desde el diseño, pasando por los servicios de apoyo, hasta la producción de bienes y servicios de consumo, se desenvuelve ocupando pequeños nichos en todos los eslabones, aprovechando las ventajas competitivas que le ha permitido esa innovación exitosa.

El plan que se propone centra sus esfuerzos en la estructuración de un equipo sólido y permanente de investigadores que le permita a nuestro país desenvolverse con eficacia dentro del planteamiento estratégico general que acabamos de enunciar.

Objetivo

El objetivo del Programa Nacional de Investigaciones en Electrónica, Telecomunicaciones e Informática es el de consolidar en el país grupos de investigación y desarrollo capaces de atender las necesidades nacionales en distintos aspectos, ofrecer un soporte adecuado a la industria nacional para ayudarla a competir a nivel internacional, y enriquecer al país con la generación de conocimiento que le abra nuevas opciones al talento nacional.

Estos grupos deben ser fuertes y disponer de una capacidad de gestión que les permita perdurar y asegurarles reconocimiento internacional.

Para el logro de estos objetivos es necesario contemplar una serie de estrategias fundamentales: desarrollo de una capacidad nacional de prospectiva y planeamiento; acuerdo para definir criterios de evaluación de proyectos de investigación y de innovación en ETI; puesta en marcha de mecanismos de coordinación entre gobierno, investigadores y sector productivo, y formación de una comunidad científica y tecnológica.

El acelerado desarrollo de estas áreas hace imprescindible conocer las tendencias en las nuevas tecnologías a nivel mundial, las situaciones de los mercados, los grandes proyectos de investigación que se emprendan, el nacimiento de nuevas empresas o la fusión de existentes, y todo aquello que permita vislumbrar el futuro en el campo de la electrónica, las telecomunicaciones y la informática en el mundo. La Red de Investigadores Colombianos en el Exterior se ha constituido en invaluable soporte para desarrollar esta actividad.

En el curso de la preparación de este evento, se realizó a comienzos del mes de julio un presimposio del Programa, cuyas conclusiones sirven de plataforma para el inicio de las discusiones a que nos aprestamos. A continuación se presentan algunas de las más importantes, con el objeto de someterlas a consideración y crítica.

1. Se señaló la necesidad de integrar programáticamente la investigación en electrónica, telecomunicaciones e informática. El

software necesario para operar circuitos es cada vez más complejo. Una posible estrategia para Colombia sería la de asegurar una actividad prospectiva importante acerca de la evolución del *hardware* para apuntar a vertientes promisorias de desarrollo del *software* complementario que esos desarrollos requieren. Allí se concentraría la actividad de investigación y la actividad empresarial colombiana en materia de informática.

Las áreas más dinámicas de avance en la electrónica y la automatización, la reducción de paquetes por ejemplo, es muy altamente intensiva en apoyo lógico. El *software* a nivel mundial tiene años de retraso frente al avance de los circuitos electrónicos.

2. Es importante tender puentes entre las líneas generales de la prospectiva (tendencias, escenarios) y los proyectos concretos de investigación y desarrollo tecnológico. Hay reglas generales para el establecimiento de estos puentes, pero existe la necesidad de darle un espacio a la creatividad en este proceso.
3. Las redes de información científica y tecnológica son fundamentales para el desarrollo del área y para la transferencia del conocimiento a la industria.
4. Se proponen dos vías para aprovechar las ventajas comparativas que el país pueda tener en sus capacidades para el desarrollo de la informática y para el desarrollo de la electrónica y las telecomunicaciones:
 - a) Orientar las actividades de investigación y diseño de informática hacia las necesidades de la industria electrónica y de los servicios de telecomunicaciones.
 - b) Impulsar a la industria electrónica hacia el desarrollo de productos que aprovechen las ventajas que pueda tener el país en *software*.
5. El Programa debe definir estrategias para la formación de investigadores, acentuar la relación entre la investigación y la industria, mejorar la gestión de la investigación y asegurar la divulgación del conocimiento.
6. Es necesaria una transformación profunda de los procesos de formación en ingeniería, orientándolos hacia el desarrollo de la creatividad y la versatilidad. La enseñanza debe progra-

marse en una forma flexible y moderna, inserta dentro de una conceptualidad renovada; debe fundamentarse en una sólida preparación científica, en desarrollar una capacidad de comprensión del entorno en donde se da el desarrollo tecnológico, y destrezas para anticipar las tendencias que determinarán el éxito de sus innovaciones.

La formación debe ser flexible, pluritecnológica, científicamente fundamentada y ligada al contexto industrial.

7. Las estrategias industriales de los países avanzados se fundamentan en la incorporación masiva de componentes electrónicos en sus productos. Esta tendencia debe correlacionarse con la importancia creciente del desarrollo de *software* dentro de los componentes electrónicos, lo que señala opciones claras para la industria de los países en desarrollo que aspiran a incorporarse a la industria a nivel mundial.
8. Una proyección del desarrollo de la electrónica, las telecomunicaciones y la informática se da hacia el multimedia. Se trata de una apertura que abre importantes opciones comerciales de aplicación de las capacidades de investigación y diseño de los países que aspiren a penetrar el mercado mundial.
9. En la informática y en las telecomunicaciones, una de las áreas prioritarias de desarrollo es la integración de sistemas heterogéneos. Otra, el avance de las herramientas de ingeniería de *software*. En telecomunicaciones se subraya la tendencia hacia los sistemas integrados de telecomunicaciones personales como una de las tendencias de más reciente aparición, y que puede considerarse un programa integrador de tendencias más amplias, hacia la digitalización, el procesamiento distribuido de las telecomunicaciones y la integración de servicios por redes digitales, y el desarrollo de materiales ópticos de alta eficacia en las comunicaciones.
10. Se subraya también la importancia de los proyectos pluridisciplinarios estructuradores, a los que se dé el carácter de prioridad nacional. Estos macroproyectos deben igualmente pretender una integración vertical entre la investigación de base y los procesos de innovación en los sectores productivos.

11. Esfuerzos especiales deben hacerse en el programa de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática para desarrollar las aplicaciones comerciales del avance tecnológico. En la investigación tecnológica el criterio de rentabilidad debe ser determinante y el espacio de análisis de esta rentabilidad debe ser el mercado internacional. Las estrategias comerciales en que se fundan las líneas de producción o las empresas mismas se caracterizan por la aspiración a penetrar mercados abiertos. El nuevo contexto de apertura modificó profundamente las opciones estratégicas que puedan dar lugar a la creación de nuevas industrias y al desarrollo de nuevas líneas en las empresas ya existentes.
12. Es necesario diferenciar la investigación de la consultoría y también la transferencia de conocimiento innovador de la consultoría. El rol fundamental de las universidades debe estar en la investigación y en el desarrollo de ese conocimiento de base y tecnológico en que se fundamenta y que aplica la consultoría.
13. El *software* de base que se desarrolle en Colombia debe ser de uso dedicado, relacionado con necesidades específicas del *software* aplicado.
14. Se señala la importancia de que las universidades colombianas superen las reticencias a asociarse entre ellas, con sus profesores y con la empresa privada para establecer las sociedades puente donde han de cristalizar los proyectos conjuntos universidad-industria.
15. Es necesario delinear el perfil de un nuevo tipo de empresario industrial en Colombia. Su contacto con la dinámica de la investigación, su disposición a la innovación, al riesgo y al emprendimiento de largo plazo, son cruciales para la sobrevivencia de la industria colombiana. Las universidades deben contribuir a la formación y a la reconversión de nuestros empresarios. También es necesario desarrollar en el país una capacidad de gestión tecnológica, que combine los recursos de los centros de investigación y de la industria.
16. La estrategia fundamental del programa de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática debe ser la consolidación de

grupos de investigación que conformen una comunidad nacional articulada y que opere dentro de las corrientes del avance del conocimiento a nivel mundial.

Estos planteamientos del presimposio y los documentos de los asesores nacionales son la plataforma para las discusiones. La actividad de planeación de la ciencia y la tecnología es indispensable para que el país haga el mejor uso de sus escasos recursos; y la forma de realizarla es contando con la participación activa de distintos organismos del Estado, de un destacado grupo de empresarios y de los más importantes investigadores del país en esta área, con el propósito de lograr el mayor nivel posible de realismo y el compromiso de todos los actores con sus responsabilidades en el desarrollo de las nuevas tecnologías en nuestro país.

El presente estudio de investigación fue concebido en la continuidad de los trabajos de investigación que se han venido realizando en el campo de la tecnología y la innovación en Colombia, y que se han desarrollado en el marco de los proyectos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia, en particular en el área de la tecnología y la innovación. El presente estudio de investigación se enmarca en el contexto de la política de ciencia y tecnología de la Universidad Nacional de Colombia, y en particular en el área de la tecnología y la innovación. El presente estudio de investigación se enmarca en el contexto de la política de ciencia y tecnología de la Universidad Nacional de Colombia, y en particular en el área de la tecnología y la innovación.

12. El presente estudio de investigación se enmarca en el contexto de la política de ciencia y tecnología de la Universidad Nacional de Colombia, y en particular en el área de la tecnología y la innovación.
13. El presente estudio de investigación se enmarca en el contexto de la política de ciencia y tecnología de la Universidad Nacional de Colombia, y en particular en el área de la tecnología y la innovación.
14. Se analiza la importancia de que las universidades colombianas cooperen entre ellas, con sus profesores y con las empresas privadas, para el desarrollo de la tecnología y la innovación en Colombia.
15. Se analiza el perfil de los empresarios de empresas de tecnología en Colombia. Se analiza el desarrollo de la tecnología y la innovación en Colombia, en particular en el área de la tecnología y la innovación. Se analiza el desarrollo de la tecnología y la innovación en Colombia, en particular en el área de la tecnología y la innovación.
16. La presente investigación se enmarca en el contexto de la política de ciencia y tecnología de la Universidad Nacional de Colombia, y en particular en el área de la tecnología y la innovación.

Capítulo 6

ENERGIA Y MINERÍA.

CIENCIA CONTRA LA OSCURIDAD

Durante los últimos 30 años se ha despertado progresivamente la conciencia de la humanidad acerca de las limitaciones de los recursos del orbe. Los modelos de crecimiento abiertos, en los que desde un centro y un mercado esencialmente urbanos se controlaban operaciones de explotación de recursos, infinitos para efectos prácticos, fueron sustituidos en una primera fase de este proceso por modelos donde el agotamiento de los recursos a escala global era el pivote central de las estrategias nacionales y empresariales y la preocupación orientadora de los análisis de prospectiva. En la segunda fase de esta toma de conciencia, los límites del crecimiento fueron relativizados. Cuatro factores fundamentales hicieron más llevadero el apocalipsis y entreabrieron una claraboya de esperanza: 1) la posibilidad de renovar o recuperar algunos recursos; 2) el descubrimiento de materiales sustitutos que, siendo considerablemente más costosos, se encuentran en relativa abundancia a disposición de la humanidad; 3) los avances científicos que permiten la explotación de nuevas fuentes de energía y nuevos materiales, y 4) el desarrollo tecnológico que aumenta perceptiblemente la eficiencia en el uso de los recursos tradicionales.

La proyección fatalista de una línea continua hacia el agotamiento absoluto de los recursos fue sustituida, en esta segunda fase, como una era de transición entre una época de recursos y energía baratos y otra de recursos y energía costosos.

Proyecciones más sofisticadas matizan el carácter de esta transición, anotando que en ese devenir se suceden coyunturas de penuria de recursos (principalmente energéticos) y otras de relativa abundancia. En estas últimas los precios caen y se desestiman las inversiones tanto en el desarrollo tecnológico como en la prospección de los recursos. Igualmente destacan la inestabilidad intrínseca de los equilibrios entre demanda y oferta de recursos y la asocian con los largos períodos de maduración de las colosales inversiones que son necesarias para realizar los proyectos energéticos y mineros; con el carácter ocasional ("windfall") de los descubrimientos de yacimientos, y con la independencia mutua (aislamiento) de los procesos de planeación de las distintas fuentes de energía a nivel internacional y aun nacional en algunos casos.

En esta era de transición, que coincide además con una fase de exacerbación de la competencia a nivel internacional, resulta de gran ayuda disponer de atributos geográficos y naturales. Pero el dominio de los mercados (hacia donde fluyen los productos que se elaboran con esos recursos) se lo disputan las naciones que producen conocimiento y que, con la ayuda del saber científico, aprovechan sus recursos naturales para la competencia. En otras palabras, sólo con un desarrollo permanente del conocimiento, con una capacidad nacional muy fuerte para aprovechar los recursos naturales, con un planeamiento estratégico a largo plazo, concebido a la luz de los desarrollos teóricos más avanzados, puede una nación moderna aprovechar el potencial de sus recursos naturales.

En Colombia, el planeamiento energético ha entrado en una crisis. Un uso mecanicista de los modelos de planeamiento que le rinden culto a ingentes masas de información empírica y el empleo de variables de numerosas cifras significativas pero que ignoran tanto lo cualitativo como lo estructural, se encuentra en la raíz de estas deficiencias. De allí que resulte imprescindible desarrollar el conocimiento y aprovechar los avances teóricos conceptuales en el estudio de los procesos dinámicos que han dado lugar a una revolución del pensamiento científico. Las teorías del caos y las catástrofes, por ejemplo, a pesar de lo que sugieren sus

denominaciones, permiten aproximarse en una forma más segura a trayectorias estables de disponibilidad de los recursos y fuentes energéticas; pero aún no han entrado en nuestros modelos de previsión y planeamiento y muy poco inclusive en los currículos de nuestras facultades de ingeniería. Se nos ha ido el tiempo en una alternación binaria de discursos simplistas sobre capacidades excesivas y capacidades insuficientes, sin que hayamos logrado desarrollar una noción eficaz y practicable de seguridad energética, como fundamento de la planeación de los recursos.

Pero esta carencia no ha afectado exclusivamente a la planeación. Prácticamente todos los aspectos del manejo energético en Colombia han padecido, al igual que los procesos de explotación de los recursos minerales, de la baja incorporación de conocimiento en los procesos, de la importación de técnicas sin que se dominen las bases teóricas que les dan sustento, de la mínima capacidad de manejo global de los problemas y de la despreocupación por el contexto conceptual en el cual se desenvuelven.

Desde hace años hizo carrera entre nosotros una curiosa versión del pragmatismo, que supone que en la preocupación por lo inmediato, por lo puntual, por el corto plazo, se encuentra la eficiencia. Desafortunadamente esta versión se mantiene, a pesar de la enorme evidencia en contra que proveen las sociedades pobres en recursos que apostaron por el desarrollo intensivo en conocimiento. El resultado colombiano ha sido el insuficiente y desordenado desarrollo tecnológico en el cual los recursos y los esfuerzos se desperdician, en forma que no se compadece con las necesidades de la sociedad.

Sin embargo, la actual coyuntura colombiana es muy importante. El proceso de apertura nos colocó en el escenario mundial y planteó la necesidad de competir en pie de igualdad con quienes producen el conocimiento y la tecnología basada en este saber; con quienes produjeron la profunda revolución en nuestras formas de entender la disponibilidad y la forma de explotación de los recursos. Nuestra industria y forma de vida deben modernizarse rápidamente en un proceso en el que las ineficiencias deben ceder el paso a procesos basados en la investigación básica y aplicada, a la formación de gente al más alto nivel y a la adaptación

acelerada para poder participar con más competencia en el nuevo contexto.

La era de transición global en la disponibilidad de los recursos a que se ha hecho referencia coincide con una fase de rápido cambio técnico en todas las áreas del conocimiento que puede retardar considerablemente el advenimiento de la fase de energía y recursos naturales caros.

Esta revolución científico-técnica ha tenido desarrollos y ciclos en distintos sectores. En los años setenta y ochenta hubo avances prodigiosos en la tecnología de la microelectrónica, las ciencias de la información y las telecomunicaciones. Posteriormente, la biotecnología se convirtió en el sector más dinámico, particularmente con los grandes avances científicos de la biología molecular, y se prevé que tendrá un desarrollo aún más acelerado en lo que resta de esta década y en los primeros años de la próxima. De acuerdo con lo anterior, las investigaciones y descubrimientos del próximo siglo deberán ubicarse alrededor del aprovechamiento de las fuentes energéticas y de los recursos naturales.

La disponibilidad de los recursos naturales, su utilización eficiente en todas las actividades, la planificación visionaria energético-minera y el desarrollo de una capacidad prospectiva en el área, conforman el panorama de cualquier reflexión acerca de lo que en Colombia se debe investigar en los próximos años, no solamente para resolver los problemas presentes del sector energético y aumentar la eficiencia y racionalidad global de la explotación de los recursos naturales, sino para prepararnos a construir el conocimiento y la capacidad creativa que el país debe tener a finales de la próxima década en materia de energía y de recursos naturales en general.

EL RETO DE LOS FINALES DEL SIGLO XX Y LOS COMIENZOS DEL SIGLO XXI

Visión internacional

La energía y la minería ocupan un lugar especial en todos los análisis económicos, sociales y ambientales. Es variable obligada

en la formulación de estrategias dirigidas a reducir la contaminación ambiental y a prevenir el calentamiento del planeta.

Estos dos sectores son tan determinantes en el desarrollo de los países, que grandes recursos y numerosos centros de investigación en todo el mundo dedican esfuerzos considerables a la innovación de tecnologías capaces de abastecer los requerimientos energéticos y mineros, a la vez que a preservar el medio ambiente.

Es innegable que el uso indiscriminado y "torpe" que de los recursos energéticos han hecho el mundo en general y los países industrializados en particular ha ocasionado el desequilibrio de economías y ha producido conflagraciones internacionales y detrimentos de ecosistemas. Por esta razón, el plan de investigaciones en energía y minería en nuestro país debe partir de un análisis de la situación internacional, de una evaluación de sus fortalezas y debilidades, con miras a identificar las estrategias capaces de insertarnos adecuadamente en el contexto internacional.

Aumento en la producción y consumo

En 1988, el consumo mundial de energía primaria ascendió en 3.7%, y actualmente continúa mostrando un curso de espiral ascendente. La utilización del petróleo, por ejemplo, se elevó en un 3.1%¹, recayendo sobre Estados Unidos casi la mitad del consumo entre los países desarrollados. Adicionalmente, a pesar de ser reconocido como un recurso finito, el petróleo sigue siendo el combustible más empleado a nivel mundial y el 40% de la energía primaria consumida en el planeta proviene de él.

El carbón ocupa un segundo lugar entre las fuentes de combustible al proporcionar cerca del 30% de la energía empleada a nivel mundial. Según cifras del Banco Mundial² entre 1987 y 1989 su uso se incrementó en un 3.7%, a pesar de que a este

1 "Recursos mundiales: una guía del ambiente mundial". Informe del Instituto de Recursos Mundiales; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Oxford. 1990.

2 *Ibid*, p. 179.

recurso se le debe gran parte de la contaminación de dióxido de azufre y bióxido de carbono. Tal afirmación puede verse disminuida al confrontarse con otros estudios que demuestran que las emisiones de dióxido de carbono provenientes de la combustión del carbón no superan a nivel global el 8% del total de las emisiones, cifra bastante pequeña en comparación con las producidas por los vehículos de transporte con motores de combustión interna³. Los países son conscientes de tales dificultades y trabajan activamente en opciones tecnológicas de "purificación de carbón" para la generación de electricidad. La combustión en lecho fluidizado, la gasificación y licuefacción se ponen al orden del día como tecnologías viables desde el punto de vista económico⁴.

El gas natural se convierte cada día más en una fuente energética de gran crecimiento en virtud de su utilización como sustituto del petróleo y de la posibilidad de disminuir los problemas ambientales relacionados con los combustibles fósiles⁵.

El uso del gas natural según las mismas fuentes del Banco Mundial proporciona cerca del 20% de la energía del planeta e incrementó en 4.7% su uso en 1988. Sus más grandes consumidores fueron la Unión Soviética, los Estados Unidos de América y Europa Occidental. América Latina ha aumentado considerablemente su consumo y países como Argentina, Brasil y México lideran programas de empleo masivo.

La energía nuclear incrementó su producción mundial en más de un 5% en 1988. Este aumento es en gran medida artificial, debido a que refleja la terminación de reactores cuya construcción fue iniciada desde hace varios años atrás.

3 Reinstejn, David. "El carbón en el contexto energético colombiano", *Energética*, revista de estudios energéticos. Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, septiembre de 1991.

4 La gasificación de carbón y la combustión en lecho fluido están en vías de ser comercializadas internacionalmente y es probable que durante las próximas décadas sean adoptadas de modo gradual, conforme las utilidades hagan posible la rehabilitación de las plantas generadoras y el aumento de su capacidad.

5 La combustión del gas natural sólo arroja aproximadamente la mitad del bióxido de carbono emitido de la deflagración de una cantidad equivalente de carbón tipo comercial.

No obstante la producción de los Estados Unidos y la Unión Soviética, el panorama mundial de la energía nuclear se ha visto considerablemente restringido como consecuencia del accidente de Chernobyl. Este ocasionó una baja en la demanda de construcción de nuevos reactores y es previsible que disminuya la capacidad de generación nuclear en casi todos los países. Sin embargo, las futuras limitaciones de recursos fósiles (petróleo y gas), alteran el panorama anterior.

La energía hidroeléctrica proporciona casi el 7% de la demanda energética mundial (su uso se incrementó ligeramente en 1988). Los países que más la utilizaron fueron Canadá y Estados Unidos de América.

A pesar de la creciente polémica sobre los daños ecológicos que ocasiona su generación, ésta se configura como recurso renovable y de incremento futuro a pesar de los elevados costos que representa su utilización en usos distintos a la iluminación y la fuerza motriz.

Reservas de recursos energéticos

Para el final de la pasada década las reservas de petróleo se calculaban en 128 mil millones de toneladas métricas, de las cuales más del 70% se hallaban en poder de los países miembros de la OPEP. Sin embargo, se han incrementado las reservas probadas en los países no miembros de la organización petrolera mundial pero esta cantidad sólo representa un 17% del suministro mundial.

China posee el 16% de las reservas de carbón, mientras que Estados Unidos y Rusia el 25% cada uno. Como ejemplo de la enorme abundancia de este recurso, se puede señalar que las reservas probadas de carbón solamente de los Estados Unidos son un 43% más elevadas que las reservas mundiales sumadas de petróleo y gas natural.

Los depósitos más grandes de gas natural se encuentran en Siberia con alrededor del 38% de las reservas totales, y en los países del Medio Oriente pertenecientes a la OPEP, que en su conjunto poseen aproximadamente el 30%. América Latina reú-

ne el 6.1%, lo cual la hace importante respecto a sus posibilidades de utilización en uso doméstico e industrial.

La energía hidroeléctrica es un recurso potencialmente vasto en los países en desarrollo. Hacia 1980 América del Norte y Europa desarrollaron su potencial hidroeléctrico en gran escala, en un 59% y 36% respectivamente, mientras que América Latina sólo el 8%. No obstante este incremento, es posible la reducción de nuevas instalaciones tanto por preocupaciones financieras como ambientales. Muchas naciones, particularmente aquellas de poca industrialización, están instalando unidades hidroeléctricas en pequeña escala, las cuales no suelen estar conectadas con redes centrales de distribución, sino que se utilizan para apoyar labores agrícolas o para suministrar energía a poblaciones aisladas.

Las fuentes energéticas renovables ocupan más espacio cada día en los balances energéticos de los países donde alcanzan cifras hasta del 5% de la energía primaria (Australia, Austria, Canadá, Dinamarca, Suecia y Suiza).

Debido a su potencial incalculable y a la enorme preocupación relacionada con el efecto ambiental de los combustibles fósiles, los recursos renovables pueden convertirse en un elemento importante del panorama energético mundial si se adoptan políticas que favorezcan su crecimiento.

Perspectivas de investigación en el campo energético y minero a nivel mundial

Energía

Además de las tendencias ya mencionadas, se pondrán en práctica políticas tendientes a mejorar la eficiencia en la utilización de los combustibles fósiles y a ampliar el espectro de fuentes disponibles en la búsqueda de una mejor relación con el ambiente.

En Estados Unidos, por ejemplo, se está analizando la producción eléctrica en su conjunto y las opciones para ahorrar energía, con miras a minimizar los costos totales de consumo. Algunos países europeos empiezan a subsidiar desarrollos solares para

su instalación en el Tercer Mundo y ponen en práctica proyectos que en el mediano plazo disminuyan la contaminación del petróleo y del carbón.

A comienzos del próximo siglo se sustituirán sustancialmente los hidrocarburos y se incrementará la utilización de la energía solar y otras fuentes alternativas.

Entre las tecnologías previstas como competitivas para el año 2000 se encuentran: las bombas de calor, la utilización de crudos pesados y esquistos bituminosos, el empleo de la energía geotérmica y de calefacción solar, la refrigeración solar, los combustibles sintéticos del carbón y el desarrollo comercial de automóviles eléctricos.

Es previsible que al final del presente y a comienzos del próximo siglo la licuefacción y la gasificación del carbón sean procesos técnica y económicamente viables. También se aumentará la operación de los sistemas autónomos a mediana y pequeña escala, donde no sólo se utilicen las fuentes no convencionales de energía sino además la cogeneración y la operación de sistemas de conservación de energía.

La concepción de una planeación integrada será el escenario metodológico donde participen las diversas fuentes energéticas y converjan varias disciplinas en una problemática económico-socio-ambiental.

Minería

La minería del carbón y del petróleo tiende a la robotización. Ya se observan labores mineras de tipo subterráneo y a cielo abierto en donde las estrategias de mecanización se acercan a los sistemas autónomos. La misma tendencia se observa en recursos mineros no energéticos tales como roca fosfórica, minerales de níquel, hierro, bauxita y cinc.

La recuperación de oro de veta se intensificará en los países desarrollados y se automatizará la obtención del oro de aluvión en los subdesarrollados.

El incremento en el uso de los minerales silíceos en los nuevos materiales favorecerá la explotación y refinación de los mismos. Sin embargo, sólo muy pocas compañías a nivel internacional tendrán las tecnologías y los recursos necesarios para emprender los grandes proyectos mineros.

La preservación del medio ambiente: un reto mundial

A pesar de los beneficios que traen para la humanidad los recursos energético-mineros, ellos son los principales causantes de la degradación ambiental.

La explotación, producción y uso de los minerales energéticos y no energéticos y de las fuentes fósiles de energía (petróleo, carbón y gas natural) contaminan el aire y el agua, y producen la lluvia ácida y la emanación de gases que inducen el efecto de invernadero que altera la atmósfera y propicia los cambios climáticos. La energía nuclear y la producida por las centrales y presas hidroeléctricas también deterioran el entorno.

Con relación a Latinoamérica, aunque ésta dispone de los recursos naturales que le permiten programar su desarrollo a largo plazo (posee el 3% de las reservas probadas de combustibles fósiles y el 19.5% del potencial hidroeléctrico utilizable. Con el 8% de la población del mundo, disfruta del 23% de la tierra arable, del 23% de los bosques, del 46% de las selvas tropicales y del 31% del agua superficial utilizable)⁶, tiene problemas ambientales cada día más apremiantes. La deforestación, el proceso de urbanización acelerada, la contaminación industrial, son fenómenos extendidos y para los cuales no se han implementado políticas tendientes a prevenirlos o a eliminarlos.

Latinoamérica se ve afectada por los fenómenos de calentamiento del planeta, adelgazamiento de la capa de ozono, precipitaciones ácidas, que degradan el medio ambiente. Contribuye al

6 Datos tomados del Informe del Banco Interamericano de Desarrollo, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. *Nuestra propia agenda: "El impacto del deterioro ambiental en la sociedad y en la economía". 1990.*

calentamiento global de la atmósfera por la acumulación del CO₂ con el 12.9-14.2%. La producción del clorofluorocarbono y halones es mínima y por consiguiente su influencia en la destrucción de la capa de ozono en términos globales es insignificante.

En cuanto a las fuentes energéticas, cada una causa su propio impacto cualitativo, cuantitativo, geográfico y social. Así por ejemplo, como consecuencia del uso masivo e inadecuado de la leña para cocinar en Latinoamérica, la región se ve afectada por la deforestación, la erosión, la pérdida de germoplasma, el cambio del microclima, la contaminación atmosférica y la disminución de la recarga de los acuíferos.

Por su parte, la minería y la industria están asociadas a problemas ambientales tales como la contaminación del aire e hídrica. Esta última está relacionada con la descarga a los ríos de residuos contaminantes químicos y metales pesados cuyas concentraciones exceden las normas establecidas.

Las represas utilizadas para la generación de energía eléctrica dan lugar al cambio del entorno, extinción de la flora y de la fauna, destrucción de ecosistemas, erosión por sedimentación y deforestación, modificación del flujo de las corrientes de agua, cambios climáticos, etcétera.

Los combustibles fósiles, especialmente el carbón, aportan su cuota de contaminación a causa de la emisión del CO₂ y del SO₂, lo cual influye especialmente en el efecto de invernadero.

Con miras a minimizar los efectos anteriormente mencionados, los programas de cooperación nacional e internacional deberán tender a: aumentar la eficiencia en la producción y uso de los recursos naturales; investigar sobre la intensificación del uso del gas natural como sustituto de los combustibles tradicionales (petróleo, carbón); fomentar el desarrollo y uso de la energía solar y otras fuentes de energía libres de carbono; optimizar la eficiencia energética de las plantas actuales; investigar sobre combustión de carbón mediante su gasificación y posterior quema en turbinas de ciclo combinado y combustión en unidades presurizables de lecho fluidizado. Es importante para Colombia, poseedora de reservas considerables de carbón, introducirse en los problemas de su licuefacción y en la búsqueda de un mayor valor agregado del

recurso. Para el transporte, causante de altos niveles de contaminación urbana, las investigaciones deberán tender a la optimización en el ahorro de combustible y en la limpieza de los combustibles utilizados.

Los proyectos bilaterales y multilaterales de investigación deben enfocarse hacia la resolución de problemas de mutuo interés, tales como el aprovechamiento de las cuencas y ecosistemas compartidos, las precipitaciones ácidas, la seguridad ecológica, el destino de los residuos tóxicos, la pérdida de la biodiversidad, la destrucción de la capa de ozono, el calentamiento climático global, el riesgo nuclear y el uso del espacio exterior.

Sólo con la ayuda de la ciencia y la tecnología, la formación y estímulo de los recursos humanos capacitados, la integración y fortalecimiento del sistema regional científico-tecnológico, es posible defender la existencia del planeta y elevar la calidad de la vida de sus habitantes.

Visión nacional: presente de la investigación sobre recursos energéticos y mineros

Colombia es un país con ricos y variados recursos energético-mineros que lo caracterizan en el contexto mundial y sobre todo en el ámbito latinoamericano.

Las fuentes de energía primaria, las no convencionales, las provenientes de las hidrotermoeléctricas y de los combustibles fósiles, le han permitido al país autoabastecerse y en los últimos años pasar de importador a exportador de petróleo crudo, carbón y algunos de sus derivados.

En el campo de los recursos minerales cuenta con yacimientos importantes de níquel, cobre y metales preciosos, entre otros. Son notables los depósitos de calizas, yesos, mármoles y rocas fosfóricas.

La contribución de los recursos mineros, incluidos los hidrocarburos, a las exportaciones representa cerca del 40% de las divisas del país, porcentaje que supera a los que provienen por concepto del café y otras exportaciones menores.

Ciertamente en el campo de la energía y la minería el país en las últimas décadas ha avanzado comparativamente con respecto a otros sectores productivos. Se han construido refinerías, oleoductos, centrales termo e hidroeléctricas. Sistemas de explotación minera modernos extraen las materias primas y el nivel técnico alcanzado por los ingenieros es satisfactorio. Sin embargo, al lado de estas realizaciones se encuentran en el atraso, abandono y obsolescencia la mediana y pequeña minería que contribuyen a que la balanza de pagos del país sea positiva.

Los avances alcanzados fundamentalmente se deben a la importación y transferencia de tecnologías y, en menor grado, al desarrollo tecnológico y a la innovación nacional.

Convenios de cooperación internacionales y nacionales han propiciado la interacción de entidades productivas con los institutos de investigación y con las universidades. Colciencias estableció convenios con Carbocol, ISA y Ecopetrol para la realización de proyectos de investigación de utilidad para las empresas y para el país, los cuales han empezado a dar sus frutos. Vale la pena mencionar el convenio Carbocol-Colciencias constituido como Fondo Nacional de Investigaciones en Carbón —Fonic—, orientado a promover el desarrollo industrial, tecnológico y científico del sector carbonífero nacional. A través de este convenio se han asignado más de mil millones de pesos y se han financiado proyectos a diferentes universidades e institutos de investigación. Entre ellos podemos mencionar: la fabricación de briquetas cilíndricas para utilizarlas en zonas rurales; la evaluación y selección de la tecnología más adecuada para la gasificación de carbón, con el objeto de evaluar las posibilidades de sustitución de hidrocarburos líquidos por gas de mediano poder calorífico en el sector industrial de la región; la construcción de una planta piloto para la producción de gas a partir de carbón por pirólisis primaria para el suministro de pequeñas poblaciones apartadas; la construcción de hornos de solera para el mejoramiento del proceso de producción del coque y la preparación de mezclas densas carbón-agua ("slurries") para utilizarlas como sustituto de hidrocarburos. Asimismo, el Fonic apoya investigaciones relacionadas con la carboquímica, como por ejemplo sobre el proceso de hidrogenación del carbón.

El convenio ha contribuido a la adecuación de laboratorios, a la consolidación de un grupo de investigadores colombianos y a la búsqueda de un mayor valor agregado para el recurso. Además, se ha considerado la investigación del impacto ambiental como parte constitutiva del programa. El Fonico ha demostrado que es posible la interdisciplinariedad, la interrelación de diferentes grupos de investigación y la estrecha vinculación universidad-industria.

El convenio ISA-Colciencias, suscrito en agosto de 1990, destina recursos para el fomento de la investigación de interés para el sector eléctrico como el diseño de líneas de transmisión, el sistema de calidad del sector, la normalización técnica, la unificación de especificaciones técnicas y la homologación de productos, entre otros.

El convenio Ecopetrol-Colciencias contribuye al aprovechamiento cada vez más eficiente y adecuado del sector petrolero y de la industria petroquímica, mediante el desarrollo científico y tecnológico.

Las universidades realizan proyectos en el campo de la alta tensión entre los cuales se destaca el estudio de las descargas atmosféricas en Colombia y la incidencia de las descargas atmosféricas en la línea Torca-Circo.

En el campo de las fuentes de energía nuevas y renovables, se consolidarán grupos de investigadores que han realizado interesantes proyectos sobre energía solar, eólica, biogás, alcoholes, recuperación de calor, etc. El trabajo ha sido emprendido principalmente por las universidades y por algunas fundaciones. El Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, mediante el decreto No. 588 de 1991, modificó los estatutos básicos del Instituto de Asuntos Nucleares-IAN y lo facultó para elaborar y adelantar programas científicos y tecnológicos en el campo de la energía nuclear y en las energías no convencionales, incluyendo el ahorro de energía. Es de esperar que el IAN dentro de su nueva estructura catalice las investigaciones en energías no convencionales y defina, junto con la Comisión Nacional de Energía, las políticas que permitan su inserción en el panorama energético nacional.

No se pretende desconocer que en Colombia existen investigadores, asesores y consultores ni que se hayan elaborado progra-

mas de planeamiento energético-mineros. Sin embargo, los resultados en la práctica no han rendido muchos frutos. En la mayoría de los casos, resolvieron problemas a corto plazo, puntuales, sin estrategias que plantearan soluciones a largo plazo. Las instituciones pretendieron resolver los problemas de investigación y desarrollo tecnológico cada una por su lado, sin tener en cuenta la interrelación de sus actividades y el objetivo integral de la nación.

En cuanto al desarrollo minero, el país tiene experiencia en la gran minería del carbón y de níquel en Cerro Matoso. Para estos proyectos los sistemas de explotación, transporte y beneficio de minerales están a la altura de la tecnología utilizada en los países industrializados e incluyeron estudios para la conservación del medio ambiente. No ocurre lo mismo con las explotaciones mineras a menor escala, realizadas sin estudios previos, tecnología apropiada ni asesoramiento técnico adecuado. La minería en estas condiciones propicia el uso inadecuado de los recursos mineros, la contaminación de las aguas, la erosión, la destrucción de la fauna, de la flora y del ecosistema.

A pesar de los logros enumerados, si pensamos en el rol que la ciencia y la tecnología han desempeñado en el campo de la energía y la minería, tenemos que reconocer que ha sido limitado.

Las instituciones de investigación nacionales son frágiles, la consolidación de grupos y la formación de nuevos investigadores ha sido difícil. La obsolescencia de los programas académicos de pregrado y posgrado, la deficiente información, la incomunicación entre los centros de investigación entre sí y con los núcleos internacionales, la pobreza de su cobertura y la insuficiencia en la transmisión del conocimiento, son factores, entre otros, que han impedido la consolidación de la ciencia colombiana.

Una visión futura para la energía y la minería en Colombia

La guerra del Golfo Pérsico, la desmembración de la Unión Soviética y la desintegración del pacto de Varsovia, entre otros factores, transformaron radicalmente los sistemas energéticos actua-

les de abastecimiento y de consumo, induciendo a los países a optar por políticas que conlleven al uso eficiente de energía, a la conservación y a la sustitución de los recursos energético-mineros.

Para que Colombia pueda poner en práctica una política energética activa debe resolver la pregunta de cómo insertar política en el desarrollo del país, es decir, como un medio conveniente para el logro de objetivos más generales de nuestra sociedad. En este sentido, debe estar capacitada para decidir las mejores opciones de acuerdo con sus propios intereses⁷.

Una aproximación a la resolución del problema tendría que ver con el uso racional, el planeamiento integrado, la conservación y sustitución de los recursos energéticos y mineros.

Aun cuando es posible encontrar nuevos yacimientos y producir grandes cantidades de productos energéticos y mineros, y explotar económicamente mediante tecnologías de punta los depósitos que actualmente son imposibles de trabajar, los índices exponenciales de la demanda indican que todas las reservas, al ritmo de consumo mundial, estarán agotadas en las primeras décadas del próximo siglo. Con relación a los recursos energéticos V. E. Mc Kelvay escribe:

La era de los combustibles fósiles, baratos y fácilmente disponibles se está terminando. Se necesitará un tipo superior de ingenio humano para prolongarla y poner en uso otra base de recurso energético. El tiempo necesario para realizar estas tareas depende no sólo del vigor y la imaginación con los cuales se busquen estos nuevos recursos, sino también de la sabiduría y moderación con que se usen los viejos⁸.

Colombia no puede ser ajena a este planteamiento. El Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería reivindica esta posición.

7 Del Valle, A. *Strategic energy challenges of developing countries*, mimeo, WEC, 1989.

8 Vincent E. Mc Kelvay, *Comentarios en la conferencia internacional sobre administración del uso de la energía*. Tucson, Arizona, 1984.

El concepto de uso racional de los recursos no implica que ellos deban permanecer inexplorados o que se deba disminuir el consumo necesario para el desarrollo industrial del país y para satisfacer las necesidades de la población. El uso racional implica el empleo de los recursos cuantitativa y cualitativamente analizados allí donde realmente se necesiten, valiéndose de adelantos científicos y tecnológicos que permitan su ahorro y eficiencia. Con el uso racional, las regiones y sectores marginados que antes no tenían acceso a estos bienes materiales pueden acceder a ellos y lograr al menos satisfacer las necesidades básicas.

Para la solución de este problema es necesario un planeamiento integrado que involucre modelos de demanda y oferta, modelos económicos y financieros, de impacto ambiental, etc. Sólo de esta manera se podrá tener claridad sobre la política y las acciones que se deban tomar en el futuro.

Otra consideración importante es aquella que aboga por la conservación de los recursos naturales, especialmente del petróleo, del gas y de algunos minerales estratégicos.

La conservación puede fomentarse como una disposición gubernamental, como un arma de presión política de los países productores sobre los importadores o a través de la regulación de los precios del mercado, imponiendo techos a la producción y por lo tanto provocando el aumento de los precios reales.

Naturalmente que la planificación integrada propuesta estudiará los aspectos socioculturales, económicos y financieros y científico-tecnológicos de las áreas urbanas y rurales, así como del sector industrial global, y determinará la forma y tipo de suministro energético para cada una de ellos.

Finalmente, además de los aspectos de planeación y conservación de energía ya señalados, el país debe trabajar en el conocimiento de los diversos procesos físico-químicos, tecnológicos y ambientales que sean capaces de colocarnos en igualdad de condiciones con los avances científicos internacionales y hacer del sector energético nacional un área competitiva a nivel regional y mundial.

Para lo anterior se requiere la participación de todos los estratos de nuestra sociedad, especialmente de la juventud, quien

debe aceptar como suyo el reto que el programa de investigaciones en energía y minería plantea y vincularse a las tareas de investigación en la búsqueda de un encuentro con la frontera del conocimiento.

FUNDAMENTOS DEL PROGRAMA

Los fundamentos que se señalan a continuación parten de los lineamientos de política dados por Colciencias en ciencia y tecnología.

El programa se concibe como un ámbito de preocupaciones científicas y tecnológicas

El avance del conocimiento, de las disciplinas científicas y técnicas, de las metodologías de investigación pero, sobre todo, de una visión integradora para el análisis de problemas, ha demostrado que el trabajo científico no se puede adelantar como tarea de grupos de especialistas por disciplinas. Para comprender los fenómenos (técnicos y sociales), es indispensable el trabajo de grupos interdisciplinarios que actúen en un espacio común de preocupaciones en donde las diferentes concepciones de acercamiento al problema garanticen su comprensión. Concomitantemente no puede limitarse el objeto de estudio por temas, sectores o recursos. Debe, por el contrario, ser mirado de manera integral. Por esta razón el programa será entendido como un ámbito de preocupaciones comunes, con objetivos, metas y tareas fundamentales, adecuadamente estructurados.

Hablar de energía y minería, es plantear un universo en el cual hay aspectos íntimamente interrelacionados. El sector energético colombiano cobija a los recursos energéticos, sean éstos renovables o no, además de sus diferentes etapas de extracción, refinación, transformación, transporte, consumo y distribución. Incluye igualmente la planeación y fabricación de equipos (bienes de capital) para su aprovechamiento.

Al sector minero le sucede otro tanto: se ha dividido y subdividido para diferenciar su ámbito de trabajo, olvidando a veces que los puntos de contacto con los recursos energéticos (petróleo, carbón, exploración, explotación) obligan a mirarlo con una perspectiva integradora.

El programa propuesto de Investigaciones en Energía y Minería no hace tal división; aborda la investigación científica en la búsqueda de soluciones a los problemas fundamentales de la energía y la minería, que aunque se particularizan al pensar en su uso final, se unifican al mirarse como recursos naturales.

La polémica entre “ciencia básica” y “ciencia aplicada”

Esta vieja discusión entre fomentar el “conocimiento por el conocimiento” o el “conocimiento para solucionar problemas prácticos y algunas veces inmediatos” ha sido matizada de mil formas por los planificadores de ciencia y tecnología en los últimos años.

Se han ideado y puesto en marcha modelos que privilegian la ciencia básica y otros que lo hacen para la ciencia aplicada. También se conocen estrategias que combinan los dos aspectos, como se ha realizado en los países del sureste asiático.

La discusión pudo tener interés académico en el pasado y en América Latina ha sido repetida muchas veces; pero, en nuestros días, cuando disminuye velozmente la distancia entre los más esotéricos descubrimientos de la ciencia y su aplicación práctica, cuando las grandes multinacionales desarrollan investigación de punta y patentan o guardan los resultados de sus conocimientos, cuando la revolución electrónica, la biotecnología, la informática y la de los nuevos materiales se consolidan con fuerza poderosa y, en menos de una década, han transformado de nuevo cualitativamente el mundo, sin que sea fácil darnos cabal cuenta aún de todo lo que éstos cambios representarán en la calidad de nuestra vida futura, en las formas culturales, en el intercambio económico; la discusión entre “ciencia básica” y “ciencia aplicada” es estéril. No cabe ninguna duda: dada la manera en que se

está conformando el mundo, el principal recurso con el que se contará en el futuro será el conocimiento⁹.

Lo importante es garantizar que el espacio en el cual se ponen en contacto el trabajo en "ciencia básica" y "ciencia aplicada" sea de colaboración mutua y de enriquecimiento conjunto.

Para el caso específico de nuestro país no debemos olvidar que sólo es posible asimilar tecnología si se posee una buena base teórica, que el haber privilegiado lo aplicado dejando de lado lo "básico" ha producido ese sustrato desigual que hoy tenemos y que, como no somos una isla, nuestra investigación también tiene que plantearse bajo estrategias internacionales.

El Programa en Energía y Minería tomará muy en cuenta lo antes señalado, para que los estudios que como parte de él se realicen tengan un profundo amarre teórico que posibilite los adecuados desarrollos tecnológicos, tal como lo indica la experiencia de los países desarrollados, según la cual sólo se asimila tecnología localizándose dentro de un ambiente propicio a la moderna cultura de la creatividad científica.

La energía y la minería requieren de distintas ciencias y disciplinas

Cumplir las exigencias de calidad, prontitud, efectividad y continuidad de los servicios energéticos o suministros mineros requiere del adecuado manejo de todas las etapas de los procesos, así como también del conocimiento detallado de los diversos fenómenos físico-químicos que los gobiernan.

Es así como el desarrollo de ciencia básica, de nuevos materiales (metálicos, cerámicos y poliméricos), de procesos biotecnológicos, tanto en la minería y la energía como en el control ambiental, tienen que darse a la par de los nuevos avances tecno-

9 Villaveces C., José Luis. *Ciencia y tecnología para una sociedad abierta*, Colciencias y el Departamento Nacional de Planeación, Bogotá, Tercer Mundo Editores, 1991.

lógicos, la adaptación de tecnologías, la normalización, la metrología, el control y la certificación de calidad.

El avance de la investigación energética y minera sólo podrá darse cuando ésta se considere como el cruce de diversas disciplinas científicas, áreas temáticas y recursos naturales.

La escogencia de prioridades

La concepción de un sistema de ciencia y tecnología abierto, no excluyente, construido de tal forma que toda actividad de ciencia y tecnología, independientemente de toda institución o persona que la realice, entre a formar parte suya, permea toda actitud programática.

Esto hace que la investigación sea libre, que se desarrolle dentro de una sana competencia por los recursos, de calidad y pertinencia.

Asimismo, la apertura comercial a la cual ha ingresado el país exige el abandono de las normas rígidas, puesto que el éxito de la actual política económica reside en nuestra flexibilidad ante las oscilaciones de un mercado internacional que no se mueve únicamente dentro de sanas leyes de oferta y demanda.

Un programa de ciencia y tecnología no puede fijar de antemano prioridades inflexibles; debe proporcionar mecanismos de libertad y amplitud, que para el caso específico estarán sujetos a la dinámica de la comunidad investigativa nacional e internacional, bajo los criterios éticos y de calidad señalados.

Un programa de ciencia y tecnología en energía y minería debe orientar criterios para sus prioridades bajo lineamientos de planificación estratégica.

Visión a largo plazo

Naturalmente que los resultados de la propuesta de ciencia y tecnología que presenta Colciencias no podrán verse a corto plazo. Se trata de la consolidación de verdaderos núcleos de investiga-

ción que impulsen en forma generalizada los procesos de innovación en todos los sectores productivos.

En este sentido el Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería se suma a la doble tarea que se ha propuesto el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, al intentar encontrar soluciones, donde el proyecto a largo plazo pueda coincidir con los requerimientos de los inmediatos.

Esto se verá reflejado en las áreas temáticas que serán sugeridas posteriormente al intentar que los temas y grupos de investigación se conformen con mirada a largo plazo pero que en su trajinar puedan dar soluciones a problemas cotidianos de la energía y la minería.

Lo social: una mirada indispensable

La ciencia es una actividad social. Los desarrollos científicos y tecnológicos deben hacerse con la comunidad o pensando en ella. La búsqueda de un equilibrio participativo entre ciencia y sociedad es el tema obligado de todo programa.

Es necesario dotar al programa de este componente. Se mirará el entorno social y económico, no sólo de proyectos científicos y tecnológicos futuros, sino también de desarrollos tecnológicos *ex-post*, en la búsqueda de completar la visión integradora que debe tener cualquier empresa que se realice en lo energético o minero.

Es igualmente necesario abrir la mirada al medio ambiente. Al introducir este componente en el programa energético-minero debe hacerse pensando también en lo social, es decir, no se trata de análisis ambientalistas sino de realizar desarrollos y análisis integradores e interdisciplinarios que hagan mimesis acertada de la realidad.

ESTRATEGIAS DEL PROGRAMA

El Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería forma parte integral de las metas esbozadas en el documento

*Ciencia y tecnología para una sociedad abierta*¹⁰ orienta sus esfuerzos, entre otros objetivos, hacia el propósito nacional de internacionalización de la ciencia y la tecnología colombianas. Para ello debe desarrollar diferentes estrategias.

Formación de una sólida comunidad científica

Los diversos diagnósticos realizados en Colombia sobre ciencia y tecnología¹¹ coinciden en señalar que la comunidad científica vive una situación de aislamiento, de baja productividad, que son precarios los medios físicos y los equipos de los cuales dispone y que realiza escasas publicaciones.

De los contados grupos existentes en el país, muy pocos se han consolidado. La mayoría son embrionarios y su trabajo no se ejecuta en forma continuada. La noción de "grupo de investigación", presentada por José Luis Villaveces¹², se da en contadas excepciones:

... sugiere naturalmente la presencia de varios individuos: investigadores, técnicos y administradores quienes constituyen la fuerza de trabajo; sugiere la existencia de un conjunto de instrumentos, de una biblioteca o, más generalmente, de un acervo documental y de una forma de financiación que permita su acción. El grupo de investigación maduro no necesita tener su existencia formalizada y ni siquiera debe estar adscrito a una sola institución.

Para dar respuesta a esta situación, el programa se plantea dos mecanismos: consolidar una comunidad científica a partir de los grupos existentes y constituir y consolidar redes regionales, nacionales e internacionales.

Para el primer caso, los esfuerzos realizados por Colciencias, el Icfes, las empresas privadas, las universidades y los organis-

10 Obra citada.

11 Una fuente interesante para conocer tales diagnósticos es el informe de la Misión de Ciencia y Tecnología.

12 *Ciencia y tecnología para una sociedad abierta*, p. 30.

mos internacionales han permitido adelantar ejercicios de investigación que, sin lugar a dudas, sirvieron de embrión a los grupos de investigación en diferentes áreas; lo que falta es convertirlos en verdaderos grupos de investigación.

El segundo mecanismo consiste en hacer de la tarea científica una acción colectiva, a través de la conformación de redes regionales, nacionales e internacionales. Estas no siempre deberán ser institucionales, también podrán ser no formales, de intercambio de información, equipos, personal especializado, etc. Es tarea de Colciencias, a través del Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería, armonizar el funcionamiento de estas redes.

La consolidación de la comunidad científica que requiere el país en el campo energético minero presupone además la realización de algunas actividades que se han discutido en diferentes foros nacionales, tales como la creación de doctorados, fomento a la participación en programas de posdoctorado, especializaciones, pasantías y seminarios a nivel nacional e internacional.

La experiencia de los países que desde hace mucho tiempo crearon los programas de doctorado demuestra que este es el mejor mecanismo para el planeamiento, promoción y ejecución de la investigación científica y constituye la estrategia de continuidad, consolidación y extensión de los grupos de investigación.

A través de la consolidación de los grupos de investigación nacionales e internacionales, de su cooperación y comunicación, de la realización de proyectos conjuntos y de las condiciones propias de cada universidad, se pueden crear a corto plazo doctorados en algunas áreas, cuya posibilidad se veía lejana. En energía y minería podría pensarse en áreas como la biotecnología, nuevos materiales, carboquímica, electroquímica, potencia eléctrica, planeamiento energético, entre otros, apoyándose en los doctorados ya establecidos.

El financiamiento de proyectos de investigación en el área energético-minera deberá orientarse hacia los programas que aglutinen grupos interdisciplinarios, a apoyar el trabajo de investigadores de reconocido prestigio y a fomentar la capacitación e intervención de jóvenes investigadores que demuestren estar encaminados a alcanzar los estándares de calidad y pertinencia. El

estado colombiano, además de un programa de becas y estímulos para los investigadores en formación y para los productivos, debe apoyar económicamente a las universidades en la búsqueda de su excelencia académica y administrativa y, a través de mecanismos especialmente diseñados, crear las condiciones y estímulos para que la empresa privada recurra cada vez con mayor entusiasmo al sector académico y participe sin reticencias en la financiación de la investigación científica e innovación tecnológica, que les lleve a niveles de competitividad con relación a las empresas extranjeras de su mismo quehacer industrial.

Incorporación de la ciencia a la planeación integrada de la energía y la minería

El desarrollo del Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería exige una visión prospectiva que facilite la identificación de objetivos y líneas de acción para la modernización de la sociedad y debe plantear el escenario energético-minero, al cual orientar la actividad científica y tecnológica nacional.

La necesidad de disponer de un suministro energético confiable, oportuno y de mínimo costo que permita la asignación óptima de las diferentes fuentes para satisfacer determinados usos, unido a la reciente preocupación por la sostenibilidad del desarrollo, hace que en los procesos modernos de gestión de los recursos energéticos se otorgue especial énfasis al desarrollo de metodologías y herramientas de planificación integrada, tendientes a alcanzar un uso racional y un suministro eficiente de energía.

Los esfuerzos de planificación energética global tuvieron su inicio en el estudio nacional de energía y continuaron con las bases para la formulación de una política energética integral. Sin embargo, estas tareas no se han dado de una manera continua y sistemática que facilite la acumulación del conocimiento generado y el avance hacia la consolidación de una actividad integral de planificación en este campo.

La reciente creación de la Comisión Nacional de Energía ha puesto en ejecución un sistema integral de política y planeamiento energético, que ofrece para el sector buenas perspectivas.

Una de las estrategias propuestas en el programa de investigaciones es la consolidación de un sistema técnico que proporcione una visión integradora de la energía y la minería a nivel nacional y que establezca criterios para el planeamiento energético y minero que garanticen la competencia de los recursos naturales con un último objetivo: satisfacer las necesidades de la sociedad.

Concebida la planeación de los recursos naturales como estrategia fundamental para el programa, es conveniente precisar posibles líneas de acción que al ser adelantadas conjuntamente con el sector industrial público y privado permitan crear planes y políticas para el desarrollo de los recursos y la satisfacción de las necesidades del país.

Entre las líneas de acción se podrían mencionar: desarrollo de metodologías y herramientas integrales para el manejo global de la problemática energético-minera, de sus interacciones con el ambiente y otros sectores de la economía y la sociedad: incorporación de las dinámicas sectoriales y regionales (urbanas y rurales); consideración de los aspectos de demanda y de los patrones de consumo.

La planeación de las fuentes energético-mineras es base fundamental para la utilización futura y adecuada de los recursos; por lo tanto debe incorporar lo más avanzado de la concepción teórica moderna y el estado del arte del conocimiento en nuevos materiales, fuentes energéticas y formas eficientes de transformación y conservación de los recursos.

Dominio sobre el conocimiento científico y tecnológico en energía y minería

La estrategia de apoyar investigaciones fundamentales teóricas se apoya en la necesidad de consolidar desarrollos tecnológicos con una adecuada base científica. En el país esto no se ha realizado satisfactoriamente. Tal manifestación se observa, a manera de

ejemplo, en la inapropiada selección de materiales utilizados en la construcción de reactores, plantas piloto, equipos de laboratorio, etc. En la mayoría de los casos presentan fallas que ocasionan su destrucción. No se tuvieron en cuenta los estudios de transferencia de calor y de materia ni los termodinámicos y fue olvidada la cinética de las reacciones involucradas en los procesos, así como también los problemas electroquímicos que éstas presentan.

Un mayor conocimiento sobre el plasma y el láser, así como sobre los procesos a altas temperaturas y el comportamiento de los materiales, hace posible su futura utilización para procesos energético-mineros hasta ahora desconocidos en nuestro medio.

La biotecnología es aplicable no solamente al procesamiento de minerales sino también al control del medio ambiente y aun a la recuperación de combustibles fósiles, utilizando microorganismos.

Las posibilidades de la robótica en la minería deben contemplarse como alternativa para aumentar la calidad de los productos mineros, y al mismo tiempo generar un avance científico aplicable a otros sectores.

Es necesario apoyar la investigación básica en carboquímica, petroquímica y nuevos materiales; razón por la cual, se considera indispensable avanzar en la física del estado sólido, la fisico-química, la termodinámica, la simulación de procesos, la separación de fases con membranas y la catálisis, entre otras.

Adquisición de un sistema de información, medios de comunicación y de divulgación de la investigación científica y tecnológica

Gracias a la conformación del Sistema de Informaciones Energéticas —SIE— se intercomunicaron distintos bancos de información y se actualizaron algunas bases de datos creadas por el Estudio Nacional de Energía. Para el campo minero, a excepción del "GEOLOC" aún no se han realizado esfuerzos sistematizados.

Hacia el futuro sería conveniente contar con un sistema de información energético-minera, al cual tuvieran fácil acceso no

sólo las instituciones sino también los investigadores independientes.

Para la divulgación de los resultados de las investigaciones, Colciencias estudia mecanismos tendientes a garantizarla mediante el apoyo de publicaciones en revistas especializadas de alto nivel científico existentes en los países industrializados. Sería deseable que los investigadores colombianos publicaran en ellas, como una forma de internacionalizar la ciencia colombiana.

Es igualmente importante consolidar una revista del sector energético minero de cobertura nacional que sea un espacio adecuado para la publicación de artículos de información de alto nivel sobre temas de actualidad, de debates relativos a la política del sector y su relación con la sociedad. Esta revista dará cuenta de los avances de la investigación que se realiza en el país y en el exterior y a su vez servirá de orientación a la juventud estudiosa de los problemas energético-mineros.

CONCLUSIONES

Con el objeto de invitar a la discusión, se dan a conocer los siguientes planteamientos:

1. La planeación de las fuentes energético-mineras es base fundamental para la utilización adecuada de los recursos en el futuro. Los errores de planeamiento le cuestan caro a las naciones y a sus gentes. A esta actividad debe incorporarse lo más avanzado de la teoría y el estado del arte del conocimiento en nuevos materiales, fuentes energéticas y formas más eficientes de transformación y conservación de energía y de reutilización de los recursos.
2. Es necesario adelantar acciones permanentes que garanticen la formación de una comunidad científica alrededor de proyectos de investigación escogidos siguiendo criterios de calidad y pertinencia.
La comunidad científica tendrá mayores posibilidades de consolidación si se busca la internacionalización de los pro-

gramas de investigación dentro de los esquemas de cooperación y una total apertura a la apropiación del conocimiento generado en el extranjero y a compartir conocimientos y experiencias.

3. Son escasos los recursos financieros del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Estos deben dedicarse prioritariamente a la investigación fundamental, al desarrollo tecnológico, a la búsqueda de nuevas fuentes de energía, a la teorización de los procesos de planeación.

Aunque el país posee inmensos recursos naturales, su caracterización y cuantificación no pueden ser responsabilidad del Sistema de Ciencia y Tecnología. Esta labor debe ser asumida por las empresas e institutos especializados del Estado, por el sector privado y por asociaciones y corporaciones mixtas que reúnan los recursos y esfuerzos públicos y privados.

Colciencias apoyará decididamente la investigación que el sector privado requiera para adelantar procesos asociativos con el Estado en busca de la utilización racional de los recursos naturales.

4. La investigación básica es condición del avance tecnológico del sector energético-minero. Por esta razón el Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería propiciará un estrecho vínculo entre el sector universitario y las empresas públicas y privadas y otorgará especial atención a la realización de proyectos conjuntos que permitan la generación de conocimiento pertinente para las necesidades del sector productivo.

5. Los grupos de investigación del país deben tener un contacto permanente y una participación más activa, a través de sus investigaciones, en los trabajos de planificación y optimización que realiza la Comisión Nacional de Energía. Son vitales las actividades de investigación que puedan realizar y propiciar Ecopetrol y el Instituto Colombiano del Petróleo, Carbocol, ISA, el Ingeominas y el IAN para que, en asociación con las universidades y el sector privado, incorporen la ciencia a las actividades productivas, al planeamiento global de

- los recursos y al aprovechamiento y utilización de las distintas fuentes en el balance energético nacional.
6. La necesidad de adelantar acciones que permitan estar al día con los avances científicos internacionales será un empeño del Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería. Para ello se deben fortalecer redes de información, la participación activa en eventos científicos internacionales y la cooperación permanente con grupos científicos avanzados del mundo. Colombia debe constituir antenas de seguimiento y monitoreo del avance del conocimiento internacional para formar parte de la dinámica de la gran corriente del conocimiento que el mundo ha generado en los últimos años en estas materias.
 7. Los consejeros del programa, en cumplimiento de su misión de orientar los esfuerzos del país para acrecentar e incorporar el conocimiento al desarrollo del sector, convertirán estas propuestas en criterios para la financiación estatal de la investigación y en una gran convocatoria a las universidades, los centros de investigación, las empresas públicas y privadas y al Estado, con miras a preparar al país para las grandes transformaciones y cambios que le depara la evolución de las condiciones de la energía y los recursos en las próximas dos décadas.

Capítulo 7

CIENCIA Y TECNOLOGIA DEL MAR.

LA FRONTERA AZUL DEL CONOCIMIENTO

INTRODUCCION

El interés por organizar a nivel nacional todas las actividades científicas y tecnológicas marinas, formular políticas y programas, coordinar el accionar de grupos e instituciones y definir mecanismos de ejecución ha sido una constante en el sector desde mediados de los años setenta. A esto contribuyeron la creación de la Comisión Colombiana de Oceanografía, con su Consejo Nacional, y los esfuerzos que esta institución, Colciencias y el Departamento Nacional de Planeación hicieron en ese entonces en la formulación del primer Plan de Desarrollo de las Ciencias y Tecnologías del Mar para el país.

Como resultado de la evaluación de este plan, llevada a cabo en 1989, se definieron nuevos objetivos, programas y estrategias que quedaron consignados en el Plan de Desarrollo de las Ciencias y Tecnologías del Mar en Colombia 1990-2000, que fue entregado a la comunidad científica marina en noviembre de 1990.

En este documento programático se definen los Seminarios Nacionales de Ciencia y Tecnología del Mar, que se celebran bienalmente, como uno de los principales medios para evaluar lo ejecutado dentro del plan, medir los avances, evaluar las dificultades y proponer los ajustes que sea necesario para cumplir con el objetivo del específico de este plan:

Dar un salto cualitativo en la investigación marina, hacia la capacidad de análisis sobre los fenómenos directa o indirectamente relacionados

con el medio marino, como paso esencial hacia la inserción de las ciencias y tecnologías marinas en los procesos de desarrollo económico y social del país, buscando alcanzar un estado de equilibrio y de desarrollo sostenible en la relación hombre-naturaleza¹.

En este documento se presentan los planteamientos llevados por Colciencias al Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar que se celebró en la ciudad de Santa Marta en octubre de 1992. En él se definen los criterios y estrategias que será necesario aplicar y poner en marcha para lograr no sólo la consolidación de la comunidad de investigadores que tienen como objeto de estudio el mar y sus recursos, sino, igualmente, para garantizar una adecuada integración entre el Programa del Mar y los restantes diez Programas nacionales que conforman en suma el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

EL PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DEL MAR: UN ANTEDECENTE HISTORICO DEL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Se celebra este foro de la comunidad científica marina, prácticamente después de un año de constituido el nuevo Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, sistema que se inspiró, en gran medida, en el esquema que fue diseñado para el desarrollo de las ciencias y tecnologías del mar desde cuando se constituyó el Consejo Nacional de Oceanografía al final de la década de los años sesenta. Desde ese entonces la Armada Nacional y Colciencias han marchado mancomunadamente. Fue una época de grandes logros: la creación de Colciencias, cuyo primer director fue el capitán de la Armada, Alberto Ospina, la creación de la Comisión Colombiana de Oceanografía, el Programa de la OEA para las Ciencias del Mar, la consolidación del Programa de Biología Ma-

1 Comisión Colombiana de Oceanografía, Colciencias. *Plan de Desarrollo de las Ciencias y Tecnologías del Mar en Colombia 1990-2000*. Edit. Contróles Administrativos. Santa Fe de Bogotá, 1990, p. 138.

rina en la Universidad Jorge Tadeo Lozano, la creación del Inve-mar y del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de la Armada Nacional, la formulación del primer plan de ciencias del mar, todos estos fueron hitos que recibieron el decidido apoyo de la Armada Nacional, y del en ese entonces Capitán de Corbeta y hoy Almirante y Comandante de la Armada Nacional, Gustavo Angel Mejía.

La estructura de los mecanismos que se diseñaron en ese entonces anticipan la nueva concepción del Estado que actualmente se está tratando de construir. Se trata de promover una estructura transversal que propicie un aumento en la capacidad de ejecución y de reflexión de la sociedad, en reemplazo del Estado napoleónico tradicional, caracterizado por compartimientos estanco, en el que la iniciativa descansa en forma casi exclusiva sobre los hombros del Gobierno.

LA NUEVA REALIDAD DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA EN COLOMBIA. UN PRIMER BALANCE DE LO EJECUTADO

Hace dos años, cuando se realizó el VII Seminario de Ciencias y Tecnologías del Mar en Cali, se habló de la necesidad de crear unas nuevas condiciones para el desarrollo de la actividad científica y tecnológica en el país y se resaltó la importancia de que la comunidad científica, en este caso la marina, tuviera la decisión de colocarse metas concretas, metas que quedaron reflejadas en el Plan de Desarrollo de las Ciencias y Tecnologías del Mar 1990-2000, que fue presentado en esa oportunidad. Por esto el balance que efectuamos hoy no es sólo el balance de las investigaciones realizadas en los dos últimos años en el campo marino, sino igualmente una reflexión sobre lo logrado en la estructuración y puesta en marcha del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. La trascendencia de los esquemas y mecanismos que se definieron para el sector marino se refleja en la influencia que estos tuvieron en la estructuración del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Se trata entonces de confrontar lo existente hace dos años con los mecanismos e instrumentos de que se dispone hoy, después de

dos años de esfuerzo para el desarrollo de una nueva cultura hacia la ciencia y la tecnología en el país. Hemos logrado un mandato constitucional al Estado para que apoye las actividades científicas y tecnológicas, que quedó consignado en la nueva Constitución que rige el devenir cotidiano de los colombianos. Se logró gestar una serie de leyes y decretos que no sólo propenden por un nuevo *status* de la actividad investigativa, sino que propician un acercamiento creativo entre el Estado, los investigadores, los empresarios y la sociedad civil, otrora aislados entre sí y del resto del mundo. Los nuevos instrumentos de contratación y asociación no sólo permiten agilizar los trámites para el apoyo de las actividades relacionadas con el desarrollo de la ciencia y la tecnología, sino que de otra parte son importante motor y catalizador de iniciativas nacidas en el seno del sector productivo o de la ya mencionada sociedad civil. La respuesta de la comunidad científica ha superado todas las expectativas. Las propuestas presentadas en los dos últimos años superan en cuatro veces las presentadas en el bienio anterior. De otra parte el Estado, en actitud de franco y decidido compromiso con el desarrollo de la ciencia y la tecnología en el país, ha multiplicado el presupuesto para el apoyo a la ciencia en un 2.23% para 1992 y lo hará en un 3.23% para el año 1993.

Hace algo más de un año se les dio vida a los once Programas Nacionales y se constituyeron los correspondientes Consejos de Programa, que desde entonces han venido trabajando en la definición de políticas y en la asignación de recursos, acción que permite que de las palabras se pase a los hechos concretos y palpables. La idea de incluir a empresarios e investigadores en estos Consejos ha mostrado sus virtudes y acierto. En el caso del mar, la presencia en el Consejo de representantes del sector acuicultor permitió un serio y fructífero acercamiento entre los investigadores de instituciones del Estado y los técnicos de diversas empresas dedicadas al cultivo de camarones. De esta forma el apoyo que Colciencias viene ofreciendo al desarrollo de proyectos en este campo, será parcialmente utilizado para abordar los problemas más acuciosos que enfrenta el sector y que limitan hoy su crecimiento y pleno desarrollo. Igualmente la participación de especialistas en el campo que constituye el "ámbito de preocupa-

ciones" de los Programas ha permitido propiciar el desarrollo de proyectos interinstitucionales e interdisciplinarios, con lo que se está logrando dejar atrás la investigación tipo "parcela", para acercarnos a una visión integral y universal del desarrollo de la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

○ Otro de los singulares logros del accionar de los Consejos es el alcance de un nuevo nivel en la calidad de la evaluación, estudio y decisión sobre los proyectos de investigación que son puestos a su consideración. Sin duda este proceso de descentralización de las decisiones muestra hoy sus frutos. Aun en los casos en que las propuestas que se presentan no logran obtener el beneplácito de los Consejos, se obtienen de parte de los miembros de estos Consejos y de sus Secretarías Técnicas y Administrativas orientaciones y, utilizando una terminología marina, luces que sirven de faro para que sean presentados nuevos proyectos mejor elaborados, que incluyen no sólo el propósito de un investigador o de un grupo de ellos, sino que presentan claras estrategias de integración con otros grupos, cooperación interinstitucional, formación de recursos humanos, divulgación de resultados y confrontación de los conocimientos alcanzados, en el ámbito de la comunidad científica nacional e internacional. No es casual por esto que se haya logrado pasar de las catorce universidades que recibían apoyo financiero de Colciencias en 1990, a un total de 24 en el día de hoy. Nuevamente para hacer referencia al caso del Programa de Ciencias y Tecnologías del Mar, en el espectro de centros docentes que reciben el apoyo de nuestra institución aparecen hoy universidades como Eafit y la Universidad de Antioquia, con las cuales no se tenía en el pasado proyectos en este campo. A esto es preciso sumar el cumplimiento de un viejo anhelo como fue volver a contar con propuestas de universidades como la del Valle y la Jorge Tadeo Lozano, que estuvieron marginadas de nuestro accionar por más de un lustro. Pero este esfuerzo continuará; de las siete universidades con las que se tienen proyectos en este campo se pasará para 1993 a un total de diez. Esto demandará esfuerzos de parte nuestra y de los grupos de investigadores de esos centros del saber, pero estamos convencidos de que estos esfuerzos no sólo valen la pena, sino que son

indispensables si queremos que la creación de una comunidad de investigadores pensante y actuante se haga realidad; que se haga realidad la creación de una masa crítica que asuma el reto de lograr que nuestro país se vuelva de cara al mar y deje de darle la espalda a la mitad del territorio nacional.

En diez de los once Programas, durante el presente año se adelantó una ardua tarea de concertación entre los actores de la actividad científica y tecnológica del país, proceso que culminó con la realización de los Simposios Nacionales de esos Programas. Estos fueron foros convocados para hacer una reflexión colectiva sobre el papel de los Programas en el contexto de la ciencia nacional e internacional, sobre las estrategias, mecanismos y criterios que deberán ser tenidos en cuenta en el momento de definir los Planes de cada uno de los Programas. En el caso del mar este es un camino ya en gran parte recorrido. Gracias al esfuerzo de la Comisión Colombiana de Oceanografía, Colciencias y el Departamento Nacional de Planeación, se cuenta hoy con un documento que recoge las preocupaciones e inquietudes de la comunidad de investigadores en ciencias y tecnologías del mar: el Plan de Desarrollo de las Ciencias y Tecnologías del Mar en Colombia 1990-2000. Este documento sirve hoy de orientador de la actividad investigativa marina en el país.

La ciencia y la tecnología, el trabajo de las personas que incorporan de manera intensiva el conocimiento en sus productos y la labor misma de creación del conocimiento, como se indicó en la instalación de las misiones regionales de ciencia y tecnología, son hoy indispensables para el desarrollo económico y social del país, para que todas las regiones de nuestra geografía alcancen, no sólo en el papel sino en la realidad, la capacidad de servirse del propio entendimiento.

El alcance de esa mayoría de edad está ligado, en el caso particular de las ciencias y tecnologías del mar, al objetivo que se trazó en el Plan de Desarrollo de las Ciencias y Tecnologías del Mar 1990-2000, ya mencionado:

Lograr un salto cualitativo en la investigación marina, hacia la capacidad de análisis sobre los fenómenos directa o indirectamente rela-

cionados con el medio marino, como paso esencial hacia la inserción de las ciencias y tecnologías marinas en los procesos de desarrollo económico y social del país, buscando alcanzar una respetuosa e inteligente interacción entre el hombre y el medio que lo rodea, como factor fundamental para garantizar una adecuada calidad de vida de la humanidad y del planeta tierra en su conjunto.

NUEVA REALIDADES, NUEVAS ESTRATEGIAS

Como lo mostró la evaluación realizada a final de los ochenta sobre lo ejecutado en esa década en el campo de la investigación marina, la gran mayoría de los proyectos tenían un perfil biológico y su orientación era fundamentalmente la de caracterizar e inventariar las especies presentes en los diferentes ecosistemas marinos del país. Los grupos de investigación lograron entonces adquirir lo que hoy llamamos la capacidad de medir, de captar los parámetros que caracterizan los ecosistemas tanto costeros como oceánicos. Hoy son otras las necesidades y otros los retos que será necesario enfrentar. Lo principal es lograr poner en marcha las estrategias que nos permitan pasar de esa capacidad de medir a la capacidad de analizar, que es base fundamental de un adecuado manejo y ordenamiento territorial.

A continuación exponemos algunas de estas estrategias. Una de ellas es la especialización. Ella tendría como eje fundamental una política orientada al fortalecimiento de los grupos consolidados y a la asociación de los grupos en proceso de formación con los primeros, promoviendo así un aumento en la productividad y en la calidad de los trabajos que se adelantan en las diferentes áreas del saber marino. De otra parte se trata de aprovechar las ventajas comparativas que presentan en el día de hoy los grupos ya formados.

Otra estrategia para buscar el salto cualitativo del que hemos hablado es la integración. Esta se funde con la anterior y es una de las bases para el logro de una capacidad de análisis integral de la dinámica, la estructura y las relaciones funcionales existentes en los diferentes ecosistemas marinos. De otra parte, ella se viabiliza a través de una política de asociación y cooperación entre

grupos de investigación con énfasis en diferentes disciplinas. Se trata entonces, no de que los biólogos aborden el campo de los geólogos, o de que estos se dediquen a profundizar en los aspectos oceanográficos de la investigación marina, sino de que, creada la base de un lenguaje común, se logre la interacción permanente, operativa y analítica entre grupos dedicados a la investigación en alguno de los campos de las ciencias o las tecnologías del mar.

Tiene la integración otro importante componente: la profundización del proceso de acercamiento entre el sector productivo, la sociedad civil y los investigadores. Es necesario darle salida a la enorme energía que se encuentra condensada en los nuevos mecanismos diseñados para incentivar al sector productivo a que participe en forma decidida y comprometida en las actividades de desarrollo científico y tecnológico. Es hora de poner en funcionamiento los mecanismos y posibilidades que otorga la ley 6 de 1992 (Reforma tributaria); para esto Colciencias actualmente trabaja en su reglamentación y en una amplia difusión de las ventajas que se otorgan a empresarios decididos a vincularse al desarrollo de la ciencia y la tecnología en el país. Es claro que con la apertura económica se ha comenzado a mejorar la disposición de los industriales y empresarios colombianos frente a la innovación y al desarrollo tecnológico; las universidades se han planteado seriamente la necesidad de renovarse para afrontar los retos de una nueva era; las organizaciones asociativas no gubernamentales dedicadas al desarrollo del conocimiento se están multiplicando; los medios de comunicación comienzan a acoger con creciente interés el tema de la ciencia y el desarrollo tecnológico como material de interés para su pública divulgación; todo esto es muestra de que en la sociedad colombiana se comienza a gestar una profunda transformación en lo que hasta hace poco fue una actitud indiferente y pasiva hacia el papel de la ciencia y la tecnología en los procesos de desarrollo socioeconómico del país.

En otro campo es fundamental adelantar una seria estrategia de internacionalización de la actividad investigativa en el campo de las ciencias y tecnologías del mar. La internacionalización no se entiende como el simple desarrollo de proyectos con patroci-

nio y cooperación internacional, actividad en la que se cuenta, en el caso concreto del programa del mar, con una larga experiencia. Se trata por un lado de una política de largo alcance orientada a promover la vinculación de investigadores colombianos residentes en el exterior y de investigadores extranjeros, interesados en el futuro de nuestro país; por otro, de la búsqueda de mecanismos que faciliten la vinculación entre grupos colombianos y grupos que trabajen en importantes centros de investigación ubicados en otros países. Para lograr este propósito se deberá promover la vinculación de los centros de investigación colombianos a las redes de centros a nivel regional y continental que existen en la actualidad, y en los casos en que estas redes no existan se deberá proceder a su organización y puesta en marcha.

Otra faceta de esta estrategia es la imperiosa necesidad que existe de que los resultados de la investigación que se adelanta en Colombia sean sometidos a una amplia confrontación internacional. Por esta razón uno de los criterios a los que se les brinda particular atención al evaluar la calidad y pertinencia de las propuestas que se presentan a consideración de los Consejos de Programa es la existencia de una clara y definida estrategia de comunicación de los resultados esperados en el desarrollo del proyecto.

Sin la tecnología, entendida ésta como conjunto de conocimientos basados en el desarrollo de procesos auxiliados por diferentes máquinas y herramientas, el hombre no habría podido hacer nada en el mar. La tecnología que se ocupa de las cuestiones marítimas ha experimentado notables progresos en muy diversas direcciones en el curso de los últimos años, y así, gracias a ella, se han podido ampliar los conocimientos oceanográficos; activar el comercio marítimo con la consiguiente reducción de costos; tener acceso a nuevos yacimientos minerales y conseguir alimentos en el mar con mayor facilidad. No obstante los logros alcanzados, son grandiosas las posibilidades de desarrollo en este campo. La biotecnología, la búsqueda de tecnologías no contaminantes y de tecnologías que propicien la recuperación de ecosistemas costeros seriamente afectados por la acción antropogénica representan áreas concretas en las que será necesario hacer esfuerzos especiales para lograr una verdadera capacidad, efectivi-

dad y competitividad. Es por esto que el fortalecimiento del componente tecnológico del programa deberá ser entendido como una tarea estratégica para los próximos años, no sólo como medio para fortalecer el desarrollo de las investigaciones científicas, sino como mecanismos de interacción con el sector productivo, punto en el que confluye con las otras estrategias mencionadas.

Existen dos estrategias que tienen carácter transversal porque deben permear no sólo el abordaje de los proyectos en las áreas definidas en el Plan de Desarrollo, sino igualmente la puesta en marcha de las estrategias ya mencionadas. Ellas son regionalización y capacitación.

La estrategia de regionalización parte de la definición misma del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología como un sistema abierto, no excluyente, del cual forman parte todos los programas, estrategias y actividades de ciencia y tecnología, independientemente de la institución pública o privada o de la persona que los desarrolla. Es decir, que no puede plantearse a ninguna entidad regional, local, departamental, municipal, pública o privada la disyuntiva de saber si pertenece o no al Sistema Nacional. Si desarrolla actividades de ciencia y tecnología de hecho está en él, con todos los derechos y deberes, con los privilegios y responsabilidades que esta condición le otorga.

Con el propósito de poner en marcha la regionalización, Colciencias procedió a crear las misiones regionales de ciencia y tecnología que tendrán como objetivo realizar una reflexión colectiva en la que participen investigadores, representantes de entes gubernamentales y de la sociedad civil con el fin de adelantar la revisión del estado de desarrollo de la ciencia y la tecnología en las diferentes regiones, la definición de los criterios para la formulación de los planes regionales y el diseño de los lineamientos políticos que orienten la creación y el funcionamiento de las Misiones Regionales de Ciencia y Tecnología, previstas en los decretos que reglamentaron la nueva Ley de Ciencia y Tecnología (Ley 29 de 1990).

La regionalización de la ciencia y la tecnología le aporta a esta visión dos consideraciones adicionales. Por una parte, las regiones deben buscar nichos de originalidad y pertinencia interna-

cional, con base en problemas de investigación para cuyo abordaje tengan ventajas especiales. Por otra, las regiones deben liderar el proceso de apertura al mundo, fomentando interacciones fuertes con empresas y grupos de investigación consolidados.

La formación de recursos humanos no es sólo una estrategia sino una condición *sine qua non* para la consolidación de las actividades que se desarrollan al interior del programa. Las metas de la educación deben estar dirigidas a la formación de científicos, ingenieros y técnicos, capacitándolos para satisfacer las necesidades tanto de los centros de investigación como del sector productivo. Para lograr este propósito, es indispensable contar con un activo sistema cooperativo entre los sectores educativo, productivo y de investigación. No basta simplemente con establecer diferentes niveles de formación —carreras intermedias o técnicas, estudios de pregrado, posgrados (en especial los programas de doctorado), educación continuada, etc.—; se hace necesario constituir un sistema que potencie la utilización de los recursos altamente calificados con que cuenta el país, que propicie ágiles y novedosos mecanismos de interacción con centros de investigación del exterior, especialmente con los investigadores vinculados a la red de colombianos en el exterior que actualmente impulsa Colciencias, que promueva la creación de una capacidad doméstica que no sólo permita el cambio, la modificación y la adaptación de la tecnología introducida sino la generación de un conocimiento propio, que lleve a desarrollos científicos y tecnológicos de carácter endógeno pero de pertinencia y originalidad internacional.

LA REFLEXION TEORICA: UNA NECESIDAD IMPERATIVA

No pocos de los especialistas dedicados a la investigación marina han consagrado sus esfuerzos a describir los hechos, sin contar con la capacidad de explicarlos. Se acumulan las informaciones de cruceros y arduos trabajos de campo sin lograr su integración, sin lograr, en no pocas ocasiones, dar una imagen coherente de los mecanismos que describen, superando la fase descriptiva. Si

bien este conocimiento es la base de cualquier posible análisis, no siempre se llega a él. No se hacen esfuerzos de síntesis y aún menos se abordan reflexiones teóricas que nos orienten hacia nuevos paradigmas, hacia nuevas cumbres en el campo del saber. Con el agravante de que, como lo menciona Rene Tohm, allí donde no hay reflexión teórica, la ciencia ya no es más que una colección de archivos.

En la historia de las ciencias lo que ha permitido formular las leyes físicas es la invención previa de los conceptos. Desde el siglo XVII, la ciencia moderna sólo ha sido posible en la medida en que el progreso teórico ha precedido a la experimentación. Los grandes avances científicos no se han debido al descubrimiento de nuevos hechos, sino que han surgido como una nueva manera de pensar y formular hechos conocidos.

Sin duda la adquisición de una capacidad competitiva y efectiva para el desarrollo de investigaciones exige, en el caso del mar como en el de otros programas, una seria reflexión sobre el marco teórico en el que se desenvuelve el avance de la ciencia y la tecnología en la actualidad. Es claro que la comunidad científica marina no puede ser ajena a las discusiones que tienen lugar en el presente; es más, ella deberá participar activamente en estas reflexiones, que en últimas no sólo determinan una actitud filosófica hacia la vida sino que condicionan la actitud del investigador hacia su objeto de estudio, al estar condicionado por el aparato conceptual que se utilice.

Es por esto que una de las consecuencias de la búsqueda de la capacidad de analizar de que hemos hablado, deberá ser la capacidad de generar desarrollos teóricos que desborden la simple explicación de los fenómenos y se adentren en la explicación de su interacción e interdependencia. Sólo una actitud creativa y comprometida decididamente con la adquisición del saber como medio para la superación de las limitaciones del hombre mismo garantizará que logremos la mayoría de edad a la que nos hemos referido y de la cual hablara Kant hace ya dos siglos en su indagación por el significado de la Ilustración.

Se trata de que en las ciencias del mar, y en los demás programas que se desarrollan dentro del Sistema Nacional, nos atre-

vamos a valernos de nuestro propio entendimiento y a darle una intencionalidad clara a nuestra actividad científica para que ella pueda contribuir de forma cierta a abrirle la puerta grande a nuestro país en su entrada al próximo siglo.

de los hechos de la vida cotidiana. En el momento de la adquisición de la lengua materna, el niño aprende a utilizar la lengua para comunicarse con los demás. Este aprendizaje se realiza a través de la interacción con los demás. El niño aprende a utilizar la lengua para comunicarse con los demás. Este aprendizaje se realiza a través de la interacción con los demás. El niño aprende a utilizar la lengua para comunicarse con los demás. Este aprendizaje se realiza a través de la interacción con los demás.

En la actualidad, la lingüística experimental ha alcanzado un nivel de desarrollo que permite estudiar los procesos de adquisición de la lengua materna. Este estudio se realiza a través de la observación directa de los niños en situaciones de interacción con los demás. Este estudio se realiza a través de la observación directa de los niños en situaciones de interacción con los demás. Este estudio se realiza a través de la observación directa de los niños en situaciones de interacción con los demás.

La lingüística experimental ha permitido estudiar los procesos de adquisición de la lengua materna. Este estudio se realiza a través de la observación directa de los niños en situaciones de interacción con los demás. Este estudio se realiza a través de la observación directa de los niños en situaciones de interacción con los demás. Este estudio se realiza a través de la observación directa de los niños en situaciones de interacción con los demás.

La lingüística experimental ha permitido estudiar los procesos de adquisición de la lengua materna. Este estudio se realiza a través de la observación directa de los niños en situaciones de interacción con los demás. Este estudio se realiza a través de la observación directa de los niños en situaciones de interacción con los demás. Este estudio se realiza a través de la observación directa de los niños en situaciones de interacción con los demás.

La lingüística experimental ha permitido estudiar los procesos de adquisición de la lengua materna. Este estudio se realiza a través de la observación directa de los niños en situaciones de interacción con los demás. Este estudio se realiza a través de la observación directa de los niños en situaciones de interacción con los demás.

Capítulo 8

CIENCIA Y TECNOLOGIA AGROPECUARIA.

NUEVAS TECNOLOGIAS PARA EL DESARROLLO AGROPECUARIO

INTRODUCCION

Con este documento el propósito de Colciencias es presentar a discusión del Simposio Nacional de Ciencia y Tecnologías Agropecuarias algunos criterios básicos que se consideran relevantes para la formulación del Programa.

Para aprovechar las oportunidades y desafíos que plantea la fase de liberalización de los mercados, Colciencias se ha empeñado en la construcción de un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología orientado a la generación y transferencia del conocimiento que le dé soporte a la innovación de los aparatos productivos del país. Para ello será necesaria la consolidación de importantes grupos nacionales de investigación y la creación de fuertes lazos de intercambio y asociación de estos con el exterior, con los sectores productivos y con la comunidad.

Este documento hace referencia a tres temáticas fundamentales: los principales cambios y la caracterización de las *tendencias* de la investigación y el desarrollo tecnológico en el agro, los *problemas* o limitantes que afectan este proceso en el país y las *estrategias* que un programa en este campo debería considerar.

TENDENCIAS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA AGROPECUARIAS

Con la "revolución verde" en la década de los setenta, el enfoque de la investigación agropecuaria tuvo un énfasis disciplinario

(mejoramiento genético, fisiología vegetal, fitopatología, entomología, nutrición vegetal, riegos y drenajes) y una orientación al desarrollo de tecnologías encaminadas al aumento de la producción con base en insumos agroquímicos y físico-mecánicos para la producción agropecuaria. Desafortunadamente, esto tuvo un alto impacto en la estructura de costos y en la contaminación del medio ambiente.

Dentro de este paradigma, el problema de la preservación de los recursos naturales apenas se abordó de manera marginal y como externalidad, de tal forma que las investigaciones agropecuarias condujeron a rotaciones de cultivos para conservar los suelos, la búsqueda de especies tolerantes a pocos insumos, control integrado de plagas, análisis de cultivos múltiples y evaluaciones en finca, que en nuestro país hicieron énfasis en los sistemas de ladera.

Durante los años ochenta se internalizó conceptualmente el propósito de disminuir los impactos ambientales, con consecuencias profundas para los programas de investigación. Surgieron entonces nuevas escuelas de investigadores centradas en la protección frente a los daños ecológicos, la disminución del uso de los agroquímicos y la obtención de cosechas por la vía de la agricultura orgánica. Se comenzó también a buscar la posibilidad de aplicaciones de la biología molecular a la agricultura.

Los drásticos cambios acaecidos en el último quinquenio, en especial la internacionalización acelerada de las economías y el advenimiento de un nuevo paradigma científico-tecnológico, han llevado a una nueva racionalidad a los programas de investigación agropecuaria. Un escenario de más aguda competencia y la fuerza adquirida por los movimientos ecologistas, son fenómenos que obligan a una redefinición y a una nueva configuración del balance entre la ampliación de fronteras agrícolas, la búsqueda de una mayor productividad y la conservación de los recursos naturales.

Dentro del criterio de desarrollo sostenible que define una nueva racionalidad, las labores agropecuarias deben ser concebidas como actividades económicas que no sólo satisfacen necesidades presentes, sino que deben garantizar la capacidad de satisfacer las de futuras generaciones. Esto implica considerar la

agotabilidad de los recursos naturales y del medio ambiente que se ve afectado por el desarrollo de las actividades productivas. Y para que el desarrollo agropecuario pueda ser compatible con el mantenimiento de los procesos ecológicos, la diversidad biológica y la conservación de los recursos naturales, el saber disponible hoy, a menos de una década del año 2000, es insuficiente.

Las actividades científicas, de otra parte, están siendo reguladas por el proceso de internacionalización y por una más veloz circulación de las opciones tecnológicas entre los países, lo cual conduce a que la investigación en cada país deba definirse teniendo en cuenta la existencia o ausencia de opciones tecnológicas en un mercado internacional en el cual el conocimiento verdaderamente competitivo se maneja cada vez más como un bien privado.

Para competir en el mercado mundial, las ventajas de disponer de un recurso natural ya no son definitivas. Sólo mediante la valorización del recurso a través de la incorporación intensiva del conocimiento a los productos pueden aprovecharse estas ventajas.

La transformación de las ventajas comparativas conduce a la desaparición de las fronteras entre el agro y la industria, a nuevas divisiones internacionales del trabajo, a modificaciones en el derecho de propiedad intelectual y a una desvalorización de la agricultura tradicional frente a la mayor importancia económica de las actividades de investigación que generan los nuevos productos o nuevas formas de producirlos, y esto trae consecuencias sociales importantes.

Las nuevas tecnologías, especialmente la biotecnología, tienen un valor estratégico puesto que ofrecen alternativas para transformar los sistemas agroalimentarios con desarrollos asociados a la genética molecular y a la biología molecular y celular. Estas posibilidades surgen de las ciencias básicas, cuyo dominio es cada día más necesario para aprovechar el enorme potencial de la tecnología, única forma de superar las posibilidades del medio ambiente, aprovechar la diversidad de las especies biológicas y acrecentar, simultáneamente, la producción.

Las posibilidades de la biotecnología que permiten la obtención de variedades tolerantes a condiciones ambientales adversas, resistentes a enfermedades y que aumentan la fotosíntesis, la

fijación de nitrógeno y la captación de elementos nutritivos, y, por otro lado, la producción de pesticidas microbianos, socavan los fundamentos de la revolución verde y abren la puerta a un nuevo paradigma de la producción. Sólo en ese nuevo espacio que integra las posibilidades tecnológicas del pasado y del futuro es posible concebir un programa de investigaciones agrarias.

En el campo pecuario el impacto de la biotecnología también es de enormes consecuencias. Las técnicas del "rADN" y de los anticuerpos monoclonales que dan origen a métodos y productos que mejoran el volumen y calidad de la producción animal han determinado formidables cambios en las áreas del diagnóstico, prevención y control de enfermedades animales, la nutrición y el crecimiento animal y la mejora genética, que exigen un replanteamiento de los programas de investigación pecuaria tradicionales.

Complementariamente, los grandes avances que están involucrados en la utilización de la información geográfica suministrada por los satélites, son elementos de orden técnico que presionan un cambio en la formulación de programas de investigación y desarrollo tecnológico agropecuarios, los cuales deben incluirlos como instrumentos de gran potencial para el análisis científico y la obtención de resultados de gran precisión.

Las economías campesinas tienen una crucial importancia en un país como Colombia, en el cual aseguran el 60% de la producción de alimentos, el 30% de la economía cafetera, el 20% de la oferta de materias primas, y cuando aglutinan alrededor de 5 millones de personas. Adicionalmente, la economía campesina contribuye a ampliar el estrecho espectro de la diversidad alimentaria. Esta producción debe empezar a enfrentar el proceso de apertura económica y simultáneamente continuar sustentando la "seguridad alimentaria" del país. Las actividades de orden socio-económico y de desarrollo tecnológico que se deben realizar para lograr un desarrollo eficiente de las áreas campesinas requieren ingentes esfuerzos y, en particular, tomar los sistemas específicos de producción campesina como objetos integrales de estudio. Se han encontrado modelos interesantes de manejo de los recursos naturales asociados a una efectiva producción para la autosubsistencia familiar y para ofrecer productos al mercado.

Modelos institucionales

Estamos asistiendo a una revolución de los esquemas institucionales de investigación, apenas comparable en su magnitud a la de la ciencia y la tecnología. Una de sus características fundamentales es la sustitución de tradicionales centros de investigación autárquicos y autosuficientes, por un complejo tejido de redes de centros de investigación. Se observa una marcada tendencia a la conformación de equipos interdisciplinarios comunicados a través de redes especializadas, que adelantan la investigación en un estado de permanente competencia por la búsqueda de la excelencia y el desarrollo de tecnologías de punta. La dinámica de este proceso está determinada por la formación, capacitación y emulación de los recursos humanos al más alto nivel y la planeación de sus ejecuciones investigativas según problemas y multidisciplinas.

En síntesis, existen nuevos paradigmas que determinan las tendencias actuales de la investigación y el desarrollo tecnológico del agro: a) Los productos agropecuarios, sus innovaciones y la tecnología son bienes de mercado que se rigen por las leyes de éste y por lo tanto la competitividad es un derrotero ineludible; b) Las nuevas tecnologías, especialmente la biotecnología, cumplen un papel estratégico de aún impredecibles consecuencias y que implica cambios de enfoque hacia la interdisciplinariedad investigativa; c) Las exigencias de mayor productividad y competitividad versus la sostenibilidad de los ecosistemas representan un desafío científico y una responsabilidad frente a las generaciones presentes y futuras; d) La prevalencia de condiciones socioeconómicas en regímenes de economía campesina implican retos no sólo socio-políticos sino tecnológicos, y e) La organización de las actividades científicas mediante integración de redes mundiales especializadas e interinstitucionales resulta imperativa.

PROBLEMAS DE LAS ACTIVIDADES CIENTIFICAS EN EL AGRO COLOMBIANO

Nuestro sistema institucional de investigación agropecuaria apenas ha iniciado su proceso de adaptación a las grandes transfor-

maciones mundiales en este campo. De otra parte, es un sistema diseñado en función de la revolución verde y ésta ya fue superada.

En nuestro diagnóstico del sistema institucional de investigaciones agropecuarias, preocupa la sobre-institucionalización y el exceso de regulación estatal que han impedido la actuación de los mecanismos de mercado para acercar la diferencia entre el valor privado y el valor social de la tecnología y generar incentivos coincidentes con el interés general. La presencia de numerosas entidades, con predominio de las estatales, que intervienen con múltiples funciones en el proceso de investigación y transferencia tecnológica agropecuaria, no ha permitido el desarrollo de las fuerzas del mercado y ha determinado la supervivencia de un enfoque de oferta de tecnología sin que se haya promovido la demanda de la misma.

De otra parte, se ha venido desarrollando un fenómeno positivo y es que el sector privado agropecuario ha creado sus propios institutos de investigación especializados por producto (Cenicafé, Cenicaña, Cenipalma, Cenibanano y Flores) y hay numerosas universidades, organismos no gubernamentales e internacionales que realizan investigación para atender los requerimientos del sector productivo agropecuario.

No obstante, a pesar de la citada estructura institucional de oferta de tecnologías y de existir un programa específico para el desarrollo del Sistema Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (Sintap) promovido por el Ministerio de Agricultura, la transferencia tecnológica y la asistencia técnica son en el país procesos aún precarios a pesar de su relevancia estratégica en los momentos actuales cuando estos servicios están empezando a ser demandados por las regiones a través de los nuevos entes autónomos del orden regional y municipal.

Por consiguiente, se puede afirmar que en el país el mercado de tecnologías agropecuarias es imperfecto; no existe una verdadera competencia entre los oferentes públicos y privados ni una demanda efectiva por parte de los entes regionales, debido fundamentalmente a tres fenómenos: el exceso de intervención estatal, la especialización de la participación privada en la oferta de tecnología y la actitud de los investigadores que abordan temáticas

de su preferencia muchas veces personal y no guiada por las señales del mercado.

Respecto al potencial agroecológico, el país exhibe aparentes privilegios desde el punto de vista de la diversidad biológica y la abundancia hídrica, pero aún son factores no estudiados plenamente y en realidad no se tiene verdadero conocimiento de este potencial y las diversas oportunidades que puede ofrecer para el crecimiento de especies vegetales y animales útiles para el desarrollo nacional. Además este desconocimiento se complementa con la pobreza y heterogeneidad que caracterizan los suelos, la irregularidad de las precipitaciones y los limitantes topográficos que obstaculizan el acceso y ejecución de actividades agropecuarias que garanticen apropiados niveles de productividad y sostenibilidad del medio ecológico.

En el enfoque de la investigación ha dominado la orientación por producto, sin vínculos de tipo regional y al margen de los procesos de avance del conocimiento a nivel mundial y de la dinámica del mercado.

En biotecnología se han venido desarrollando importantes esfuerzos tanto públicos como privados para colocar al país en un proceso de investigación competitiva en este campo. Es digno de destacar el esfuerzo del sector privado colombiano para la conformación de empresas de biotecnología impulsadas por el sector privado para la aplicación de técnicas biotecnológicas a la industria de alimentos, producción de vacunas, micropropagación de plantas (banano, café, flores, entre otros).

Por su parte el ICA posee una valiosa infraestructura para ejecutar programas de biotecnología y bioseguridad y está iniciando un proceso de reforma fundamental con el fin de asegurar que su producción científica aporte al desarrollo tecnológico y la transferencia de tecnología se dé en proporción a ese potencial.

Debe anotarse que a pesar de que el sector agropecuario reúne el más alto número de profesionales que han alcanzado el grado de doctorado, que supera con creces lo que podría considerarse una masa crítica importante en las disciplinas científicas agropecuarias, esto no se ha reflejado en una producción científica con presencia internacional. En nuestra interpretación, ello

es el resultado de la conjunción de fallas en los esquemas de incentivos a la labor investigativa, pero sobre todo a la ausencia de claridad con respecto a la indispensable asociación de investigación con publicación. El ICA cuenta hoy con 1.513 investigadores profesionales, de los cuales 144 tienen el nivel de doctorado y 465 el de magister. Sin embargo, el número de publicaciones de los resultados de investigación es mínimo y cosa similar ocurre en las facultades donde se imparte formación en ciencia y tecnología agropecuaria.

ESTRATEGIAS PARA EL PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIAS AGROPECUARIAS

Para la formulación y ejecución del programa de ciencia y tecnologías agropecuarias se requieren estrategias que consulten los nuevos paradigmas del desarrollo científico del agro, contemplen los problemas nacionales y tengan en cuenta el nuevo entorno socioeconómico del país y el mundo.

Análisis prospectivo de los mercados

El programa debe orientarse continuamente por análisis prospectivos de la dinámica de los mercados tanto de productos como de tecnologías, que permitan dirigir los esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológico en dos sentidos:

- a) Hacia la promoción de investigaciones que respondan a los retos del mercado mundial y nacional generando competitividad en la producción agropecuaria y
- b) A suplir los aspectos en los cuales el mercado no proporciona señales adecuadas. Tal es el caso de la necesidad de conocimientos básicos o el de la satisfacción de requerimientos de índole social.

Igualmente deberá transformarse la división del trabajo investigativo de tal manera que los entes de investigación gremiales o privados orienten sus investigaciones en respuesta a las exigencias del mercado y promuevan una efectiva transferencia tecnológica, manteniendo al mismo tiempo fuertes lazos con las entidades estatales que pueden acometer estudios más orientados a los problemas científicos fundamentales (conocimiento de procesos básicos de la química, la bioquímica, la biología molecular, etc.) indispensables igualmente para el logro de verdaderas innovaciones.

Acompañando este enfoque de mercado es necesario el diseño de una estrategia de demanda que permita a las asociaciones de municipios y demás entes gremiales y regionales la compra de tecnologías en un mercado libre y/o la adquisición de los diferentes servicios de asistencia técnica que ofrezcan las entidades de investigación y transferencia de tecnología del sector por medio de una sana competencia. En especial, se requiere fortalecer aquellos grupos privados de profesionales del agro que prestan servicios de asistencia técnica al sector productivo y que por ende permiten una ampliación de la oferta de servicios de transferencia tecnológica y promueven una mayor competitividad de las demás instituciones que desempeñan esta función.

Reorientación de los enfoques de la investigación agropecuaria

Es estratégico hacer énfasis en la necesidad de un cambio en la orientación de la investigación por productos y líneas hacia la investigación por problemas científicos fundamentales y sistemas geográficos, culturales y sociales que impliquen el abordaje de las regiones con enfoques integrales y según todas sus posibilidades. En particular, la ciencia y la tecnología agropecuarias deben contemplar la fragilidad de los ecosistemas tropicales, aprovechar su biodiversidad y lograr el desarrollo de sistemas de producción sostenibles a través del tiempo. Esto de hecho implica un gran reto para el diseño y ejecución de investigaciones de tipo interdisciplinario que analicen integradamente esta problemática.

Otra estrategia prioritaria es la modificación de metodologías para entender las actividades agropecuarias como un sistema de múltiples interrelaciones en el que es de vital importancia no sólo la eficacia del proceso productivo primario, sino la mejora de la eficiencia de las fases de posproducción, que conlleve la reducción al mínimo de las pérdidas y la racionalización de los procesos de recolección, lavado, selección, normalización, empaque, transporte, agroindustrialización, conservación y distribución de productos agropecuarios o derivados del agro.

Ante la perspectiva de la apertura de los mercados y la internacionalización de la economía, resulta en realidad más importante la investigación agroindustrial que la agropecuaria. El enfoque integrado del proceso producción-consumo podría ser la alternativa óptima.

Consolidación de los grupos de investigación

Además, la investigación debe organizarse de tal forma que sea ejecutada por grupos de investigación. El individuo aislado no puede hacer investigación, de la misma manera que no la puede hacer la institución, cuya misión es proveer el entorno adecuado para que los grupos que se constituyan en su seno asuman, ellos sí, la tarea investigativa.

Es fundamental consolidar en la investigación la labor de grupos que alcancen verdadera acción interdisciplinaria y se proyecten hacia la conformación de equipos transinstitucionales y/o de cooperación internacional, mediante su vinculación a redes de investigadores que trabajen sobre problemas relacionados.

Los grandes proyectos deben ser el elemento aglutinador de los grupos de investigación. Debemos movernos hacia la definición de grandes tareas nacionales que promuevan la coincidencia de intereses científicos y permitan superar las barreras de la individualidad y la institucionalidad, estimulando la labor científica grupal.

Actualización, renovación e incentivación de recursos humanos para la investigación agropecuaria

En este campo es prioritario desarrollar programas intensivos de actualización de los recursos humanos ya formados a alto nivel para que se inserten en los nuevos paradigmas del desarrollo científico, capacitar gente nueva en las modernas tecnologías y crear incentivos para motivar la productividad investigativa. Esto se puede organizar ya sea mediante el envío de profesionales a capacitarse en universidades o centros de investigación del exterior o la realización de convenios entre los institutos de investigación especializados y las universidades regionales para desarrollar un esquema de capacitación-investigación sobre temas de interés común. Ejemplos interesantes de esta propuesta son los posibles convenios que se pueden establecer por ejemplo entre Cenicaña y la Universidad del Valle, Cenicafé y las universidades de la zona cafetera, el ICA y la Universidad Nacional, entre otros.

En materia de incentivos para los investigadores agropecuarios, se trata de desarrollar una estrategia que permita garantizarles una oportunidad de desarrollo laboral dentro del sistema nacional de ciencia y tecnología y a su vez exigirles un adecuado nivel de productividad, el cual deberá expresarse en un buen número de publicaciones de los resultados de su labor investigativa en el orden nacional e internacional.

Igualmente la universidad debe propender por la formación de investigadores, mediante una óptima programación académica y la ejecución de investigaciones en combinación con centros de excelencia en investigación del país o del exterior. El propósito es que estos investigadores una vez formados constituyan y consoliden núcleos de investigación que se localicen en centros nacionales o regionales de investigación.

Reforma institucional

Todo lo anterior implica un desafío enorme para las instituciones de investigación y les exige establecer modelos coherentes que

tengan como prioridad el desarrollo de procesos de investigación y transferencia de tecnología que respondan a las exigencias de producción, productividad, equilibrio ecológico y conservación del medio ambiente. Ciertamente se requiere que todas las instituciones capaces de desarrollar investigación agropecuaria adapten sus estructuras a las nuevas necesidades, realizando las modificaciones requeridas que, afortunadamente, se ven facilitadas por la nueva legislación de ciencia y tecnología. Las instituciones tendrán éxito en la medida en que logren atender las exigencias del mercado y las necesidades regionales, en que favorezcan la consolidación de grupos maduros de investigación que se inserten en el desarrollo científico mundial a través de la publicación masiva de sus resultados de investigación, y en que fundamenten su acción en investigaciones básicas que les permitan incorporar los desarrollos en la frontera del conocimiento al aumento real de la competitividad en los mercados.

En el proceso de reforma institucional cumplen un papel preponderante las transformaciones a las que será sometido el ICA como la institución de investigación agropecuaria más importante del país y a la cual mira la comunidad científica nacional con especial atención.

CONCLUSION

El cambio paradigmático frente al cual se encuentran las ciencias agropecuarias y la misma estructura de la producción en este sector en los albores del siglo XXI exige mucho más que el simple aprendizaje de unas técnicas nuevas.

Estamos ante la necesidad de un cambio cultural que nos conduzca a aprender a incorporar simultáneamente factores tan diversos como las señales del mercado y el respeto por el medio ambiente, los más recientes desarrollos de la ciencia básica y la organización institucional moderna de la investigación, en un esfuerzo nacional coherente y consciente. Sólo así podremos sostenernos competitivamente en los mercados internacionales y apo-

yar los desarrollos sociales y económicos requeridos por cada una de las regiones del país.

Sin este cambio cultural el sector agropecuario no podrá cumplir el papel que le reclama nuestra sociedad.

de las tecnologías del país, se requiere una gestión de conocimiento y un sistema de innovación que permita el desarrollo de tecnologías propias y la adaptación de las tecnologías extranjeras. En este sentido, el rol del IICA es el de un agente de cambio que promueva la innovación tecnológica en el sector agrícola y agropecuario. Para ello, el IICA debe promover la creación de espacios institucionales que permitan el desarrollo de tecnologías propias y la adaptación de las tecnologías extranjeras. En este sentido, el rol del IICA es el de un agente de cambio que promueva la innovación tecnológica en el sector agrícola y agropecuario. Para ello, el IICA debe promover la creación de espacios institucionales que permitan el desarrollo de tecnologías propias y la adaptación de las tecnologías extranjeras.

En el proceso de reforma institucional cumplen un papel preponderante las transformaciones a las que será sometido el IICA como la integración de la investigación agropecuaria con un carácter del país y a la cual mira la comunidad científica nacional con especial atención.

CONCLUSIÓN

El cambio paradigmático frente al cual se encuentran las ciencias agropecuarias y la misma estructura de la producción en este sector en los albores del siglo XXI exige mucho más que el simple aprendizaje de unas técnicas nuevas.

Exigirá ante la necesidad de cambios culturales que nos permitan aprender a interpretar y comprender mejor un mundo como ha cambiado el mercado y el respeto por el medio ambiente, los más recientes desarrollos de la ciencia básica y la aplicación de los conocimientos de la ciencia básica en el desarrollo institucional de la investigación, en un contexto nacional coherente y consciente. Solo así podremos ser competitivos en los mercados internacionales y aprovechar

Capítulo 9

MEDIO AMBIENTE Y HABITAT.

EL ENTORNO NATURAL Y CONSTRUIDO

DEL HOMBRE COLOMBIANO

CUESTIONES CLAVES DE LA AGENDA NACIONAL E INTERNACIONAL

Han pasado poco más de dos décadas desde que en la escena internacional comenzaron a escucharse las primeras voces de personas e instituciones que advertían sobre el peligro inminente que amenazaba la propia supervivencia de la especie humana por la degradación extrema y sin precedentes de su entorno vital. Tales voces alertaban al mundo acerca de los negativos efectos del acelerado crecimiento económico industrial y poblacional urbano sobre la biosfera terrestre.

La alarma por esta situación motivó la convocatoria a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en 1972. Allí se proclamó por primera vez una declaración de principios en la cual se distinguían el medio natural y el medio artificial o construido como los dos aspectos esenciales del medio humano.

La preocupación mundial por la problemática del ambiente se vio reforzada en los últimos años por nuevas evidencias científicas sobre el proceso generalizado de deterioro de las condiciones del planeta. Problemas globales como el recalentamiento de la atmósfera, la reducción de la capa de ozono, la deforestación y desertificación de importantes regiones y los alarmantes niveles de pobreza de los países en desarrollo, hicieron inaplazable emprender acciones concertadas a nivel internacional.

La humanidad comenzó a entender que enfrentaba un problema verdaderamente global, un problema en el que su propia supervivencia en la Tierra, las condiciones que permiten la vida en este planeta, estaban en juego. Un problema que es de los ricos y de los pobres, del Este y del Oeste, del Norte y del Sur. Un problema que sólo puede resolverse, incluso que sólo puede atacarse racionalmente si toda la humanidad colabora en ello. Desde las emisiones de gases de invernadero o de freón de los aerosoles norteamericanos que afectan la atmósfera de la Antártida, hasta la dependencia mundial del oxígeno que produce la Amazonia, desde las lluvias o las sequías en Suramérica que dependen de diminutas variaciones de presión en las Filipinas, hasta la pérdida de valiosa información genética para todo el mundo cuando desaparece una especie, comenzó a entenderse que el medio ambiente y nuestra posibilidad de vivir en él son un problema más global que la más global de las economías que pueda construirse. El tema ambiental es un tema que debe trabajarse en armonía por la humanidad entera.

Todo ello motivó a la Asamblea General de las Naciones Unidas para convocar a una Nueva Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Esta llamada Cumbre para la Tierra permitió llegar a acuerdos entre la casi totalidad de los países del mundo sobre los principios universales que deben regir la relación armónica entre las actividades humanas y la preservación de la naturaleza, y a un programa detallado de acción y cooperación internacional para ponerlos en práctica en la perspectiva del próximo siglo.

En Colombia presenciamos desde hace casi dos decenios un interés creciente del Estado y la sociedad civil por las problemáticas del medio ambiente y el hábitat. Tales preocupaciones fueron recogidas por la Constitución de 1991 que consagró el derecho de los colombianos a gozar de un ambiente sano y de una vivienda digna y estableció taxativamente como obligaciones del Estado las de proteger la diversidad e integridad del ambiente, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y velar por la protección del espacio público.

En cumplimiento de sus nuevas obligaciones constitucionales el gobierno colombiano delineó el año pasado una política ambiental que hace parte integral del Plan Nacional de Desarrollo. Como parte de la indispensable reforma institucional del sector del medio ambiente planteada, se encuentra ahora a consideración del Congreso un proyecto de ley para la creación del Ministerio del Ambiente.

Colombia comienza lentamente a entender que esta no es una problemática local sino global, y poco a poco el gobierno colombiano construye una política internacional sobre temas ambientales más integrada y mejor definida. Ella se concreta en buena medida en la firma de la Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, la Convención sobre el Cambio Climático, la Convención sobre la Diversidad Biológica y el Programa 21.

Otro prometedor aspecto de la política ambiental recién formulada es el reconocimiento de que la investigación científica y tecnológica constituye uno de sus soportes esenciales. En este sentido, el documento del Conpes sobre Política Ambiental de Colombia incluye entre sus objetivos centrales el impulso al desarrollo de los conocimientos sobre nuestros recursos naturales y del ambiente por medio de la investigación básica y aplicada, de modo que permita su aprovechamiento sostenible. Así empieza a establecerse en la práctica una adecuada relación entre la investigación y la gestión ambiental.

Actuando en este mismo sentido, el gobierno nacional, a principios del año pasado, creó por ley el Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat en el marco del nuevo Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Como propósito general de este programa se fijó el de ampliar el nivel de conocimiento sobre los ecosistemas y los recursos naturales del país y las formas de protegerlos o explotarlos racionalmente. Igualmente indicó la necesidad de profundizar en el estudio de los asentamientos humanos y de los procesos económicos y sociales a ellos asociados.

UN PROGRAMA INTERDISCIPLINARIO SOBRE EL ENTORNO HUMANO

El punto de partida del Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat es el reconocimiento de la unidad esencial de las dimensiones natural y construida del entorno humano. En su formulación más general, este Programa puede presentarse como un ámbito de preocupaciones científicas y tecnológicas sobre las relaciones del hombre colombiano con su entorno natural y construido.

Si este es el objeto de estudio fundamental del Programa, su fin último debe ser el mejoramiento de las condiciones de existencia de nuestros compatriotas, cualquiera que sea el medio específico en el cual vivan. Como lo proclama el primer principio de la Carta de la Tierra recientemente firmada en Rio, los seres humanos tienen derecho a una vida saludable y productiva y por ello constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. El eje del Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat debe ser entonces la preocupación por la calidad de vida del hombre colombiano.

Desde este punto de vista, el Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat debe procurar el conocimiento científico sobre los más importantes problemas del entorno natural y construido del hombre colombiano y contribuir eficazmente a la búsqueda de sus soluciones. Alcanzará legitimidad y reconocimiento social si efectivamente contribuye a generar en el país relaciones más armónicas entre el hombre y la naturaleza que garanticen un desarrollo económicamente viable, socialmente justo y ecológicamente sustentable.

El ámbito de acción del Programa queda definido así por la naturaleza del problema que debe afrontar, por las tareas que se impone, por las metas que busca alcanzar y no por la disciplina o formación profesional de quienes se acercan a él. La globalidad de la problemática es tal que requiere articular los aportes de prácticamente todas las disciplinas y ramas del saber. Ciencias básicas, ciencias aplicadas, ciencias sociales, ciencias políticas, deben confluir en el esfuerzo de lograr una adecuada relación del hombre con su entorno. Tal carácter interdisciplinario lo estable-

ce el propio nombre del Programa al hablar de ciencias en plural y no de una ciencia en particular. Consecuentemente, debe constituirse como un programa sin fronteras divisorias entre los distintos campos del conocimiento, en el que participen en condiciones de igualdad todos los grupos de investigación interesados.

Entre los investigadores directamente convocados por un programa de esta naturaleza se encuentran las más diversas disciplinas: biólogos y ecólogos que se ocupan del estudio de nuestras especies y ecosistemas; químicos y físicos que investigan las aguas y la atmósfera, los procesos industriales y urbanos; ingenieros forestales, sanitarios y ambientales y otros especialistas similares; demógrafos, sociólogos, antropólogos, economistas e historiadores que estudian las regiones y las ciudades; arquitectos, urbanistas e ingenieros civiles y de transporte, al igual que otros profesionales expertos en asentamientos humanos.

Esta gran diversidad de disciplinas científicas y técnicas interesadas en los temas del medio ambiente y el hábitat exige la creación de espacios comunes que propicien una relación fructífera entre especialistas en los más distintos campos del conocimiento, sin que por ello pierdan su identidad disciplinaria ni su particular dinámica de investigación.

No se trata de trazar fronteras que separen sino de buscar identidades que permitan trabajar mancomunadamente. Lo que se pretende no es crear restricciones, sino abrir nuevas posibilidades a la práctica de la investigación científica y tecnológica en los campos del medio ambiente y el hábitat. Por ello, más que hablar de una simple delimitación a priori del ámbito de preocupaciones científicas y tecnológicas del Programa, preferimos plantear la necesidad de su definición, en el sentido de construcción de sus objetos de estudio.

GRANDES TEMAS DE INVESTIGACION PARA EL PROGRAMA

Una política orientada a integrar efectivamente a distintas disciplinas científicas y técnicas en un mismo programa nacional de

investigaciones requiere concentrar los esfuerzos en aquellos temas de especial trascendencia para el país.

Esta tarea sólo puede emprenderse teniendo en cuenta que los fenómenos de los cuales se ocupa el Programa no son exclusivos del país ni se limitan a su territorio. Para el medio ambiente y el hábitat no existen fronteras nacionales. Es precisamente el reconocimiento de este carácter global lo que ha generado durante los últimos años un notable incremento de las actividades de cooperación internacional en estos campos.

Consecuentemente, la investigación que se desarrolle en el Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat deberá integrar adecuadamente niveles globales y locales. Sus proyectos tendrán que estar claramente articulados a líneas de investigación internacional pero también, siempre, directamente referidos a problemas muy concretos del país.

Pero debe tenerse presente también que el problema del medio ambiente y del hábitat linda con el del desarrollo tecnológico, depende de las formas de explotación agropecuaria, se basa en las investigaciones básicas sobre el mundo físico y los seres vivos, sobre los océanos y las fuentes de agua, se ve afectado por las formas de uso de la energía y por las opciones socioeconómicas, en suma, las líneas de investigación del Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat deberán contemplar explícitamente su vinculación con los demás programas del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

Los temas centrales del Programa deberán ser aquellos que mayor preocupación suscitan a nivel nacional e internacional; problemáticas que vienen siendo identificadas de tiempo atrás y que no resulta ni válido ni práctico ignorar. Basta dar una mirada a la voluminosa documentación que durante los últimos dos años se generó en Colombia y el mundo en el curso de la preparación y realización de la Conferencia de Río, para darse cuenta de que ya tenemos allí las bases requeridas. A ellas se suman los estudios y diagnósticos en que se apoya la nueva política ambiental del gobierno colombiano que, lógicamente, deben orientar también la selección de las temáticas prioritarias del Programa.

Desde esta perspectiva, proponemos como objeto privilegiado de estudio para el Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat los siguientes temas: el cambio climático global, la diversidad biológica, el desarrollo sostenible, los asentamientos humanos y la relación entre contaminación y tecnologías.

Colombia, como cualquier otro país, y tal vez más que muchos otros, es particularmente vulnerable a las consecuencias negativas del cambio climático global. Su posición entre los dos océanos, la intensidad de la radiación ultravioleta que la baña, debido a su latitud ecuatorial y al hecho de que gran parte de la población habita por encima de los 1.000 metros, la delicada dependencia de sus cultivos de ladera con respecto a la temperatura promedio y la humedad total y muchos otros factores, hacen que, aunque el país no esté amenazado de manera inmediata por efectos como la disminución de la capa de ozono de la atmósfera o la lluvia ácida, no puede de todos modos ignorar los graves riesgos que implican los importantes cambios del clima global que se registran en los últimos años. El calentamiento de la tierra podría tener consecuencias altamente perjudiciales para Colombia por la amenaza que representa para sus ecosistemas más frágiles y para algunas regiones de gran importancia económica en el país; basta con recordar las desastrosas consecuencias que en el primer semestre de este año trajeron consigo las que fueron apenas manifestaciones indirectas del llamado fenómeno de El Niño. O recordar cómo aumenta la incidencia de cáncer de piel entre la población de las zonas altas del país.

El estudio de la biodiversidad debe ser otra prioridad para el Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat. El país puede presentarse en el escenario internacional como una potencia ambiental y un riquísimo banco de potencial genético, pero esto no pasa de ser retórica vacua, si no conocemos nuestra riqueza biológica en todas sus especies y, sobre todo, en los múltiples y delicados equilibrios en los cuales participan. Sin una investigación adecuada de nuestros recursos biológicos y genéticos difícilmente podremos valorarlos, protegerlos y hacer uso de ellas para mejorar las condiciones de vida de la población colombiana. El estudio sistemático de nuestras especies, su base gené-

tica y sus relaciones ecológicas es, por lo tanto, una tarea que urgentemente deben acometer los científicos colombianos.

La necesidad de convertir el desarrollo sostenible en uno de los objetos centrales de investigación del Programa deriva tanto de principios consagrados en nuestra Constitución como de las posiciones asumidas por Colombia en el campo internacional. Para poder cumplir con el mandato constitucional de garantizar un desarrollo armónico con la naturaleza es necesario estudiar en forma sistemática la relación entre medio ambiente y desarrollo y proponer modelos económica y ecológicamente viables. No podemos olvidar la posición crítica que reiteradamente presentó Colombia en los recientes foros mundiales con relación a los insostenibles patrones de producción y consumo de los países industrializados.

Otra de las líneas de trabajo prioritaria para el Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat es el estudio de los asentamientos humanos. El setenta por ciento de nuestra población vive en centros urbanos y sus condiciones de vida en este medio presentan niveles alarmantemente bajos. Hay que tener presente, además, que muchos de los problemas ambientales se generan en los centros urbanos y, por lo tanto, también debe ser en ellos donde se encuentren las soluciones.

Un último gran tema del que necesariamente debe ocuparse el Programa son los fenómenos de deterioro del medio ambiente natural generados por diversas actividades humanas. La contaminación de tierras, aguas y aire son algunos de los aspectos más evidentes y graves de la problemática ambiental del país. Las distintas formas de contaminación están asociadas a sectores claves de la economía nacional tales como el energético, minero, agropecuario, industrial y de la construcción.

La posibilidad de encontrar solución a los distintos problemas de contaminación requiere en primer término de un gran conocimiento y comprensión de los procesos físicos, químicos y biológicos que se encuentran en su base. A ello debe sumarse enseguida la innovación tecnológica que permita dar solución práctica a tales problemas. Todas estas deben ser tareas centrales

de la investigación científica y tecnológica que desarrolle el Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat.

El Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat tendrá, pues, un eje de articulación y unas temáticas prioritarias que serán definidas por el Consejo. Sin embargo, deberá mantenerse siempre abierto a todas las propuestas de la comunidad científica a la cual sirve, independientemente de cuáles sean las perspectivas disciplinarias desde las que se formulen o la particularidad de las temáticas planteadas. El permanente diálogo, la atención a las diversas inquietudes, la planeación estratégica conjunta y participativa, permitirán actualizar y afinar los planes de acción y mantenerlos acordes con las capacidades y necesidades de la investigación nacional e internacional en este tema global.

Los únicos requisitos exigidos a los proyectos que se presenten serán, en todos los casos, los de calidad científica de la propuesta y pertinencia con respecto al ámbito que define el Programa.

ESTRATEGIAS BASICAS DE DESARROLLO CIENTIFICO

Para construir colectivamente el Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat es preciso acordar en principio algunas estrategias básicas que orienten sus actividades.

Estas estrategias pueden retomarse de las que explícitamente plantea la Política de Ciencia y Tecnología para todo el Sistema y tienen plena validez para los once programas pero, en cada uno de ellos, deberán aplicarse según sus condiciones particulares.

Dada la diversidad de disciplinas científicas y líneas de investigación que comprende el Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat, un criterio fundamental para poner en práctica cualquier estrategia debe ser la flexibilidad. El nivel de desarrollo en los distintos campos es tan desigual que la imposición rígida de los mismos parámetros puede producir resultados absolutamente contraproducentes.

Reconociendo esta necesaria flexibilidad, pueden señalarse como estrategias básicas las siguientes: la consolidación de las comunidades científicas, la regionalización de las actividades de

ciencia y tecnología, la internacionalización del trabajo científico, la difusión de los resultados de investigación y la formación de nuevas generaciones de investigadores.

Consolidación

En lo que se refiere a medio ambiente y hábitat contamos en el país con un número precario de grupos de investigación y los pocos que existen se encuentran todavía en estados incipientes de formación. La primera estrategia del Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y del Hábitat debe ser, por consiguiente, la consolidación de su comunidad científica. El Programa debe buscar que nuestros grupos de investigación tengan niveles más altos de cohesión y organización interna, de capacidad de gestión y negociación con el entorno, de legitimidad institucional y de visibilidad en el campo científico nacional e internacional.

Una forma eficiente de potenciar el trabajo de los grupos de investigación es la constitución de redes científicas que faciliten las relaciones de cooperación entre ellos. Un propósito del Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat será entonces la creación y ampliación de redes científicas especializadas en sus distintos temas de interés. Para ello habrá que encontrar las formas concretas de apoyo logístico y financiero que requiere el funcionamiento de estas redes.

Regionalización

La Política de Ciencia y Tecnología establece la regionalización como una estrategia que se debe aplicar en todo el sistema pero es, quizá, en el Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat en donde ella puede llegar a ser más necesaria. Siendo su objeto de estudio el entorno natural y construido del hombre colombiano, resulta impensable el desarrollo del Programa sin una adecuada organización regional de sus actividades de investigación.

Para hacer esto debe tenerse en cuenta que la mayor parte de los grupos de investigación que se ocupan de estos temas se encuentran localizados en Bogotá y, en menor medida, en algunas otras de las grandes ciudades. Por otra parte, existen importantes regiones biogeográficas de gran importancia para el país en las que la investigación científica y tecnológica es mínima o prácticamente inexistente.

En estas condiciones la estrategia de regionalización en el Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat puede comenzar a desarrollarse estimulando a los grupos más avanzados del centro del país a trabajar en aquellas regiones con menor nivel de desarrollo científico y tecnológico y buscar que a este trabajo se vinculen grupos de investigación locales. Se lograría así establecer relaciones de cooperación entre grupos de investigación localizados en diferentes partes del país y con distintos niveles de desarrollo, que podrían resultar altamente beneficiosas para todas las partes y para la investigación científica en general.

Internacionalización

La ciencia en general sólo tiene sentido en un contexto internacional. Los grupos incipientes pasan a estadios más maduros cuando se foguean con sus pares internacionales y ven sus resultados validados a través de esta confrontación. Hoy, cuando el país trata de insertarse en la sociedad mundial y transformarse en una sociedad abierta, no podemos mantener formas parroquiales de investigación. En el momento histórico que vivimos, un país que quiera modernizarse en el campo científico no puede menos que buscar su plena integración a las más avanzadas corrientes del pensamiento universal. Y esto, que es válido para todos los campos del conocimiento científico, resulta de particular relevancia para aquellas disciplinas que se ocupan del estudio del medio ambiente y el hábitat, que son temas que claramente tienen un carácter global y requieren un enfoque internacional para ser estudiados.

Obviamente, la integración de la ciencia nacional con la internacional no se va a dar en abstracto, sino a través de relaciones concretas entre las comunidades científicas afines. Por lo tanto, la estrategia debe propiciar que los grupos de investigación del país tengan un contacto regular y estrecho con sus colegas de otras partes del mundo. Objetivos de estas relaciones deben ser el intercambio y producción conjunta de información, conocimientos, metodologías y técnicas de trabajo científico, pero también deben ser los de probar y desarrollar la capacidad de los investigadores nacionales para competir fuera de nuestras fronteras. En pocas palabras, se trata de una internacionalización de la ciencia y la tecnología que implica simultáneamente la cooperación y la competencia en la esfera intelectual.

Una de las vías más adecuadas para concretar esta estrategia es la vinculación de los grupos nacionales a redes científicas internacionales. En el campo del medio ambiente y del hábitat se cuenta en Colombia con buenas experiencias de cooperación con investigadores y grupos de otros países de la región que deben impulsarse y fortalecerse. Pero, más importante que esto será la participación integral en programas multinacionales de estudio del ambiente, del cambio climático global, del fenómeno del Niño, de la Amazonia, etcétera.

Difusión

A las anteriores estrategias debe sumarse la de difusión de los resultados de investigación. Ningún valor tienen las actividades de ciencia y tecnología si los conocimientos que generan no son puestos al servicio de la sociedad. Esto es aún más válido en campos como los del medio ambiente y el hábitat en donde son tan graves los problemas que afronta el país y, por consiguiente, la necesidad de soluciones con una sólida base científica y técnica es más apremiante.

En esta estrategia de divulgación deben cumplir un papel fundamental las revistas internacionales con arbitraje científico. Las publicaciones periódicas especializadas de amplia circula-

ción son el medio más utilizado actualmente por los científicos de todo el mundo para presentar los resultados de su trabajo. Por ello, es necesario estimular a nuestros investigadores para que publiquen mucho más frecuentemente sus artículos e informes de trabajo en revistas de circulación mundial.

Finalmente, el Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat requiere asumir una estrategia de formación de nuevas generaciones de investigadores que aseguren la continuidad de las distintas líneas de trabajo científico y tecnológico sobre el medio natural y construido en Colombia. Una de las deficiencias más importantes que tiene la investigación científica y tecnológica en estos campos en Colombia radica en la cantidad y nivel de formación de sus investigadores.

El país necesita aumentar significativamente el número de doctores en estos campos y elevar el nivel de la formación de sus investigadores de acuerdo con los estándares internacionales. Esta estrategia de formación de doctores puede hacerse indistintamente en el país y en el extranjero, siempre y cuando los programas académicos e investigativos en que se formen respondan a criterios de calidad internacional y relevancia nacional.

CONSULTA DEL PLAN DE ACCION CON LOS INVESTIGADORES

Para concretar las formas específicas como se van a desarrollar en el Programa de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat cada una de las estrategias propuestas es necesaria, ante todo, una amplia consulta con todos los actores que intervienen en el Programa. Dado que contamos con una comunidad científica heterogénea e incipiente, con diferentes tradiciones de investigación y con variados intereses, se hace indispensable auscultar la opinión de los diversos grupos para definir objetivos, estrategias y actividades comunes, respetando las iniciativas particulares.

Tal necesidad está contemplada desde la misma legislación que crea el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, que establece que el proceso de elaboración de los planes de los programas será orientado por el respectivo Consejo previo un amplio

proceso de consulta a nivel regional y nacional. La aplicación de esta norma nos reúne en este Simposio. De sus deliberaciones deberán salir las orientaciones generales que tendrá en cuenta el Consejo Nacional cuando proceda a la elaboración del Plan de Acción del Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat.

Pero, dada la naturaleza abierta y participativa del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, la consulta y la participación real de las comunidades en la orientación del Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat no podría concluir en la elaboración de un plan cerrado y definitivo. Mucho más que un plan-libro, lo que esperamos diseñar es un plan-proceso que de manera flexible señale los objetivos y estrategias para guiar la acción colectiva de los investigadores sin constreñir las iniciativas particulares. Este plan deberá ser lo suficientemente estable para que efectivamente pueda orientar la investigación, y lo suficientemente flexible para aceptar revisión cuando resulte necesario adecuarlo a la cambiante realidad del país y el mundo.

Esto requiere una fuerte voluntad de participación de los investigadores en todas las actividades que en adelante desarrolle el Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat. Es absolutamente necesario que la comunidad científica asuma de verdad el Programa como propio. Es esta la convocatoria y es este el reto que hoy se impone a quienes la atienden.

Capítulo 10

EDUCACION. INVESTIGACION PARA MODERNIZAR LA EDUCACION

El rápido movimiento de las fronteras de la ciencia y la tecnología conduce, sin duda, hacia un nuevo ambiente, en el que la innovación le imprime una dinámica especial a las actividades productivas, se crean nuevas condiciones de trabajo, surgen nuevas estructuras sociales y se rompen progresivamente las barreras nacionales.

El contexto del desarrollo de las naciones ya no es el mismo. Es creciente la importancia de los recursos humanos y de la educación para fortalecer las capacidades necesarias para sostener los procesos de innovación y de recreación constante del ambiente. De allí que la coherencia de las políticas de ciencia y tecnología con las nuevas orientaciones del desarrollo se pueda alcanzar en la medida en que contribuyan a avanzar, en lo económico, hacia modelos de producción y comercialización de bienes y servicios más integrados a los mercados internacionales; a lograr construir sistemas nacionales técnico-industriales en los que se estrechen las relaciones universidad, Estado, núcleos de investigación y desarrollo, que permitan desarrollar una capacidad interna de innovación y una base de empresas competitivas y flexibles; a aprovechar los conocimientos científicos y tecnológicos de avanzada que alteren las ventajas comparativas tradicionales; y en lo cultural, a ampliar los canales de participación en el gobierno de la sociedad, asegurar la convivencia dentro de la diversidad y ampliar el espacio de las reservas intelectuales de la sociedad.

Sin embargo, al confrontar nuestra situación actual con las transformaciones que están ocurriendo en el mundo y en nuestro

país, nos encontramos de hecho con un momento de desfase y atraso en el tipo de educación que estamos ofreciendo. No estamos educando para el futuro y ni siquiera para el presente. Estamos convencidos de que ello se debe a que no se ha realizado un abordaje científico del proceso educativo, y a que nos hemos limitado a aplicar esquemas y fórmulas generadas por procesos intuitivos o transplantados de contextos diferentes.

La solución al problema de la educación colombiana comienza por la formación de investigadores de alto nivel, que estén integrados a las grandes corrientes universales de la reflexión sobre la educación y que desarrollen un programa de profundización del conocimiento de nuestra realidad y del contexto en el cual funcionan nuestras estructuras educativas. En estos núcleos de investigadores cabe la responsabilidad de aportar, desde un punto de vista científico, a las discusiones nacionales sobre políticas educativas. Su actividad de generación de saber debe ligarse en forma íntima a la gestación de escuelas de formación de docentes.

La formación doctoral en distintas disciplinas, alrededor de los problemas de la educación, debe constituirse en el vértice de la pirámide de la renovación de toda la enseñanza en el país.

Cerca de cuatro millones y medio de niños colombianos que ingresan este año a la escuela serán estudiantes de secundaria y se incorporarán al mundo del trabajo en el próximo siglo. Su preparación para un contexto que se perfila con rasgos diferentes al que estamos viviendo depende de las decisiones que hoy se tomen y de nuestro propio conocimiento y capacidad analítica. Más aún, el aparato productivo y la cultura que le sirva de contexto serán en gran parte el resultado del esfuerzo científico, tecnológico y educativo que se haga en estos años.

Cuando caracterizamos la situación actual como un desfase, no solamente se trata de un problema de desactualización de las currícula escolares, sino, principalmente, de una desarticulación de la educación que se vislumbra hacia el futuro y de la ausencia de una conceptualización de su relación con los diferentes ámbitos de la vida de la sociedad colombiana actual. La concepción de lo que debe ser la educación en el año 2000 no puede inducirnos a pensar que los retos que enfrenta la investigación educativa per-

tenecen esencialmente al futuro. En este terreno, más que en cualquier otro, se requiere pensar en dos dimensiones: la de la interdependencia de los procesos sociales y la del efecto a largo plazo del uso del saber.

Durante el siglo que está finalizando se han hecho notables avances en materia de extensión de la escolaridad: éstos han sido quizá mayores que los que se han logrado en el conocimiento acerca del desarrollo humano y de la educación. Más allá del cumplimiento de metas cuantitativas ahora nos interesamos por la calidad de los procesos de formación que se inducen o se acompañan. Esto implica el desarrollo de un conocimiento científico acerca de la educación del que aún sólo se dispone en forma rudimentaria.

Desarrollar la creatividad, la sólida formación y la disposición al cambio de nuestros investigadores; la eficiencia y la productividad de las instituciones científicas y su potencial de inserción en la sociedad; la amplitud de la cultura científica y la capacidad de nuestros maestros como recreadores dinámicos del conocimiento, son las condiciones para que los procesos educativos logren el cometido de modernización de la sociedad colombiana que estamos proponiendo.

La globalización y la internacionalización de la economía y la política de las naciones están conduciendo a replanteamientos de las estrategias nacionales de desarrollo; y cada bloque de países está buscando un posicionamiento en un complejo mapa de interacciones e influencias.

Los macrosistemas de los países desarrollados y las organizaciones puente entre sus estados se están constituyendo en número cada vez mayor y con alcance cada vez más amplio. Para los países menos desarrollados existe el riesgo de ser nuevamente marginados de las corrientes internacionales, pero también la posibilidad de aprovechar la nueva baraja de oportunidades que ofrece el cambiante mundo de la ciencia y la tecnología, para dar saltos cualitativos que les aseguren una inserción ventajosa en este contexto, siempre y cuando su capacidad de innovación y sus recursos humanos e institucionales aumenten su capacidad de

respuesta ante los vertiginosos procesos de cambio que se vislumbran para comienzos del próximo siglo.

A pesar de las dificultades de la década pasada existe un dinamismo renovado para alcanzar metas de desarrollo económico y de renovación cultural. Varios países en desarrollo o de industrialización reciente han logrado progresar en forma significativa aprovechando las peculiaridades de su situación. El análisis de estas experiencias señala como constante que la educación, la creación y fortalecimiento de las instituciones científicas y tecnológicas y la capacidad de generar el conocimiento científico, son factores más decisivos que las riquezas naturales o la posición geográfica para tener resultados de crecimiento y desarrollo.

Pero la educación no solamente constituye un recurso invaluable para el desarrollo industrial, la competencia comercial y el crecimiento económico. En el nuevo escenario mundial, la educación es también un proceso conducente al rescate y a la renovación de la cultura y un medio adecuado para la búsqueda de un ambiente propicio para el desarrollo humano, la paz y la seguridad internacional.

Las tendencias casi globales, y en todo caso muy claras en nuestro país, hacia una mayor democratización y a la apertura de más amplios canales de participación popular en la conducción de la sociedad, inducen a la búsqueda de mecanismos de acceso que permitan una mayor participación y equidad social y no hay duda de que en el desarrollo de estas nuevas estructuras el nivel y la calidad de la educación que se ofrezca desempeñan un rol fundamental.

Entre las múltiples implicaciones de las actuales tendencias globales para la investigación educativa, en el marco de la relación educación-sociedad, se podrían mencionar las siguientes:

- a) La globalización e internacionalización conllevan una apertura de fronteras comerciales, de información y de intercambio de una mayor competitividad que exige la determinación de nuevos estándares educativos, la revisión del papel de las diferentes instituciones de los sistemas de educación y el es-

- establecimiento de patrones comunes de reconocimiento de las experiencias de aprendizaje.
- b) La emergencia de nuevas relaciones entre las empresas productivas, los centros de investigación y las instituciones educativas.
 - c) El replanteamiento del papel de la educación de carácter general o fundamental (no enciclopédica) versus la educación especializada y el énfasis en las destrezas intelectuales que permitan aprender a aprender, dado el requerimiento de versatilidad y la necesidad de creatividad en un mundo cambiante.
 - d) La necesidad de generar alternativas para responder a las demandas crecientes de capacitación cada vez más compleja de los trabajadores de todos los niveles.
 - e) La urgencia de desarrollar los niveles más elevados del sistema educativo y de otras formas alternativas de educación.
 - f) El diseño de mecanismos de evaluación de resultados en términos de aprendizaje y de impacto social.

El nuevo contexto y sus exigencias a la educación y en especial a la tarea investigativa explicando por qué el destino colectivo e individual dependen en gran medida del desarrollo y aplicación del conocimiento. El conocimiento puede ser un instrumento de democratización y descentralización, en la medida en que puede ser utilizado por todos una y otra vez, que se enriquece continuamente y que puede surgir y evolucionar en diferentes sitios, momentos y estilos. No obstante su característica de fluidez, el conocimiento ha cobrado un valor económico sin precedentes. Esto tiene implicaciones importantes para los países más alejados de los centros mayores de producción del saber.

El motor de la dinámica del conocimiento son los investigadores, las comunidades nacionales y sus vínculos internacionales, las redes de información, las instituciones y, en el futuro, las empresas. Una base insustituible para el desarrollo de estas últimas es el apoyo que brinda una cultura científica en la sociedad.

En el plano cultural, aunque pensadores de todos los tiempos han coincidido en asignar especial importancia a la educación en sí misma y como instrumento de realización personal y social,

nunca antes habían surgido tantas demandas sobre los sistemas educativos.

A medida que se extiende la conciencia global sobre los derechos de todas las personas a participar en los sistemas de gobierno, en las decisiones locales y de disfrutar de la libertad y el bienestar, se incrementa la necesidad de una educación que fomente los valores de la convivencia democrática, el respeto a la vida y las habilidades de participación y decisión.

La educación es vínculo esencial entre la política económica y la política social. Un mayor nivel educativo de la población se traduce en una acumulación de capital humano indispensable para lograr los objetivos de crecimiento y desarrollo que requiere la sociedad colombiana, pero también una economía más desarrollada sólo es viable políticamente si se dan mutaciones culturales apropiadas. En ambos procesos los educadores tenemos responsabilidades.

La nueva política de ciencia y tecnología se ha propuesto articular la modernización de la sociedad colombiana con los procesos de formación y educación. Con este propósito ha creado el programa de estudios científicos de la educación que busca el fortalecimiento de la comunidad científica y el apoyo a investigaciones que profundicen en la pedagogía, en el entorno social de los procesos educativos y en la relación entre educación y desarrollo.

La relación educación-sociedad está mediada por la cultura, los valores y la problemática de la organización social colombiana. Fenómenos como la violencia, la búsqueda de participación democrática, la necesidad de una mayor solidaridad y un cuidadoso manejo del medio, constituyen el signo de nuestro tiempo. De allí que la investigación en educación deba abordar el estudio de los procesos educativos en los diferentes ámbitos de la vida individual y colectiva.

La tarea de la investigación en educación es múltiple. Requiere establecer diagnósticos utilizables y ágiles sobre la realidad de la educación en el país; necesita evaluar tendencias globales, prever los cambios, imaginar futuros alternativos y arriesgar juicios. Debe concentrarse en los problemas propios de la pedagogía, pero no puede prescindir de considerar los factores que la condicionan, ni sus resultados sociales. Le urge aportar solucio-

nes a los problemas de coyuntura, sin olvidar el largo plazo. El pasado y el porvenir, la realidad y la utopía, el interior y el exterior de la enseñanza y el aprendizaje, lo cuantitativo y lo cualitativo, el rigor y la creatividad, están involucrados en la investigación sobre educación. Los gobernantes, las familias, las empresas productivas y particularmente los niños y los jóvenes esperan de los investigadores orientación, modelos, criterios, recomendaciones y juicios.

Dentro del contexto de las políticas recientes, los investigadores de la educación enfrentan retos muy claros. El primero de ellos consiste en responder a las necesidades del desarrollo humano y social implícitas en la Constitución y las políticas del país, lo que incluye el fomento a los valores que fundamentan el respeto a la vida y a las personas, la participación democrática y la convivencia en la diversidad étnica y política. El segundo reto es el constituirse en una verdadera comunidad científica que sirva de recurso permanente a la sociedad colombiana y posea un sólido reconocimiento internacional por la calidad de su trabajo y su relevancia social. Esto implica la consolidación de redes de investigadores, medios de difusión y de crítica y el fortalecimiento de los centros de formación. El tercero radica en la configuración de una cultura científica que permita a la sociedad en su conjunto utilizar los productos de la investigación científica para su crecimiento y desarrollo. El cuarto es aportar conocimientos útiles para la formación de los recursos humanos. El quinto es identificar criterios, indicadores de evaluación de la calidad de la educación en los diferentes niveles.

En general, la investigación educativa en Colombia se realiza en forma individual y aislada; la mayoría de sus productos no logra una publicación y difusión muy amplias, no obstante que existe un grupo de investigadores reconocidos en el país y en el exterior y que muchos maestros y profesores han optado por constituirse en protagonistas de innovaciones y experimentaciones.

Lo anterior no garantiza que exista una auténtica comunidad científica con intereses compartidos, tradición de crítica y mecanismos de revisión e intercambio y muchos menos canales de

relación con la opinión pública y con agrupaciones científicas internacionales.

También hay limitaciones en las escuelas de formación de investigadores, particularmente en los posgrados, lo cual impide el desarrollo de mecanismos adecuados para reforzar la actual generación de creadores del conocimiento, formada por lo general en universidades del exterior. La estrategia en este aspecto será apoyar la naciente infraestructura de formación de especialistas dentro del país, reforzando los vínculos con los centros y programas más avanzados del mundo.

Dentro de esta perspectiva, es imprescindible buscar: a) el mejoramiento de las instituciones, grupos de liderazgo y sistemas de información e intercambio; b) la formación de los investigadores no inferior a la existente en otros países, para lo cual será necesario recurrir al apoyo de investigadores experimentados de todas las ciencias sociales y de las ciencias básicas; c) la participación de otros sectores de la sociedad que pueden ser usuarios, financiadores o demandantes de la investigación, y e) la concentración temática en áreas prioritarias relacionadas con el sistema de ciencia y tecnología y los planes de desarrollo nacional.

La estrategia general del programa de investigación en educación en Colombia se centra en: a) el apoyo al desarrollo de la capacidad establecida de investigación educativa; b) la identificación de una agenda de temas de investigación en torno de los cuales el Consejo del Programa hará convocatorias; c) la generación de conocimientos útiles para la política y desarrollo educativo en temas claves determinados por los planes de desarrollo, la evolución del país, las necesidades sociales y el interés y capacidad de la comunidad científica; d) la búsqueda de formas que permitan incrementar la utilización de la investigación científica en educación, y e) la convocatoria a los centros y grupos de investigación de ésta y otras áreas para que asuman el compromiso con esta tarea de interés nacional.

Colciencias, dentro del marco de la relación educación-sociedad y de los propósitos mencionados, pone a consideración de la comunidad científica las siguientes áreas temáticas prioritarias:

- a) Recursos humanos, educación y desarrollo. Esta área hará énfasis en el estudio de los problemas relativos a la interacción entre la educación, la sociedad colombiana y el desarrollo. Dentro de ella se atenderán los aspectos de política social, productividad y competitividad industrial, formación de recursos humanos, participación social y equidad.
- b) Enseñanza de las ciencias exactas y sociales. Los trabajos de investigación dentro de este campo deberán permitir la constitución de una base sólida de conocimientos para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia y de su aplicación en todos los niveles del sistema educativo.
- c) Didáctica, pedagogía y currículo. La investigación estará centrada en torno de los procesos de innovación y experimentación pedagógica, currículo e informática educativa. Incluirá análisis de modelos alternativos para el sistema educativo, educación no formal y particularmente el desarrollo de los niveles más elevados de la educación.
- d) Análisis de impacto de factores internos y externos del sistema educativo. Esta área estará orientada a la evaluación general de los resultados del sistema educativo en sus dimensiones cognoscitivas. Priorizará, por ejemplo, estudios sobre indicadores de calidad, desarrollo humano, valores y formación ciudadana.
- e) Aspectos institucionales y financieros. La investigación deberá abordar los temas de gestión administrativa y de modelos alternativos de financiamiento.

La estrategia enunciada tendrá los siguientes componentes básicos:

- a) El apoyo a redes y asociaciones de la comunidad científica que se interese por la investigación sobre educación, por medio de la realización de seminarios especializados en diversas zonas del país y de la utilización de la tecnología avanzada en materia de información que permita un real intercambio a nivel nacional e internacional.

- b) La colaboración con las instituciones de investigación para la formación de recursos humanos. Para ello se establecerá un sistema de becas o pasantías para la preparación de nuevos investigadores, apoyando la consolidación de la comunidad científica a través de la permanente interacción de los grupos de investigación.
- c) La promoción en los maestros del espíritu de innovación y experimentación. Para ello se apoyarán experiencias piloto en estrecha relación con centros de investigación, lo que conduce al financiamiento por resultados.
- d) La financiación de un grupo de líneas de investigación que en principio cubrirán las áreas temáticas antes señaladas.

Finalmente cabe señalar que el programa en su conjunto contará con un mecanismo de evaluación que permita su reorientación anual de acuerdo con los resultados de los procesos de fortalecimiento de la capacidad y de los estudios que se apoyen. Un grupo asesor nacional con la colaboración de expertos internacionales presentará recomendaciones al respecto.

Todas estas acciones y las concepciones en que se sustentan son el temario central de las reflexiones sobre el norte de la investigación en educación. De persistir el relativo atraso de nuestros procesos educativos, la preparación de nuestro país para el paradigma de conocimiento mutante en que está entrando la humanidad sería claramente insuficiente. En esta nueva era, el tipo de educación que se requiere sólo puede ser aprehendido a través de una aproximación científica. Para ello tendremos que apoyarnos en las formaciones que ofrecen las distintas disciplinas e impulsar en forma decidida la investigación de los procesos educativos, de su entorno y de su impacto sobre el desarrollo al más alto nivel. Luego vendrán los diseños de una política educativa más adecuada y la tarea de aplicar ese conocimiento avanzado, sólido y en constante movimiento al diseño curricular y a otras tareas que en el pasado hicimos sin suficiente fundamento.

Capítulo 11

SALUD. POR LA CALIDAD DE LA VIDA

EL CONTEXTO ACTUAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA DE LA SALUD EN COLOMBIA

La sociedad colombiana ha registrado un progresivo proceso de modernización, acentuado en las últimas décadas. Sus principales manifestaciones han sido la urbanización, la expansión de la agricultura comercial, la industrialización, el surgimiento de nuevas fuerzas políticas y sociales, el desarrollo de los medios de comunicación, las transformaciones del Estado y la modificación de valores sociales y culturales arraigados en nuestra sociedad.

Esto ha implicado cambios en los patrones de distribución demográfica tanto por los procesos de migración del campo a la ciudad y las modificaciones en las relaciones sociales, como por la intensificación de los entrecruzamientos culturales. Como consecuencia, se ha instaurado un proceso de cambio en los perfiles de salud de la población. Persisten las enfermedades transmisibles con carácter endémico; y toman fuerza patologías características de la vida urbana moderna y del trabajo industrial. Formas culturales de enfermar, típicas de comunidades rurales tradicionalmente aisladas, comienzan a hacer parte de los perfiles patológicos de las zonas urbanas marginadas.

Como producto de las situaciones de violencia que han acompañado a tales cambios, se presenta una mayor incidencia de traumas físicos y psíquicos. A lo anterior se suma la falta de eficiencia y eficacia en los servicios de salud, ocasionadas en

gran medida por problemas de gestión, administración y presupuesto dentro del sector.

Estos procesos se han acompañado de una relación inarmónica con los grandes avances científicos y tecnológicos de las ciencias de la salud y de la práctica médica, de cuyos beneficios han quedado excluidos amplios sectores de la población.

La Ley 10 de 1990 y la reforma constitucional de 1991 parecen abrir la posibilidad de una profunda transformación de los sectores de la salud y de la seguridad social. Como plantea Eduardo Díaz,

preceptos políticos adoptados en el nuevo marco constitucional y legal, obligan al Estado a garantizar el acceso universal a los servicios de salud y a la seguridad social a toda la población, a intervenirlos y controlarlos para su adecuado funcionamiento y a ejercer el debido control de los factores de riesgo, en orden a preservar la salud de la población¹.

Esto conlleva la necesidad de superar los conceptos tradicionales de asistencia y caridad pública, centrados en una actitud paternalista y curativa, para ser reemplazados por otros más amplios como son los de salud y seguridad social, entendidos como servicios y derechos irrenunciables de los ciudadanos.

Se requiere también de la descentralización administrativa, política y financiera, como consecuencia de la cual se verán involucrados nuevos sectores y actores en la resolución de los problemas de salud. Como resalta Eduardo Díaz, "el manejo del sector ha dejado de ser de exclusiva competencia de las entidades, los profesionales, y el personal del sector"².

La investigación y el desarrollo tecnológico no pueden estar ausentes de estos procesos, que exigen la ampliación y modificación del ámbito de las relaciones habituales entre la investigación,

1 Díaz Uribe, Eduardo, "Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud en su relación con el proceso de descentralización y reordenamiento institucional del sector. Documento personal final", en: *Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud, documentos para la elaboración del plan*. Bogotá: Preedición Colciencias, 1992.

2 Díaz Uribe, Eduardo. *Op. cit.*

el desarrollo tecnológico y los problemas del sector. Es necesario construir nuevas alternativas para profundizar el estudio de la compleja interacción de los elementos biológicos, psíquicos, sociales y culturales que componen el cuadro de la salud y la enfermedad en nuestro país, tanto como desarrollar las capacidades tecnológicas nuevas que permitan incidir sobre ellos, para lograr el mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos.

La Ley 29 de 1990 y los nueve decretos de 1991 que la desarrollan, crean y ponen en marcha el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y constituyen el marco que abre nuevas posibilidades a la investigación y el desarrollo tecnológico del país, a través de los Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología. Entre ellos se cuenta el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud.

En este Sistema, abierto y no excluyente, conformado por actividades de ciencia y tecnología y no por entes burocráticos, los programas se definen como ámbitos de preocupaciones estructurados por objetivos, metas y tareas fundamentales, que se materializan en proyectos y otras actividades complementarias³.

EL OBJETIVO PRINCIPAL DEL PROGRAMA

El objetivo central del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud es fomentar el desarrollo del conocimiento y la innovación tecnológica en el campo de la salud a partir del estudio interdisciplinario de nuestros propios problemas, con el fin de comprender nuestro entorno, proponer alternativas, potenciar la evolución del país y construir una capacidad de competencia internacional apoyada en nuestros propios talentos.

EL PANORAMA DE LA INVESTIGACION EN SALUD

Tres líneas principales de investigación se han venido desarrollando en el mundo en los últimos años:

- la investigación básica, con énfasis en áreas como la inmunopatología, la biología molecular y la virología;
- la investigación clínica, dedicada a desarrollar estudios relacionados con enfermedades crónicas, especialmente las del sistema cardiovascular y las enfermedades congénitas del metabolismo;
- la investigación epidemiológica, preocupada por el estudio de los factores de riesgo que definen los perfiles de distribución de las enfermedades en los grupos humanos y el comportamiento social de las personas frente a dichos factores.

Complementariamente se ha venido constituyendo un nuevo campo de investigación como resultado de los trabajos en medicina social. Esta orientación promueve la investigación interdisciplinar a partir de la utilización de las ciencias sociales en el análisis de los problemas de la salud-enfermedad como un proceso social⁴.

En el panorama nacional se ha dado un desarrollo desigual y discontinuo de la actividad científica en el campo de la salud. No ha habido un proyecto coherente y continuo de incorporación del conocimiento como instrumento de desarrollo económico y social.

El Estudio Sectorial de Salud, publicado en 1990, muestra una baja correlación en Colombia entre los esfuerzos realizados en investigación en salud y el desarrollo económico alcanzado.

4 Sáenz Z., Orlando, "Constitución de una línea de investigación sobre salud urbana", en: *Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud, documentos para la elaboración del Plan*. Bogotá: Preedición Colciencias, 1992: pp. 4-7.

La investigación se ha generado algunas veces por el trabajo de los propios investigadores⁵ y, otras, por la iniciativa y el apoyo de las fundaciones internacionales⁶. Sus resultados, aunque importantes y significativos desde el punto de vista científico, han tenido poca aplicación directa en las políticas y programas del sector y ello a pesar de la ya larga tradición que puede hacerse remontar a los días del interés en el estudio riguroso de las quinas y otras plantas medicinales desplegado por la Expedición Botánica que estuvo ya ligado a la búsqueda de soluciones a nuestros problemas de salud. Desde las últimas décadas de la Colonia, José Celestino Mutis puso en marcha importantes reformas en la enseñanza médica que intentaban adaptar a las condiciones nuestras una nueva medicina apoyada en la ciencia moderna⁷. Sin embargo, la investigación médica propiamente dicha sólo se iniciará de manera más o menos sistemática con los galenos que, desde 1864, se agruparon en torno a la *Gaceta Médica* y a la Escuela Privada de Medicina, fundada en 1865. Este grupo se comprometió en el intento de elaborar una geografía patológica nacional, consolidándose como pionero de la investigación en este campo en el país⁸.

Después de 1867, la Sociedad de Medicina y Ciencias Naturales dio origen a una serie de trabajos de investigación que, apoyados en la recién llegada teoría microbiana, estudiaron algunas de las enfermedades infecto-contagiosas más frecuentes de la

- 5 Wasserman, Moisés, "Programa Nacional de Ciencia y Tecnología en Salud. Documento personal final", en: *Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud, documentos para la elaboración del plan*, Bogotá: preedición Colciencias, 1992, p. 3; García, Luis F., "Problemas, estrategias y prioridades de la investigación en salud, con especial referencia a las ciencias básicas biomédicas", en: *Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud, documentos para la elaboración del plan*. Bogotá: preedición Colciencias, 1992, pp. 1-2.
- 6 Quevedo, E. y Cols. *La salud en Colombia: análisis socio-histórico*, Bogotá: Ministerio de Salud-DNP-Estudio Sectorial de Salud, 1990, pp. 27-34.
- 7 A ese respecto véase Quevedo, Emilio, "José Celestino Mutis y la educación médica en el Nuevo Reino de Granada", *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, Vol. 8, No. 1-4, 1984, pp. 69-120.
- 8 Miranda Canal, Néstor, "Apuntes para la historia de la medicina en Colombia", en *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, Vol. 8, No. 1-4, 1984, pp. 121-209.

época. Esta sociedad trabajó en amplia colaboración con la Junta Central de Higiene, primer organismo estatal encargado de los problemas de salud de la población, que desarrolló también una notoria labor de investigación, planificación y reglamentación en variados aspectos de la salud. Ambos grupos sostuvieron una constante actividad editorial plasmada en la *Revista Médica* de Bogotá y en la *Revista de Higiene*⁹.

A comienzos del siglo XX, bajo la influencia conceptual de la Escuela de Medicina Tropical de Londres y del Instituto Pasteur de París y con el apoyo financiero de la Fundación Rockefeller, florecieron trabajos de investigación impulsados por médicos formados en dichas instituciones, algunos de los cuales alcanzaron renombre internacional, como los de Roberto Franco, en 1907, relacionados con la diferenciación entre la fiebre amarilla selvática y la urbana y sus diferentes vectores de transmisión¹⁰, o los de Luis Patiño Camargo, Carlos Martínez, Bernardo Samper y Cesar Uribe Piedrahita, entre otros.

En este proceso se destaca la creación del Instituto Carlos Finlay, tal vez la primera institución nacional dedicada a la investigación en salud donde se formaron muchos investigadores. Se crean también en este período los primeros laboratorios de investigación como el del mismo Roberto Franco, el de Federico Lleras Acosta y el Laboratorio Samper Martínez que daría origen posteriormente al Instituto de Programas Especiales en Salud (INPES), hoy Instituto Nacional de Salud¹¹.

En la segunda mitad de este siglo, la investigación en ciencias básicas y clínicas ha tenido un desarrollo más consistente, directamente ligado a la instauración del modelo de Flexner en las facultades de medicina del país en la década del sesenta. Dicho modelo proponía, entre otras cosas, una sólida formación en cien-

9 Miranda Canal, Néstor. "La medicina colombiana de la Regeneración a los años de la segunda guerra mundial", *Nueva Historia de Colombia*, Tomo IV, Bogotá: Planeta Editores, 1989, pp. 257-284.

10 Gast Galvis, Augusto. *Historia de la fiebre amarilla en Colombia*, Bogotá: Instituto Nacional de Salud, 1982, p. 27.

11 Miranda Canal, Néstor. "La medicina colombiana...", *Op. cit.*, pp. 272-273.

cias básicas y el aprendizaje en el laboratorio como prerrequisito para la enseñanza clínica¹².

Este hecho dio impulso al desarrollo e institucionalización de la investigación biomédica en el país, en la medida en que se estableció la carrera de profesor de tiempo completo, se contrataron expertos, profesores e investigadores internacionales, se dio inicio a los primeros posgrados y especialidades médicas y se incrementó el número de revistas especializadas. No obstante, las limitaciones económicas y la carencia de una infraestructura de laboratorio adecuada impidieron la generalización esperada de la investigación básica en la mayor parte de las facultades de ciencias de la salud¹³.

La influencia de este modelo y el apoyo temporal de algunas fundaciones internacionales posibilitaron la formación de un número apreciable de colombianos en el exterior en áreas de punta en ese momento y permitieron el desarrollo de grupos de investigación básica y clínica, los cuales en su mayor parte conservan aún su liderazgo. No obstante, según afirma Beatriz Elena González, predominó en la mayoría de ellos "la práctica investigativa individualizada y desarticulada del quehacer del sector salud y de la praxis de la sociedad"¹⁴.

En el marco de la reforma constitucional de 1968 y con el apoyo de los resultados del Estudio de Recursos Humanos para la Salud y la Educación Médica en Colombia, se creó en 1974 el Sistema Nacional de Salud. Su modelo se apoyaba en el informe del inglés Bertrand Dawson, publicado en 1920, que insistía en la necesidad de regionalizar los servicios de salud en función de las necesidades de la comunidad y de equilibrar las relaciones entre la eficiencia y costos de los servicios de salud en contraste con el

12 Quevedo, Emilio y Cols. *La salud en Colombia, análisis socio-histórico*. Bogotá: Ministerio de Salud, DNP, 1990.

13 Quevedo, Emilio y Vergara, Andrea. "El proceso de institucionalización..." *Op. cit.*; pp. 53-59.

14 González, Beatriz Elena. "La investigación en los servicios básicos de salud", en: *Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud, documentos para la elaboración del plan*. Bogotá: preedición Colciencias, 1992.

beneficio público. Planteaba, además, que la medicina preventiva y la curativa deberían estar coordinadas en los planes de servicio. Este hecho propició algunos cambios en la orientación de la investigación en la década de los setenta: empezó a ser manifiesta la importancia de los estudios epidemiológicos sobre la distribución y el comportamiento de las enfermedades y la investigación sobre los servicios de salud. Se consolidaron así grupos de investigación con estas orientaciones y se presentó un incremento de la investigación aplicada sobre la básica y clínica, aunque estas últimas recobraron su importancia nuevamente en la década de los ochenta¹⁵.

En la últimas dos décadas se ha observado un creciente interés por la utilización de las ciencias sociales en el estudio de los problemas de salud. Los trabajos más destacados se han producido en el campo de la antropología, centrados fundamentalmente en el estudio de las representaciones de salud-enfermedad y de las prácticas médicas de las comunidades indígenas del país¹⁶. También se han elaborado algunos estudios e investigaciones con enfoques innovadores sobre aspectos socioeconómicos e histórico-sociales de la salud y de las políticas de salud en el país¹⁷.

Puede concluirse que existen en el área de la salud algunos grupos con cierto grado de consolidación, especialmente en el campo de la investigación básica, y otros en proceso incipiente de estructuración, sobre todo los relacionados con la investigación

15 González A., Beatriz Elena. "La investigación en los servicios básicos de salud", *Op. cit.*; pp. 5-7.

16 Instituto Colombiano de Antropología. Banco de la República. 1980-1990, *una década de producción antropológica en Colombia, Catálogo Bibliográfico*. Bogotá, 1990.

17 Debido a que estos trabajos son relativamente recientes, no existe aún un balance publicado de la producción en este campo en el país. Sin embargo podríamos citar como ejemplo cuatro trabajos representativos de estas nuevas orientaciones: Vasco Uribe, Alberto. *Estado y enfermedad en Colombia*, Medellín: Universidad de Antioquia, 1988; Bonilla Castro, Elsy y Cols. *Salud y desarrollo, aspectos socioeconómicos de la malaria en Colombia*, Bogotá: Plaza y Janés, 1991; Quevedo, Emilio y Cols. *La salud en Colombia, análisis socio-histórico*, Bogotá: Ministerio de Salud-DNP, 1990; Franco Agudelo, Saul. *El paludismo en América Latina*, Guadalajara (México), 1990.

social. Algunos de ellos se han desarrollado por iniciativa propia y otros como consecuencia del apoyo institucional, especialmente de las fundaciones extranjeras. Casi todos se han configurado en torno a un investigador líder, cuya actividad no siempre ha estado ligada de manera directa a la universidad. Aquellos que han tenido una mayor proximidad a la esfera de la docencia se han ubicado en los hospitales de nivel terciario y, por tanto, su actividad docente e investigativa ha estado más orientada hacia los estudiantes de las especialidades médicas. Sin embargo, debido a que la formación especializada está más centrada en el desarrollo de destrezas que en la investigación y a que no existen programas de posgrado a nivel doctoral, la mayoría de estos grupos no ha logrado mecanismos de autorreproducción y de generación de nuevos investigadores.

CRITERIOS PARA LA FORMULACION DE UN PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LA SALUD

Teniendo en cuenta el panorama esbozado, es posible formular algunos criterios básicos a partir de los cuales se pueda apoyar un plan de actividades para el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud en Colombia:

Un "Programa Nacional de Ciencia y Tecnología en Salud" es diferente de un "Programa Nacional de Atención en Salud"

La compleja y difícil situación de los problemas de salud en Colombia lleva con frecuencia a confundir estos dos planos. Como señala Moisés Wasserman,

es muy tentador tratar de resolver el problema de salud, que aparece como más concreto y urgente que el de investigación (...) Sin embargo, las acciones de servicio y las de investigación llevan ritmos muy distintos, las proyecciones de un Programa de salud deben ser inme-

diatas; las perspectivas a largo plazo, la preocupación por peligros potenciales y la capacidad de respuesta a ellos interesan más al Programa de investigación¹⁸.

Debe existir, por tanto, un mecanismo de comunicación y concertación para que el sector de atención en salud pueda convocar investigaciones, proponer temas y contratar estudios sobre problemas cuya resolución requiera de nuevos conocimientos o de formas diferentes de aproximación.

El sujeto de la investigación: de la institución y el investigador al grupo consolidado

Como recoge el documento del Programa Nacional de Ciencias Básicas, transcribiendo el concepto de Michel Callon,

el sujeto de la moderna empresa científica es el grupo de investigación maduro o, si se quiere, consolidado (...) El grupo consolidado está compuesto por investigadores de diferentes disciplinas y profesiones que comparten una misma estrategia innovadora y se apoyan para tal efecto en un plan de trabajo que involucra técnicos y administradores, instrumentos de documentación y experimentación, medios financieros, relaciones políticas y algún grado de legitimidad institucional. En la realización de su estrategia investigativa, el grupo maduro establece necesariamente relaciones de cooperación y competencia por la innovación con sus pares de otros grupos y escuelas¹⁹.

El grupo es capaz de investigar a alto nivel y de gerenciar su propia investigación.

Tradicionalmente, la política de financiación de la investigación en salud ha estado centrada en el apoyo a las instituciones, consideradas como el espacio natural de la actividad científica.

18 Wasserman, Moisés. "Programa Nacional de Ciencia y Tecnología en Salud", en: *Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud, documentos para la elaboración del Plan*. Bogotá: Preedición Colciencias, 1992; p. 2.

19 Colciencias, *Programa Nacional de Ciencias Básicas, documento de trabajo*. Bogotá: Mimeografiado, 1992.

Tal orientación refleja la falta de madurez de los grupos de investigación, así como su baja capacidad para obtener su propia legitimidad social.

La nueva política de ciencia y tecnología de la salud tiende al fortalecimiento de los grupos, como asociaciones naturales entre científicos, para asegurar el desarrollo de sus estrategias investigativas, estimular la innovación, fortalecer su capacidad de negociación con el medio y consolidar los procesos de comunicación e interacción entre ellos y con la comunidad científica internacional.

Así se irá desplazando el foco de atención desde la institución hacia el grupo, asegurando mecanismos para apoyar a los grupos más fuertes y desarrollar a los más débiles. La actividad de los grupos debe ir derivando desde el individuo aislado hacia el grupo consolidado. En un mundo en apertura, los grupos de investigación pueden trascender no sólo las fronteras institucionales, sino también las nacionales y estar conformados por científicos de distintos países o regiones que trabajan en forma concertada sobre temas similares.

La necesidad de construir nuevos enfoques para el estudio de la salud

Un Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud se verá necesariamente cruzado por el análisis del proceso salud-enfermedad. El importante desarrollo de las ciencias básicas, especialmente las biológicas, en lo que va corrido del siglo, produjo un enfoque centrado en la problemática de la enfermedad más que en la de la salud y el predominio, a veces excesivo, de las técnicas de diagnóstico y tratamiento de aquélla, llevando a que el hospital especializado se convirtiese en el santuario de la atención y la docencia. Como consecuencia, ha imperado la preocupación por las afecciones individuales y sus manifestaciones más que por la salud como fenómeno colectivo.

Este enfoque, útil para explicar los procesos biológicos de la salud y la enfermedad, se ha mostrado insuficiente. En el proceso

intervienen múltiples elementos de carácter biológico, psicológico, social, cultural, económico, etc. que hacen que no pueda ser abordado desde una sola perspectiva. Es necesario construir espacios transdisciplinarios que superen el simple diálogo estratégico de conocimientos.

A pesar de los indiscutibles aportes de las ciencias biológicas en los problemas de salud, habría que ir más allá, hacia replantear las relaciones entre el orden biológico y el orden social en el terreno de lo humano, cuando se hable de salud y enfermedad²⁰.

Se deriva de todo lo anterior la necesidad de superar los ámbitos disciplinarios tradicionales, impulsando una mayor articulación transdisciplinar entre la investigación en las ciencias biomédicas, clínicas, epidemiológicas y sociales, en función del estudio integral de los problemas de salud del país.

Introducción de la dimensión bioética en la investigación en salud

En salud, tal vez más que en ningún otro campo de las ciencias, es enorme el riesgo de confundir la fundamentación técnica de los actos con la bondad de sus consecuencias, de caer en la idea de que si se obra de acuerdo con las normas técnicas y los principios de la ciencia se está actuando correctamente desde el punto de vista ético. Está siempre presente el peligro de suponer que el orden natural coincide con el orden moral y, por tanto, que la intervención, con fines investigativos o terapéuticos, si está mediada por una tecnología que se fundamente en las ciencias naturales, sería moralmente correcta. El científico que produce hechos positivos y útiles no por ello los produce también moralmente buenos. El riesgo está en asumir lo ético como si no tuviese ninguna relación con la vida social.

20 Hernández, M. *Comentarios al documento Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud*. Original remitido a Colciencias.

En las últimas tres décadas se ha desarrollado un movimiento internacional hacia la consolidación de un nuevo espacio transdisciplinar conocido como bioética. El problema de la fundamentación ética de la producción del conocimiento científico y de su aplicación, en contextos socioculturales específicos, constituye su eje fundamental²¹.

Es necesario iniciar también en el país un proceso de investigación multidisciplinar de la fundamentación ética de los procesos de producción y utilización de las ciencias y de la tecnología, que incluya el importante tema de la reglamentación ética de la actividad científica, aunque el problema es mucho más amplio y complejo.

ESTRUCTURA DEL PROGRAMA Y ESTRATEGIAS

Nos encontramos ante el proceso de estructurar un programa que fomente la investigación a alto nivel y que, al mismo tiempo, pueda dar respuestas a necesidades inmediatas. Que sea abierto y participativo y que fomente la consolidación de los grupos nacionales de investigación.

La identificación de la existencia de algunos grupos de investigación ya maduros en el área de la salud y de otros en proceso de llegar a serlo y el reconocimiento de la permanencia de un conjunto de problemas de larga data en el sector, así como de otros nuevos, resultado de las transformaciones que se han venido dando en su interior, obligan a pensar una estructura programática que permita, tanto el impulso de estos grupos, como la solución de tales problemas.

Para lograr esto, y siguiendo la propuesta de Moisés Wasserman, proponemos un programa con dos componentes fundamentales:

- Un componente de oferta de proyectos, y
- Un componente de convocatoria, de acuerdo con las demandas del sistema de salud.

21 Fuenzalida Puelma, H. y Connor, S. (Editores). *Bioética*, Edición especial del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, Vol. 108, No. 5 y 6, 1990.

El primer componente, el de la oferta de proyectos, corresponde al que existe hoy, es decir, al conformado por las áreas de investigación que se han desarrollado en el país a partir de las propuestas que los investigadores y grupos de investigación llevan a cabo, de acuerdo con sus propias iniciativas. Este componente surgió y se ha fortalecido lentamente a pesar de las limitaciones presupuestales y de la ausencia de "prioridades", de políticas de investigación y de fomento, e incluso a pesar de largos períodos caracterizados por la falta de estímulo a la actividad investigativa²².

El segundo componente, el de las convocatorias, estaría compuesto por aquellos proyectos de investigación necesarios para estudiar y resolver problemas de salud de la sociedad colombiana. Deberá desarrollar el proceso de comunicación entre las necesidades del sector y del Sistema Nacional de Salud (atención, prevención y vigilancia) y los problemas que puedan ser resueltos por medio de investigaciones llevadas a cabo por la comunidad científica.

Para el manejo de estas convocatorias, las iniciativas de investigación provendrían de las distintas instituciones públicas y privadas prestadoras de los servicios de salud, quienes invitarían a la comunidad científica, a través del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, a presentar sus proyectos de investigación. Los grupos competirán con la calidad de su propuesta y con la eficiencia, oportunidad y capacidad de cubrimiento del problema para el cual fueron convocados.

Estos dos componentes serán cruzados permanentemente por un conjunto de estrategias comunes tendientes a asegurar la coherencia de las acciones del Programa. Mencionaremos aquí algunas de las estrategias posibles, sin pretender agotarlas todas y con el fin de provocar la discusión.

22 Wasserman, M. *Op. cit.*; p. 8.

Consolidación de una comunidad científica y desarrollo de redes nacionales e internacionales

La ciencia no es una empresa individual. Es necesario fomentar la articulación entre los grupos de investigación, apoyando a aquellos que han alcanzado niveles de productividad importantes y que han logrado establecer programas de investigación y estrategias cognitivas duraderas. Sobre todo, es indispensable impulsar la creación de redes disciplinarias e interdisciplinarias, que permitan la interacción entre los diferentes núcleos existentes, procurando que los más consolidados jalonen a los otros y favoreciendo la integración de núcleos regionales. Las redes pueden ser no formales, de intercambio de información, de equipos, de personal especializado, de discusión de problemas, etc. Es tarea de Colciencias armonizar el funcionamiento de ellas.

Doctorados con un alto componente de investigación

La mayoría de los posgrados en salud han tenido el carácter de especializaciones centradas en el desarrollo de destrezas profesionales, con un bajo componente de investigación. Es necesario impulsar y desarrollar los doctorados, espacios naturales para la investigación científica, para garantizar la reproducción de la comunidad científica. Esto permitirá la producción de conocimiento sobre la problemática de salud del país que pueda ser irradiado a los niveles de pregrado de las profesiones de la salud y de las especialidades médicas. De esta manera, los nuevos profesionales podrán tener un contacto más adecuado con la realidad nacional y, al mismo tiempo, podrán optar por la ciencia como una nueva alternativa para su desarrollo profesional.

Relaciones entre la comunidad científica y el sector productivo

En un mundo en apertura, es necesario impulsar la actividad de innovación tecnológica nacional con el fin de lograr un desarrollo

tecnológico e industrial capaz de competir internacionalmente en el campo de la salud. Para esto se requiere propiciar el acercamiento entre la industria y la comunidad científica. Serán necesarias nuevas formas de cooperación y de asociación entre los sectores académicos y los sectores productivos. Es preciso forjar redes de equipos y de laboratorios que permitan esta colaboración, y desarrollar globalmente la infraestructura necesaria para la investigación en este campo.

Igualmente es necesario desarrollar la capacidad de negociación y de toma de decisiones en relación con la transferencia de tecnología, lo cual no se logra sin una comunidad científica muy bien consolidada.

Fortalecer el desarrollo de los sistemas de información, comunicación y difusión de la investigación científica en ciencias de la salud

Debe apoyarse los sistemas de información científica y de comunicación electrónica que, a partir de los nuevos métodos, potencien la investigación y el desarrollo tecnológico y favorezcan la inserción de la comunidad científica nacional en el contexto internacional.

Se requiere también desarrollar una política de apoyo a la publicación de los resultados de investigación en las revistas internacionales más connotadas, de tal manera que se asegure la confrontación con la crítica autorizada. También hay que fomentar otros medios para que los investigadores mantengan informados, tanto a sus colegas nacionales como a la opinión pública, de sus resultados por medio de artículos de divulgación y de revisión amplia o especializada de los temas en que están trabajando.

Debe estimularse una mayor incorporación de los resultados de la investigación en los procesos de formulación de políticas y de toma de decisiones en el sector salud.

Construir una capacidad de análisis y de seguimiento de la actividad científica y tecnológica en el área de la salud

Es necesario desarrollar y fortalecer las actividades de seguimiento y análisis de la actividad de investigación y de transferencia e innovación tecnológica que se lleva a cabo en el sector salud, con el fin de producir indicadores cuantitativos y cualitativos que informen permanentemente de su dinámica, de sus resultados y de sus relaciones con el contexto. Esta información serviría de apoyo al Programa y al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología para la prospectiva y la toma de decisiones en materia de política científica y tecnológica.

CODA FINAL

Después de este sucinto análisis de la situación de la investigación y de la tecnología en el área de la salud, así como de las condiciones actuales del sector, y del enunciado de estas propuestas programáticas, Colciencias quiere invitarlos a que, a través del debate amplio y abierto, aporten sus ideas para que podamos lograr un Programa Nacional de Ciencia y Tecnologías de la Salud que permita el desarrollo de una comunidad científica capaz de crear el conocimiento y la capacidad tecnológica necesarios para solucionar nuestros problemas de salud y aportarnos ventajas comparativas para la competencia internacional.

SEGUNDA PARTE

La consolidación de la comunidad científica

SEGUNDA PARTE

La consolidación
de la comunidad científica

Capítulo 1

REGIONALIZACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

Con la instalación de las misiones regionales de ciencia y tecnología, se ha iniciado una nueva etapa en el proceso de construcción del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Etapa fundamental de este proceso, que converge además con el esfuerzo de reforma política consignado en la nueva Constitución colombiana y con el trabajo de millones de colombianos que tratan de construir una sociedad en la cual cuente la iniciativa de todas las regiones, en la cual las preocupaciones de todos los ciudadanos sean consideradas y los logros nacionales resulten de la conjunción de esfuerzos y no de la imposición de las opiniones de unos pocos sobre los demás.

El momento es propicio y está maduro para el inicio de esta etapa. Hemos logrado un mandato constitucional al Estado para que apoye las actividades científicas y tecnológicas; un conjunto de leyes y decretos-leyes que orquestan la actuación del Estado, de los investigadores —otrotra aislados entre sí y del resto del mundo—, de los empresarios y de la sociedad civil, que hacen converger todos los esfuerzos en un propósito nacional de modernización y desarrollo de la cultura. Hemos creado un valioso régimen especial de contratación, que agiliza lo que antes fuera secuencia interminable de trámites, y un sistema articulado de creación y difusión de conocimiento. Hoy, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, que en dos décadas se había reunido apenas tres veces, en menos de un año desde su instalación ya se ha encontrado cuatro veces y aprobado documentos fundamentales de política. En la actualidad, once Consejos de Programa fun-

cionan como relojes, con la participación activa de investigadores, empresarios y Estado, y nos han permitido aumentar notablemente el ritmo y la calidad de las decisiones de aprobación de proyectos de investigación. El presupuesto de Colciencias se ha multiplicado por 2.42 % entre 1990 y 1992, lo que en términos reales significa casi la duplicación de los recursos para la ciencia y la tecnología. Quizá más importante aún es el fenómeno cualitativo de la ampliación del conjunto de instituciones del país que realizan investigación. En 1990, sólo 14 universidades colombianas habían tenido relación con Colciencias. Hoy 24 universidades se encuentran ejecutando actividades de ciencia y tecnología, con financiación del Sistema. Muchas de ellas son universidades de las regiones. A una de ellas, que por primera vez presentaba un proyecto de investigación, le fue aprobado, a principios de 1992, el proyecto de monto mayor que hasta entonces hubiese financiado Colciencias, un proyecto de excelencia del que esperamos valiosos resultados. En los primeros siete meses de este año, y gracias al apoyo del DNP y del Ministerio de Hacienda, se ha girado más dinero para la ciencia y la tecnología que en cualquier año completo del pasado, lo que nos permitió poner al día el retraso en los giros a muchos investigadores y entidades de investigación que venían siendo afectadas por este rezago. Se han activado numerosas redes, entre ellas la Red Colombiana de Científicos en el Exterior, que en su etapa inicial ha revinculado a cerca de 500 compatriotas que desarrollan conocimiento en otros países con nuestras actividades. Este año se inició el programa de formación de recursos humanos para la ciencia y la tecnología, con la financiación de 80 aspirantes a doctorado y cinco posdoctorados, que deben iniciar sus programas en el exterior y en el país en el curso de este mes. Por otra parte, acaba de culminar un complejo y enriquecedor proceso de planeación participativa de la ciencia y la tecnología, que involucró la actuación de cerca de setecientos investigadores y empresarios en determinar los derroteros de investigación de los once programas, a través de los simposios nacionales que se reunieron en once ciudades distintas del país.

La reforma institucional que dio lugar al sistema de ciencia y tecnología y este conjunto de realizaciones que hoy son el patri-

monio de la comunidad científica, de los sectores productivos y de la sociedad colombiana, se enmarcan en una estrategia nacional de largo plazo que forma parte de la planeación del desarrollo social y económico.

La ciencia y la tecnología, el trabajo de las personas que incorporan de manera intensiva el conocimiento en sus productos y la labor misma de creación del conocimiento son hoy indispensables para el desarrollo económico y social del país; para la apertura y la entrada al mercado internacional; para la formación de capacidades y competencias que nos hagan verdaderamente competitivos en todos los ámbitos en los cuales se desarrolle nuestra acción; pero, sobre todo, para que todos los sectores de nuestra sociedad y todas las regiones de nuestra geografía alcancen, no sólo en el papel sino en la realidad, esa *mayoría de edad* a la cual se refería Kant hace ya dos siglos en su indagación sobre el significado de la Ilustración. Es decir, la capacidad, la decisión, la valentía de apoyarse en la propia razón:

La Ilustración es el fin de la minoría de edad del hombre debida a su propia culpa. Llamamos minoría de edad a la incapacidad para servirse del propio entendimiento sin ayuda de otro. Y esta minoría de edad se debe a la propia culpa del hombre, si su causa no reside en la falta de entendimiento sino en la falta de decisión y de valentía para servirse de él sin necesidad de la ayuda de nadie. ¡*Sapere aude!* Ten el valor de servirte de tu propia inteligencia¹.

La estrategia de regionalización de la ciencia y la tecnología se orienta, dentro de esta búsqueda de la autonomía de las personas y de las sociedades, al desarrollo de las capacidades de investigación propias de cada una de las regiones; a que sean los investigadores que actúan en ellas quienes colectivamente diseñen sus mecanismos de organización, quienes definan sus prioridades, quienes analicen sus potencialidades y contribuyan, por lo tanto, como verdaderos protagonistas a la definición de las políticas na-

1. Kant, E. *Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung* (1784).

cionales y de los grandes emprendimientos en ciencia y tecnología en los cuales se involucre nuestra sociedad.

Se espera estructurar programas regionales que se apoyen en las capacidades de cada región y respondan a sus necesidades y a sus características específicas. Un ente central no puede conocer cabalmente los requerimientos del desarrollo de las regiones. En la concepción de los programas regionales, esos ámbitos de preocupaciones de la región estructurados por sus objetivos, metas y agendas, no se trata de adoptar fórmulas generales que, buscando convenir a todas las regiones de nuestra diversa geografía, acaben no siendo adecuadas a ninguna. Esperamos que las regiones movilicen sus recursos humanos, financieros y organizativos para el avance del conocimiento, con el objeto de que el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y Colciencias puedan cumplir cabalmente su rol de facilitadores de procesos que se sostienen en sus propios pies.

Los historiadores del desarrollo latinoamericano y colombiano en particular han venido desarrollando en la última década una hipótesis según la cual las dinámicas del conocimiento en nuestro continente no han sido nacionales sino regionales. Ha sido la relación estrecha de una región con el mercado internacional el elemento impulsador del desenvolvimiento, primero de la región y, luego, indirectamente, del resto del país. Pensamos que este modelo es una opción del mayor interés para las comunidades científicas de las regiones y una forma privilegiada de contribuir al desarrollo del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología cuando se tiene la oportunidad de hacerlo.

Día a día reafirmamos nuestra convicción de que las regiones de ciencia y tecnología deben definirse con audaz flexibilidad. Nos preguntamos hasta qué punto conviene concebirlas como entidades aprisionadas dentro de espacios de conectividad simple, a imagen y semejanza de los mapas tradicionales de las decisiones político-administrativas. Las dinámicas del conocimiento y de los grupos y redes que se dedican a su avance, no respetan los resguardos del estanco ni las organizaciones napoleónicas del Estado, para la ocupación de los territorios. Son frecuentes los proyectos de alta prioridad, para una o varias regiones, que deben

desarrollarse conjuntamente entre investigadores relativamente distantes y en espacios no contiguos.

Lo que nos interesa no es la compartimentalización espacial de la ciencia y la tecnología. Nos importa es promover el desarrollo de dinámicas en las regiones y entre las regiones que le aportan a la construcción de la ciencia y la tecnología del país. Por ello un posible criterio para la definición de las regiones de ciencia y tecnología es definir las por el contenido mismo de los planes de ciencia y tecnología que se gestan alrededor de una dinámica regional, y a los cuales puedan adherir los investigadores y los grupos de investigación obviamente de la región, pero también de otras partes.

Esta concepción, que proyecta en los espacios regionales la visión del sistema abierto que ha determinado la organización de la ciencia y la tecnología es una de las propuestas que hemos sometido al estudio de las Misiones Regionales.

Por otro lado, la legislación en la cual se apoya este proceso, consignada fundamentalmente en el Decreto Ley 585 de 1991, define el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología en forma totalmente abierta y flexible. En primer lugar, lo define como un sistema de acciones y no de instituciones:

El Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología es un sistema abierto, no excluyente, del cual forman parte todos los programas, estrategias y actividades de ciencia y tecnología, independientemente de la institución pública o privada o de la persona que los desarrolle (Art 4).

Es decir, que no puede plantearse a ninguna entidad regional, local, departamental, municipal, pública o privada, la disyuntiva de saber si pertenece o no al Sistema Nacional. Si desarrolla actividades de ciencia y tecnología, de hecho está en él, con todos los derechos y deberes, con los privilegios y responsabilidades que esta condición le otorga.

Sin embargo, a esta apertura debe corresponder una organización y, por ello, es función del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Crear las comisiones regionales de ciencia y tecnología, adoptar los criterios generales que las orientan en el ejercicio de sus funciones, designar su secretaría técnica y administrativa, y definir su cobertura. (Art. 8)

Si la nueva Constitución da autonomía a los departamentos para organizarse por su propia iniciativa en "regiones administrativas y de planificación, con personería jurídica, autonomía y patrimonio propio"... cuyo objeto principal es el "desarrollo económico y social del respectivo territorio" (Art 306), no podía el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología hacer definiciones territoriales que no provengan de la misma iniciativa de las regiones y del conocimiento profundo de quienes actúan en ellas sobre sus necesidades y posibilidades.

La regionalización de la ciencia y la tecnología le aporta a esta visión dos consideraciones adicionales. Por una parte, las regiones deben buscar nichos de originalidad de pertinencia internacional, con base en problemas de investigación para cuyo abordaje tenga ventajas especiales. Por otra, las regiones deben liderar el proceso de apertura al mundo, fomentando interacciones fuertes con empresas y grupos de investigación consolidados.

Son grandes las responsabilidades que el Sistema Nacional le asigna a las Comisiones Regionales. Ellas se hacen explícitas en el decreto ley 585. Quiero enfatizar, sin embargo, una de ellas que para el sistema resulta crucial: les corresponde a las comisiones regionales asegurar una más estrecha relación del Sistema con el sector privado. Las comisiones regionales están en una posición de privilegio para articular la relación entre los investigadores, las universidades, la empresa privada y las instancias regionales de gobierno. Deben convocarlas, guiarlas y asesorarlas en la formulación de proyectos. De igual manera, los proyectos de desarrollo tecnológico que involucren empresas y universidades de la región deben recibir apoyo prioritario de las comisiones. Las comisiones impulsarán novedosas formas asociativas en su espacio regional, con las demás regiones y con otros países. Sólo ellas podrán asegurar la viabilidad de las estrategias conducentes a una mayor equidad social.

Cada región tiene hoy grandes urgencias de profunda dimensión social. La zona cafetera enfrenta una crisis en la que los investigadores pueden contribuir en forma definitiva. Las necesidades de la Costa Atlántica, sólo comparables en magnitud al potencial de sus recursos humanos y naturales, deben contar con el desarrollo científico y tecnológico para su solución por las vías más rápidas y eficientes. La zona del centro-oriente del país tiene que asegurar la reconversión de sus economías campesinas, no sólo para asegurar la viabilidad de muchas de ellas en esta fase de acelerada modernización, sino para potenciarlas y convertirlas en jalonadoras dinámicas del desarrollo nacional. La Orinoquia y la Amazonia presentan conflictos y oportunidades a los que los investigadores de todo el país deben dedicar su atención. La viabilidad de sistemas productivos de alta rentabilidad, aplicables en zonas donde campean los cultivos ilícitos, es condición fundamental de la paz nacional. Sus rápidos procesos de modernización y los flujos migratorios que enfrentan deben ser acompañados por los científicos sociales de esas regiones, con el apoyo de todo el país. La zona del Pacífico y el Occidente tienen la tarea de preservar una biodiversidad única en el mundo y asegurar el desarrollo industrial de sus ciudades. Es ejemplar la iniciativa del Corpes de Occidente a través de la cual le ha propuesto a Colciencias un fondo compartido para el impulso de las ciencias sociales en todo el país. Creo que hay áreas en las cuales las demás regiones pueden asociarse a las prioridades que ellas sienten más intensamente, para convertirlas en iniciativas de orden nacional, a través de estos convenios.

○ No comienzan hoy las actividades regionales en ciencia y tecnología. Desde hace muchos años, en todas las regiones del país se han venido desarrollando investigaciones y actividades de desarrollo tecnológico. Colciencias, desde su fundación ha dado su apoyo a estas actividades en todo el país, y en los últimos seis o siete años el apoyo explícito y la integración de estrategias regionales a estrategias nacionales a través de convenios con los departamentos y municipios, con corporaciones regionales y universidades colombianas ha sido una actividad creciente, que en varios casos ha producido importantes resultados. Pueden men-

cionarse, entre muchos otros ejemplos, las iniciativas de prospectiva regional, como Antioquia Siglo XXI, los convenios con departamentos como el Cauca, Nariño o el Norte de Santander, los programas regionales de ciencia y tecnología como el del Chocó, etc. Sumas importantes de dinero provenientes de Colciencias se han unido a los aportes hechos por las regiones para emprender diversas empresas investigativas y de desarrollo tecnológico o regional. Muchas otras actividades se han adelantado sin necesidad de contar con Colciencias o con cualquier otra entidad del gobierno central. La tarea que inician las Misiones Regionales no es la de comenzar estas actividades, sino la de investigar en qué estado se encuentran, cuáles y por qué han sido exitosas y cuáles no. Qué se debe intensificar y cómo hacerlo. Cómo lograr que las tareas aisladas se integren en esfuerzos comunes.

Se espera que al término de los seis meses durante los cuales se extenderá su acción, cada una de las Misiones haga recomendaciones precisas sobre la forma en que deberían quedar organizadas las actividades de ciencia y tecnología en su territorio. Esta organización podrá ser diferente para cada caso, atendiendo y respetando los distintos niveles de desarrollo, las distintas urgencias, los compromisos diferentes con cada uno de los once programas nacionales de ciencia y tecnología que puede haber en cada región.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología creará las Comisiones Regionales de Ciencia y Tecnología teniendo en cuenta estas recomendaciones y definiendo para cada caso la forma en que el Estado, la comunidad científica, el sector privado y las universidades de la región compongan este organismo, para lograr iniciativa y protagonismo de la región en la definición de sus prioridades de investigación, en la integración de sus afanes a la organización de los programas nacionales de ciencia y tecnología. El propio ámbito de acción territorial de cada Comisión será definido a partir de las recomendaciones de las Misiones que inician ahora su labor.

Es importante que, al adelantar las Misiones su investigación, tengan presente la autonomía que la Comisión Regional de Ciencia y Tecnología tendrá para "proponer y organizar programas

regionales de ciencia y tecnología"; para "hacer el seguimiento y la evaluación de los programas nacionales que operan en la región y de los programas regionales"; para "organizar su propio manejo financiero y autorizar la celebración de contratos de administración de proyectos para facilitar el funcionamiento ágil de los proyectos inscritos en los programas nacionales y de los programas regionales, cuando estos sean creados", y, sobre todo, para "promover la consecución de recursos públicos y privados que sirvan de contrapartida a las asignaciones y aportes que, conforme a los criterios fijados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, deban destinarse a actividades de ciencia y tecnología en la respectiva región".

La construcción de las propuestas que hagan las Misiones deberá tener en cuenta que es necesario incorporar activamente a todos los actores regionales para las definiciones temáticas y para la obtención de las contrapartidas a los dineros nacionales que deberán provenir no sólo de fuentes de origen regional sino externas, en consonancia con las capacidades de negociación de las regiones. Marchamos hacia un Sistema en el cual lo nacional ha de resultar de la construcción conjunta de regiones que aportan investigadores, ideas, problemas, iniciativas, dineros públicos y privados, y sus esfuerzos conducentes a la internacionalización.

Para construir estas propuestas las Misiones dialogarán con las universidades, con los sectores productivos, con las administraciones seccionales, con los Corpes y sobre todo con los investigadores que trabajan en la región. El análisis cuidadoso de los propósitos de todos estos grupos guiará el trabajo de investigación de la Misión. El desarrollo tecnológico de la región, de sus industrias y agroindustrias, de sus potencialidades agropecuarias o mineras; la transformación de sus modos de producción para volverlos intensivos en conocimiento y competitivos en la escala internacional serán orientación principal del esfuerzo regional en ciencia y tecnología. También la vinculación del trabajo de los científicos locales a las corrientes universales de producción de conocimiento.

Para lograr un conjunto articulado, las Misiones tendrán presente la organización del Sistema en Once Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología que se cruza con la estructura regional.

Mediante esta organización, las actividades científicas y tecnológicas han logrado por fin en nuestro país el papel transversal y transectorial que les corresponde y que en otros países asumieron desde tiempo atrás. Las comunidades capaces de trabajar sobre el conocimiento no pueden quedarse encerradas en pequeños grupos. La interacción entre las universidades y los institutos de investigación por un lado y los sectores productivos y sociales por el otro es meta fundamental del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y debe serlo de las organizaciones regionales. Esto no se lograría creando esquemas regionales demasiado ligados a un solo sector, como no se logró a nivel nacional cuando Colciencias estaba adscrita a un Ministerio en particular, y por esta —entre otras razones— nos parece especialmente inconveniente la propuesta de regresar a Colciencias a dicho Ministerio.

Sólo los esquemas que permitan la interlocución directa con todos los sectores, que otorguen capacidad de convocatoria a los distintos miembros de la sociedad, que faciliten la cooperación entre académicos y productores, entre investigadores y trabajadores de la salud, entre quienes administran el Estado y quienes producen el conocimiento, podrán conducir a colocar la ciencia y la tecnología al servicio de las distintas necesidades. Al nivel nacional, la organización del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología con presencia permanente de tres ministros e intermitente de todos los demás, con participación de cuatro rectores de universidad, de investigadores y miembros del sector privado y, muy pronto, de un representante de las Comisiones Regionales, sentó las bases para el trabajo intersectorial, que se vio reforzado con la salida de Colciencias del Ministerio de Educación y con la organización de los once programas nacionales, cada uno de ellos presidido por el ministro correspondiente. Al nivel regional, cada comisión deberá proponer la forma más adecuada de lograr estos objetivos.

Hace ya cuatro años el Gobierno Nacional creó la Misión Nacional de Ciencia y Tecnología, integrada por un selecto grupo de investigadores, que estudió con el mayor rigor el grado de de-

sarrollo de nuestras comunidades científicas y de nuestras instituciones, las relaciones entre nuestros investigadores y la sociedad, la madurez de nuestros grupos de investigación, las necesidades de nuestro sector productivo en cuanto a ciencia y tecnología y las formas de organización de las actividades de investigación y desarrollo tanto del sector público como del sector privado en el país. La Misión comparó esta situación con la que se vive en otros países y con las teorías contemporáneas sobre la organización y la sociología de la actividad de producción y adaptación del conocimiento. Del análisis de la Misión resultó un conocimiento sin precedentes que dio fundamento a recomendaciones a partir de las cuales pudieron construirse las estructuras nacionales para el trabajo en ciencia y tecnología que ha comenzado a marchar en el último año y medio.

Se trata ahora de repetir esta estrategia a nivel regional, para que la organización futura de estas actividades en las regiones se base en el conocimiento sólido de las mismas. Se han iniciado en el mes de septiembre cinco proyectos especiales de investigación, cuyo objeto de estudio serán las actividades de ciencia y tecnología en las regiones. Las que hay, las que podría haber, las que debería haber.

Estamos construyendo un sistema *sui generis*. No hay modelos ni recetas para hacerlo. Podemos inspirarnos en las experiencias positivas de otras naciones o en los desarrollos teóricos de quienes estudian las complejas relaciones entre la ciencia y la sociedad. Pero, en último término, será de la investigación de campo, del diálogo respetuoso y del intercambio fecundo que nacerán nuestros esquemas. Esa es la responsabilidad que hoy les confiamos, señores investigadores, coordinadores y directivos de las misiones. El fortalecimiento de las regiones es la base de la unidad nacional y esto es particularmente cierto en ciencia y tecnología. Los programas nacionales no pueden serlo si no aseguramos que cada región esté contribuyendo a ello. El país requiere de la creatividad de todos ustedes para que diseñemos formas armoniosas de cooperación y se desaten las grandes posibilidades de nuestras regiones. Nos hemos fijado como meta que en 1993 no haya ningún programa nacional de ciencia y tecnología que no

tenga por lo menos un proyecto en cada una de las regiones. Dicho de otra forma, quizá mejor, cada región deberá estar desarrollando por lo menos un proyecto en cada uno de los once programas nacionales de ciencia y tecnología. Esperamos que sean los investigadores de las Misiones quienes nos digan cómo lograr esta meta de corto plazo y como inscribirla dentro de una secuencia de logros que, a finales del siglo, hayan cambiado la geografía de la ciencia y la tecnología en nuestro país. Construyamos y proyectemos el escenario de la ciencia y la tecnología regional y nacional con espíritu participativo y de sociedad abierta. Tenemos un compromiso nacional. Solidaricémonos en torno a estos propósitos comunes en procura de mejores condiciones de vida para nuestros municipios, departamentos, regiones y para el país en general.

Capítulo 2

PROMOCION Y FINANCIAMIENTO DE LA INNOVACION EN LOS SECTORES DE LA PRODUCCION

INTRODUCCION: EL MARCO DE POLITICA

En el documento sobre ciencia y tecnología presentado al Consejo de Política Económica y Social y en el Plan de Desarrollo se hacen un diagnóstico y un planteamiento estratégico sobre el avance tecnológico de los sectores productivos colombianos.

En esencia, se señalan el bajo dinamismo de la productividad industrial en los años ochenta, el descenso de la productividad global urbana y el poco dinamismo de la incorporación de tecnología en la economía. Se explica el papel preponderante que debe cumplir el desarrollo del conocimiento en la modernización de los sectores productivos y en el apuntalamiento de su capacidad de competir, tanto en los mercados internos como externos, con la producción de otros países.

La política general apunta al fortalecimiento de la capacidad institucional para la investigación; al enlace entre investigadores y sector productivo; a la incorporación de ciencia y creatividad al desarrollo económico, y a la mejor comprensión de los procesos educativos, sociales y culturales del país. En lo relativo al impulso que se debe dar a la innovación en los sectores de la producción, el énfasis se pone en la investigación aplicada y en la adecuación de las empresas para el cambio tecnológico a través de la modernización de su gestión.

La estrategia propuesta cuenta con la apertura como forma fundamental de acelerar los procesos de innovación y con instrumentos que deberán asegurar el financiamiento, la descentralización, la flexibilidad, la asociación entre el sector público y el privado, y la participación de los actores en la formulación de las políticas.

Se ha iniciado la reflexión y puesta en marcha de un conjunto de medidas de carácter estructural entre las que se destacan:

- a) El desarrollo de una política efectiva de protección de la propiedad intelectual que facilite la creación y generación de tecnologías en el país e induzca mayores flujos de transferencia internacional de tecnología.
- b) La promoción de políticas de calidad total, metrología, normalización y certificación para que las empresas puedan competir en los mercados locales y externos.
- c) La modernización e integración en una red de los centros de desarrollo tecnológico de apoyo a los sectores productivos.

Para articular estos propósitos e instrumentos, ha comenzado a operar el nuevo Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, para cuya consolidación inmediata es necesario definir un *plan de acción* que asegure el despegue de la estrategia de impulso generalizado a los procesos de innovación en los sectores productivos. Se entiende por innovación el proceso de mejoramiento de productividad, calidad y competitividad de las empresas, mediante la aplicación del conocimiento científico, la transferencia de tecnología y el cambio organizacional al desarrollo y adecuación de productos, procesos y servicios comercializables.

El desarrollo tecnológico de los sectores de la producción está precondicionado por la inversión privada. El estancamiento de esta última en Colombia en años recientes ha obstaculizado la incorporación de conocimiento en la producción industrial y agraria, y en el desarrollo de los servicios. Colombia podría aprovechar las ventajas que su condición de país recién abierto al mundo le otorga para construir una base industrial y agraria moderna¹ si lograra dinamizar el proceso macroeconómico que con-

1 M. Abramovitz, "Catching up, forging ahead and falling behind", *Journal of Economic History*; junio de 1986, pp. 385-406. En esta y otras publicaciones, Abramovitz desarrolla una teoría de las ventajas para la modernización de los países cuya base industrial es menos amplia.

duce a la inversión aplicando criterios para que ese esfuerzo se oriente a una provechosa incorporación de tecnología.

El presente documento propone al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología un conjunto de acciones orientadas a hacer despegar una dinámica innovadora en amplios sectores de la producción. Estas acciones serán iniciadas en el curso del año 1992 y podrán revertir en corto tiempo la baja dinámica de la incorporación de tecnología que se ha observado en los últimos años. Ellas son:

1. Descentralización del financiamiento de la innovación y constitución de un sistema que integre las distintas fuentes.
2. Consolidación y, si es necesario, reorientación de recursos hacia un grupo de corporaciones e institutos de importancia estratégica dentro del marco de la asociación entre el Estado y el sector privado.
3. Impulso al desarrollo de centros de información y su integración a través de una red.
4. Creación de centros de investigación interinstitucionales.
5. Propuesta de incentivos y estímulos fiscales a la innovación.
6. Apoyo a la actualización del recurso humano empresarial, haciendo énfasis en las estrategias de calidad total que, en muchos casos, son precondition para que se desaten en las empresas procesos de innovación.

Estas acciones prioritarias estarán acompañadas de un programa de divulgación y promoción para que todos los empresarios y centros de investigación que puedan generar rápidamente procesos de innovación en el país se beneficien de ellas.

Paralelamente a este *plan de acción inmediata*, el Ministerio de Desarrollo, con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación y de Colciencias, está preparando una serie de medidas tendientes a la actualización de la legislación colombiana en lo relacionado a la propiedad intelectual, normalización, metrología, y certificación y calidad.

DESCENTRALIZACION E INTEGRACION DEL FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS DE INNOVACION TECNOLOGICA

El despegue de una fase de innovación en amplios sectores de la producción implica darle fluidez a los canales financieros. La mejor forma de hacerlo es a través de la descentralización y la coordinación entre las distintas fuentes de financiación. El sistema de financiamiento de la innovación tecnológica debe articularse al sector financiero para aprovechar al máximo los recursos disponibles y aumentar la eficiencia en la prestación de este servicio.

En la situación actual, dos problemas financieros fundamentales afectan los procesos de innovación de las empresas:

1. Los empresarios deben acudir a distintas fuentes de crédito y entidades para financiar un proyecto de innovación que integre investigación (Colciencias), asesoría y estudios (Fonade), equipamiento y construcciones (IFI, CFP, Departamento Nacional de Planeación, Banco de la República y corporaciones financieras privadas), e introducción de nuevos productos al mercado (Colciencias), o renunciar a las condiciones ventajosas de plazo y costo de algunas de las líneas especiales que estas fuentes ofrecen.
2. La agilidad de algunas de las entidades financiadoras para administrar crédito y cartera, y su capacidad y experiencia para estudiar garantías y hacerlas efectivas, son insuficientes.

Las soluciones a estos problemas son:

1. Abrir la posibilidad de que, en un sólo crédito otorgado por un banco o corporación financiera, el empresario innovador pueda acceder a las distintas fuentes de crédito y beneficiarse de las ventajas especiales que concedan.
2. Mediante convenios especiales de cooperación (previstos en la nueva legislación de ciencia y tecnología), permitir que entidades del sector financiero coloquen los créditos de innovación entre las empresas. Para promover la competencia y una mayor calidad de los servicios financieros a los innova-

dores, las empresas podrán escoger el intermediario financiero que deseen dentro de los que se acojan al programa.

En una serie de reuniones realizadas en el segundo semestre de 1991, se ha llegado a un acuerdo en principio entre el IFI, el Banco de la República, Fonade, la Corporación Financiera Popular, el Fondo Nacional de Garantías, el Ministerio de Hacienda, el Banco de Comercio Exterior, el Ministerio de Desarrollo, el DNP y Colciencias, para desarrollar un sistema descentralizado con criterios unificados que permita concertar recursos de las entidades mencionadas para financiar ágilmente las inversiones que son necesarias en las distintas fases de la innovación en los sectores productivos. Algunas corporaciones financieras privadas que participaron en estas conversaciones han manifestado su disposición a colocar los recursos de innovación entre las empresas, a coordinar el uso simultáneo de diferentes líneas y a colocar recursos propios como contrapartida para acrecentar los fondos para la innovación.

Integración de las fuentes de crédito

El mecanismo legal más adecuado para integrar las fuentes consiste en la suscripción, por parte de las instituciones financieras estatales, de un Convenio Especial de Cooperación, previsto en el decreto ley 393 del 26 de febrero de 1991, en el cual las entidades acuerden financiar de manera integral los proyectos de innovación tecnológica. A través de convenios adicionales, los intermediarios financieros recibirán autorización para disponer automáticamente de las líneas de crédito y colocarlas, previa evaluación y asumiendo el riesgo, entre los productores.

Beneficiarios

Dentro del criterio general del sistema de ciencia y tecnología, no habrá restricciones al tipo de institución que puede acceder a los

créditos de innovación A título de ilustración, se enumeran a continuación algunos de los posibles beneficiarios directos o indirectos de los créditos a la innovación:

- Las empresas pequeñas, medianas y grandes de los sectores productivos (agropecuario, industria, servicios).
- Las universidades públicas y privadas. Cuando éstas aspiren a recursos de reembolso condicional deberán asociarse con empresas que aporten recursos a los proyectos.
- Los institutos y centros de investigación y de servicios tecnológicos.
- Las entidades promotoras del desarrollo tecnológico y los gremios, grupos y cooperativas que desarrollen proyectos de innovación tecnológica para beneficio de sus asociados.
- Las firmas de consultoría, ingeniería y asesoría.
- Los proveedores e importadores de tecnología, maquinaria y equipos que desarrollen proyectos de adaptación, amplíen su capacidad de mantenimiento o implanten servicios técnicos novedosos.
- Empresarios, científicos e investigadores residentes en otros países, tanto colombianos como extranjeros, dispuestos a venir a Colombia a transferir tecnología, prestar servicios técnicos o fundar empresas.
- Asociaciones mixtas entre empresas, universidades, institutos y entidades.

Líneas corrientes y especiales del programa de innovación

- 1 *Línea corriente.* Los proyectos que se financien a tasas de mercado o un punto porcentual de interés por debajo, no requerirán evaluación tecnológica previa y por lo tanto la respuesta a la solicitud de crédito será muy rápida. Al concluirse el proyecto, las empresas presentarán un informe sobre su ejecución y el avance tecnológico logrado. Se espera que el

mayor porcentaje de los recursos de crédito para la innovación se ejecute a través de esta línea.

2. *Línea especial.* Los proyectos que accedan a fondos en condiciones especiales deberán cumplir con ciertos requisitos que justifiquen la consideración especial de que son objeto y, para asegurarlo, serán evaluados previa o posteriormente

a) Proyectos integrales de innovación Se financiarán, según sea su composición, a tasas comprendidas entre la del mercado menos dos puntos y el IPC más un punto, mediante la combinación de recursos especiales y ordinarios. Los proponentes garantizarán el carácter innovativo y el desarrollo tecnológico que se logrará con el proyecto y, para constatarlo, se hará un seguimiento o evaluación posterior.

b) Proyectos de desarrollo científico y tecnológico. Accederán a tasas diferenciales de fomento en razón de los beneficios que para la economía representa el avance del conocimiento que ofrecen. Serán objeto de evaluación previa y posterior, dentro de los mecanismos previstos en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

En el caso de buscar acceso a las líneas especiales, los proponentes deberán demostrar que su proyecto de innovación implica un desarrollo tecnológico que justifique la obtención de crédito en condiciones favorables. El proyecto podrá combinar actividades de investigación, desarrollo tecnológico, gestión de calidad, desarrollo de servicios técnicos, capacitación, lanzamiento al mercado de nuevos productos, implantación de nuevos procesos, compra de equipos, etc. Su tasa de interés será una combinación de las tasas de interés que ofrezca el programa de innovación para las distintas componentes. Estas tasas serán fijadas por las entidades-fuente que aportan los fondos correspondientes.

Los intermediarios financieros recibirán una capacitación en el manejo de la financiación integrada.

Criterios complementarios

Son criterios complementarios para el acceso a la financiación de los proyectos en condiciones favorables los siguientes:

1. Se dará prioridad a los proyectos de investigación aplicada conducidos por empresas y que contribuyan a una mayor competitividad y capacidad de innovación de los sectores productivos.
2. Los proyectos cuyos resultados sean de disponibilidad pública accederán a condiciones más favorables de financiación que los proyectos cuya información se reserva por parte del beneficiario. Se promoverá que la investigación precompetitiva que pueda beneficiar a varias empresas, sectores enteros o a la sociedad en general se realice a través de centros universitarios o gremiales que aseguren su divulgación.
3. Se buscará estimular a través del financiamiento, entre otros, la relación universidad-empresa, los *joint-ventures* interempresariales nacionales e internacionales, y la asociación entre entidades públicas y privadas. Se buscará para estas iniciativas el acceso a un tratamiento financiero más favorable y se les dará prioridad en el acceso a recursos cuando su calidad, eficiencia y pertinencia sean comparables a las de otros proyectos de proponentes individuales.

Los proyectos se clasifican en:

- Proyectos de innovación tecnológica.
- Proyectos de desarrollo tecnológico precompetitivos.
- Proyectos de investigación de aplicación mediata.
- Proyectos de servicios científicos y tecnológicos.
- Proyectos de infraestructura científica y tecnológica.

En el Anexo No. 1 se definen las anteriores categorías.

Las formas de financiamiento previstas por la ley (Decreto ley No 591 de febrero 26 de 1991) son las siguientes:

- Reembolso obligatorio.
- Reembolso condicional.
- Recuperación contingente.
- Reembolso parcial.
- Financiación a través de convenios especiales de cooperación.

En el Anexo No. 2 se explican las distintas formas de financiamiento.

Garantías

En la experiencia de las entidades de crédito, un factor fundamental que ha impedido la ejecución de proyectos de innovación, particularmente de la pequeña y mediana empresa, son las garantías exigidas para respaldar los créditos.

Para solucionar este problema, el programa de innovación contará con los siguientes instrumentos:

1. La evaluación previa de un proyecto aminora indudablemente el riesgo de la institución financiadora. Esta evaluación podrá ser de mayor calidad si se cuenta con una red de evaluadores. La evaluación previa, que podrá ser solicitada por el beneficiario o el intermediario, comprende el análisis de la calidad, pertinencia y viabilidad tecnológica, económica y financiera del proyecto.
2. Adicionalmente se establecerá un mecanismo institucional que opere como fondo de garantías para proyectos de algún riesgo cuando las empresas no cuenten con respaldo material para los créditos.

Este mecanismo será objeto de un contrato de mandato suscrito en 1993 entre las entidades financieras y el Fondo Nacional de Garantías. Su monto inicial previsto es de 600 millones distribuidos entre los aportantes de la siguiente manera:

Fonade	15 millones
Corporación Financiera Popular	15 millones
Banco de Comercio Exterior	100 millones
Colciencias	100 millones
IFI	100 millones
Otras fuentes	270 millones

Estas sumas son las indicadas por el documento "Propuesta para la creación de un sistema de financiamiento del desarrollo tecnológico", preparado conjuntamente por las entidades aportantes. En las reuniones también participaron representantes del Ministerio de Hacienda, el Banco de la República y el Departamento Nacional de Planeación.

Red de evaluadores

La escasa experiencia nacional en evaluación de proyectos de innovación tecnológica llevó a la necesidad de proponer la conformación de una red de evaluadores de proyectos tecnológicos, de carácter interdisciplinario, en donde se apliquen una o varias metodologías de evaluación de los proyectos.

Se acordó entre diversas entidades estatales, universitarias y gremiales que los integrantes de la red van a hacer uso de metodologías comunes previamente definidas. El estudio necesario está en curso y estará listo en el primer semestre de 1992.

Convenios de intermediación y manejo financiero

Para la colocación de los recursos de las entidades financieras estatales comprometidas con el esquema propuesto en este documento, se suscribirán convenios de intermediación y manejo de recursos financieros entre el conjunto de entidades-fuente asociadas y los intermediarios.

En ellos se establecerán los principios que fundamentan la financiación de los proyectos de innovación, los procedimientos que

debe seguir cada solicitud de crédito, los criterios para el acceso a las distintas líneas, las formas de evaluación técnica de los proyectos, las condiciones financieras de los créditos, los aportes del intermediario al programa, los rubros susceptibles de financiación, la clasificación de los beneficiarios, las formas de promoción y divulgación de los créditos, la penalización por incumplimiento de los compromisos adquiridos por las partes contratantes y las condiciones específicas de la intermediación acordada.

IMPULSO AL DESARROLLO INSTITUCIONAL

El plan de acción propiciará la modernización y el desarrollo institucional de las entidades de ciencia y tecnología como uno de sus objetivos básicos.

El refuerzo institucional para desarrollar los servicios tecnológicos es crucial para impulsar la productividad y la calidad, particularmente en amplios sectores de la pequeña y mediana empresa que aisladamente no tendrían posibilidad de acceso a la tecnología que necesitan para su reconversión.

Se buscará el compromiso y participación del sector privado, el autofinanciamiento de esas entidades (mixtas y privadas) y se les exigirá oportunidad y eficiencia en los servicios que ofrezcan.

Las distintas unidades deberán competir con la calidad y pertinencia de sus proyectos para obtener recursos financieros del sistema.

Se hará especial énfasis en impulsar el desarrollo de los siguientes tipos de instituciones:

Centros de desarrollo tecnológico e innovación

Los centros de desarrollo tecnológico tienen la misión de apoyar los procesos de mejoramiento de la productividad, calidad y competitividad en distintos sectores y ramas de la producción.

Se consolidarán los centros tecnológicos ya establecidos, especialmente los que responden a esquemas de cooperación entre

las entidades del Gobierno, el sector privado y las universidades de investigación. Los consejos de los programas nacionales de ciencia y tecnología definirán cuáles de los existentes y de los que se están gestando recibirán apoyo, obviamente sobre la base de los proyectos que presenten.

Unidades de servicios tecnológicos en las zonas industriales

Los servicios tecnológicos incluyen una amplia gama de actividades tendientes a ampliar las posibilidades de apropiación y uso del conocimiento en la producción, tales como la asesoría en gestión de calidad, consultoría, la ingeniería, el diseño y la certificación de calidad.

Se propone el desarrollo de un plan conjunto con las zonas industriales para prestar servicios tecnológicos *in situ* a cerca de 3.000 empresas en todo el país. El esquema institucional consiste en crear un mercado común de servicios atendido por múltiples unidades privadas y mixtas unidas mediante un consorcio para el logro de este propósito.

En 1992 se iniciará por lo menos una de estas unidades, allí donde las condiciones sean las más favorables.

Adicionalmente, se avanzará en la reconversión de los centros técnicos del SENA para adecuarlos a las nuevas necesidades de capacitación y prestación de servicios en colaboración con el sector privado.

Joint-ventures internacionales

La globalización de los mercados está creando el espacio para una gestión transnacional y multinacional de la ciencia y la tecnología. El programa Bolívar, lanzado por el gobierno de Venezuela con el apoyo del BID, es una muestra de la nueva dimensión de esta estrategia.

El programa de innovación propone impulsar una política de asociación entre empresas nacionales y extranjeras que deseen

invertir en el desarrollo de proyectos tecnológicos conjuntos y cooperar para el intercambio de información y conocimiento.

Para este efecto se establecerá un programa para la integración internacional en ciencia y tecnología y se impulsará el montaje de una red de antenas promotoras del intercambio tecnológico con el exterior. Se utilizarán mecanismos multilaterales como los del Programa Regional de Automatización Industrial de la Onudi, el Programa Bolívar y el Programa CYTED-D, para promover los *joint-ventures* y el desarrollo de proyectos tecnológicos internacionales.

Impulso a otros modelos institucionales para el fomento de la innovación

Se dará impulso a las siguientes iniciativas mediante trabajo conjunto entre los centros de investigación y las empresas del sector productivo.

- a) Incubadoras de empresas de base tecnológica, con la misión de comercializar las invenciones que resultan del avance científico y convertir en empresas los proyectos de alto riesgo.
- b) Antenas de monitoreo tecnológico, para identificar cambios en las ofertas y las demandas del conocimiento que afecten la competitividad de los sectores productivos nacionales.
- c) Consorcios entre firmas de ingeniería y consultoría, para exportar e importar servicios y dar asistencia a las empresas.
- d) Servicios de gestión y certificación de la calidad, básicos para la comercialización nacional e internacional de bienes y servicios.
- e) Servicios de información tecnológica.
- f) Creación de centros de investigación interinstitucionales, especialmente aquellos donde industrias y universidades reúnen recursos financieros, materiales y humanos.

En 1992, el Departamento Nacional de Planeación y Colciencias organizaron un seminario internacional para analizar estos

nuevos modelos institucionales y poner en ejecución los proyectos financiados con recursos de la Comunidad Económica Europea y otras fuentes de cooperación. Las entidades de financiamiento asignarán recursos de crédito para las empresas, consultores y entidades que tengan interés de invertir en infraestructura de acuerdo con criterios de calidad y pertinencia de los proyectos que se propongan.

RED DE INFORMACION PARA LOS SECTORES PRODUCTIVOS

La velocidad y complejidad del cambio del modelo de desarrollo y la falta de información disponible generan incertidumbre en la toma de decisiones de inversión y modernización. La disponibilidad de información depende de su producción y del acceso que los usuarios puedan tener. Si bien en Colombia se han creado en los últimos años algunas bases de datos de importancia en tecnología, mercadeo y comercialización, legislación y noticias, entre otras, su acceso permanece muy restringido.

Se propone constituir una red de intercomunicación de productores y usuarios de información, abierta, de libre participación y con un formato de acceso único. Esta red se alimentará de los sistemas y centros existentes, y coordinará distintas iniciativas públicas y de cooperación internacional para una mayor eficiencia. El Departamento Nacional de Planeación ha propuesto la Corporación "Centro de Transferencia, Innovación y Difusión de Tecnología" para llevar adelante esta iniciativa coordinadora con el apoyo de la Comunidad Europea, que ha comprometido 1.3 millones de dólares para esta iniciativa. Cada uno de los centros o bases de datos estará operado por un servidor que puede ser empresa privada, corporación mixta o entidad pública.

INCENTIVOS Y ESTIMULOS FISCALES

La política de incentivos y estímulos para la innovación tratará de movilizar recursos para la inversión en actividades generadoras

de nuevos conocimientos en las empresas y para el desarrollo de las capacidades institucionales locales.

El propósito fundamental de los incentivos es el de aumentar la rentabilidad de la inversión en desarrollo tecnológico para compensar los riesgos de estos emprendimientos.

En reuniones de las instituciones financiadoras con funcionarios del Ministerio de Hacienda, el Departamento Nacional de Planeación y el Banco de la República, están estudiando los siguientes estímulos temporales para la modernización empresarial.

Las empresas que decidan poner en práctica proyectos de modernización tecnológica y de innovación antes del 31 de diciembre de 1994, se podrán beneficiar de los siguientes incentivos:

1. Los bienes de capital importados dentro del programa de modernización de la empresa tendrán cero de arancel.
2. Los bienes de capital destinados a la innovación podrán ser depreciados en uno o dos años, según se destinen a la investigación, normalización, calidad y desarrollo de productos o procesos, o se incorporen a la producción.
3. Se darán incentivos especiales por aportes a centros de investigación y desarrollo tecnológico o por la creación de unidades de investigación dentro de la misma empresa.

El Ministerio de Hacienda, en medidas complementarias, está revisando los mecanismos vigentes de impuestos a las rentas y a las remesas en rubros tales como la transferencia de tecnología y la asistencia técnica, así como también la doble tributación que actualmente grava la importación de tecnología.

APOYO A LA ACTUALIZACION DEL RECURSO HUMANO EMPRESARIAL

Se propone realizar un plan para la actualización del personal directivo, científico, de ingeniería y técnico de las empresas para capacitarlos en la conducción y ejecución de proyectos de innovación y propiciar una cultura de la modernización. Dicho plan

de reconversión acelerada de la capacidad humana de las empresas complementa, con acciones de corto plazo, los mecanismos formales de capacitación existentes.

Las acciones que se proponen son las siguientes:

Misiones y pasantías empresariales

Las visitas y pasantías se organizarán dentro y fuera del país (ferias, seminarios, congresos, entrenamientos, etc.). Se busca incentivar y sensibilizar al personal de las empresas en la nueva gestión de calidad y de cambio tecnológico y en las posibilidades competitivas que abre la innovación. Para ello, también se traerán al país líderes mundiales de los distintos sectores a reunirse con los empresarios colombianos.

Las pasantías de entrenamiento y la asistencia a seminarios y cursos cortos especializados les permitirá a los empresarios colombianos integrarse a las distintas redes internacionales del cambio tecnológico.

Se estructurará un mecanismo de crédito para canalizar recursos del sistema financiero y estatales para dar crédito a la industria para la capacitación de personal en el dominio de la tecnología y la conducción de procesos de innovación.

Sabático industrial

El sistema cofinanciará pasantías y sabáticos industriales a los científicos e investigadores de las universidades que deseen vincularse a las empresas para el desarrollo de proyectos de investigación aplicada.

Repatriación de investigadores para la universidad y el sector productivo

Los investigadores colombianos que trabajan en centros tecnológicos y en empresas de alta tecnología en el exterior forman una

valiosa comunidad que puede apoyar el desarrollo científico y tecnológico y contribuir a tender un puente vivo con la inteligencia internacional.

Se propone seleccionar un grupo de empresas y universidades del país que desarrollen programas permanentes de investigación y desarrollo tecnológico bien estructurados, que permitan la incorporación de investigadores residentes en el exterior.

Las empresas podrán recurrir a créditos, condonables hasta en un 50 % con la demostración de resultados exitosos, para financiar un período de vinculación y adaptación de estos investigadores. Las universidades podrán financiar un período necesario para la presentación y evaluación de una o varias propuestas de investigación por parte de los investigadores repatriados, y si esta actividad tiene éxito y hay compromiso institucional para ofrecer oportunidad de vinculación permanente, el crédito podrá ser condonado.

En el caso de investigadores que no deseen retornar al país, se buscará su participación en labores de evaluación y monitoreo científicas y tecnológicas, de promoción del intercambio con centros tecnológicos avanzados y de capacitación de corto plazo.

Política de inmigración

Se promoverá el ingreso y la residencia en el país de científicos, investigadores y empresarios extranjeros a fin de que se vinculen al desarrollo de programas de investigación aplicada y transferencia de tecnología de interés para el sector productivo, o establezcan industrias, explotaciones agrícolas o mineras, o empresas de servicios en el país. Además de esto, se promoverán los años sabáticos de científicos extranjeros en industrias o instituciones de investigación colombianas, las inmigraciones temporales y la traída de grupos completos de investigación al país.

PROMOCION Y DIVULGACION

La importancia de la promoción y divulgación de la estrategia de innovación reside no sólo en universalizar el acceso de los indus-

triales y demás empresarios a los mecanismos de apoyo, sino que se constituye en un conjunto de señales que deben conducir a reforzar los cambios culturales que son necesarios para incorporar la innovación como forma fundamental de desarrollo empresarial.

Al organizarse los esquemas de promoción debe atenderse a la diversidad de los interesados y de las condiciones específicas en las cuales se desarrolla su acción y presentárseles propuestas concretas que materialicen la política dentro de su respectivo ambiente cultural.

Para la promoción del programa de innovación propuesto, se dará apoyo a las siguientes actividades:

1. El Ministro de Desarrollo Económico ha propuesto convocar a las entidades financieras estatales y al sector privado a una gran reunión con el objetivo de explicar en detalle las líneas de crédito disponibles y la forma de descentralizar e integrar este sistema de financiamiento a la innovación de los sectores de la producción.
2. Se publicará un folleto único de todas las entidades que forman parte del convenio de cooperación especial, en donde se consignen las distintas líneas de crédito y las combinaciones posibles de ellas (previa revisión y aprobación de parte de las entidades financieras que participan en el programa).
3. Con la orientación de los miembros del sector privado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, se convocará a una serie de reuniones en las principales ciudades del país para exponer las estrategias y los mecanismos de promoción de la innovación, las líneas de crédito disponibles para su financiación y las formas alternativas de colocación, la creación de la red de evaluadores, la conformación de la red de información tecnológica empresarial, el fomento al desarrollo institucional para la innovación, los estímulos diseñados para impulsarla y las formas alternativas de reconversión del recurso humano empresarial.

4. Se elaborará un manual de instrucciones para la presentación a las entidades y a los intermediarios financieros de las solicitudes de crédito de las distintas líneas disponibles.
5. Se organizará un plan de promoción institucional de las iniciativas de innovación y se buscará su divulgación a través de los gremios y de los medios de comunicación.
6. Se facilitará el acceso a la información sobre las políticas y procesos de innovación a las entidades interesadas en desarrollar programas de educación continuada que los divulguen.

RECOMENDACIONES DEL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología recomienda:

1. Al IFI, Banco de la República, Fondo Nacional de Proyectos de Desarrollo Fonade, Corporación Financiera Popular, Fondo Nacional de Garantías, Ministerio de Desarrollo Económico, Banco de Comercio Exterior y Colciencias, suscribir el convenio especial de cooperación para constituir un sistema descentralizado de financiación a la innovación, que integre las distintas fuentes, permita la participación del sector financiero en la colocación y manejo del crédito y autorice la constitución de un fondo para garantizar los créditos correspondientes a proyectos evaluados favorablemente.
2. Al Gobierno nacional, proponer al BID la ampliación de las condiciones de los créditos del programa de ciencia y tecnología para incorporar las nuevas modalidades de financiación creadas por la ley colombiana.
3. Al Departamento Nacional de Planeación y al Ministerio de Hacienda el estudio y propuesta de incentivos fiscales y medidas complementarias para la promoción del desarrollo tecnológico y la innovación en los sectores de la producción.
4. A las distintas entidades del Gobierno Nacional, apoyar los programas de cooperación internacional que, con la iniciativa de instituciones privadas y públicas, pueden servir de es-

- cenario para la internacionalización del desarrollo tecnológico de los sectores de la producción nacionales. Igualmente, cooperar con los emprendimientos privados o mixtos para la promoción de la gestión de calidad total en las empresas.
5. Con el objeto de dar continuidad a las tareas del plan de acción 1992, asegurar para el año 1993 el financiamiento del Fondo de Garantías y de la ejecución de los proyectos de crédito y fomento a la innovación tecnológica industrial y agropecuaria que han sido presentados al Banco de Proyectos del DNP, a través de los cuales se podrá: cofinanciar los convenios especiales de cooperación y los convenios de asociación; apoyar el desarrollo de centros tecnológicos; impulsar el crecimiento de bases de datos, centros y redes de información tecnológicos; promover la gestación de incubadoras de empresas; organizar los servicios tecnológicos en las zonas industriales, iniciativas cuya trascendencia se ha explicado en este plan de acción.
 6. Al Gobierno nacional, remover las trabas y gravámenes a la importación de tecnología y a la contratación de extranjeros. Igualmente, abrir la política de inmigración para permitir el ingreso y residencia de investigadores y empresarios procedentes de otros países.
 7. Al Gobierno nacional, suprimir la evaluación de la necesidad de importación de bienes y equipos destinados a actividades científicas y tecnológicas que debe hacer el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas, Colciencias, así como la calificación previa que debe dar el DANE para la adquisición de equipos de cómputo destinados a estas actividades en las entidades del Estado.
 8. A Colciencias, incorporarse activamente al proceso de reestructuración del Sistema Universitario Colombiano, especialmente en lo que respecta al apoyo de la investigación en las universidades, al desarrollo del nuevo concepto de "universidad de investigación" y al desarrollo de todas las formas posibles de vinculación entre las universidades y el sector

productivo, dentro de las pautas señaladas por el presente documento.

9. A los gremios de los sectores de la producción, establecer canales de comunicación para la puesta en marcha de las estrategias propuestas en este documento.

- El Gobierno departamental, en el marco de la política de desarrollo científico y tecnológico, deberá promover la creación de un sistema de gestión de la información científica y tecnológica, que permita la actualización de los datos de la producción científica y tecnológica en el departamento.
5. Con el objeto de promover el desarrollo científico y tecnológico en el departamento, el Gobierno departamental deberá promover la creación de un sistema de gestión de la información científica y tecnológica, que permita la actualización de los datos de la producción científica y tecnológica en el departamento.
6. El Gobierno nacional, remover las trabas y gravámenes a la importación de tecnología y a la contratación de extranjeros para promover la política de innovación para permitir el ingreso y residencia de investigadores y especialistas procedentes de otros países.
7. El Gobierno nacional, sustentar la evaluación de la necesidad de importación de bienes y equipos destinados a actividades científicas y tecnológicas que debe hacer el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Franquicia José de Córdova, Colciencias, así como la certificación previa que debe dar el DANE para la adquisición de equipos de cómputo destinados a estas actividades en los municipios del Estado.
8. A Colciencias, incorporar actividades al proceso de actualización del Sistema Universitario Colombiano, especialmente en lo que respecta al apoyo de la investigación en las universidades, al desarrollo del concepto de "universidad de investigación" y al desarrollo de las formas modernas de vinculación entre las universidades y el sector

Anexo 1

TIPOS DE PROYECTOS

Desde el punto de vista técnico, los proyectos objeto del programa de innovación se clasificarán así:

- *Proyectos de innovación tecnológica*, cuyo objetivo es incrementar la productividad y la competitividad de una empresa mediante la introducción al mercado de nuevos procesos y productos tecnológicos. Estos proyectos pueden desarrollarse a partir de los resultados disponibles de la investigación científica, del *know-how* acumulado o de la importación de tecnologías y equipos que impliquen desarrollos locales del conocimiento o mejoras de proceso. V. gr.: el mejoramiento del diseño de un equipo en una empresa.
- *Proyectos de desarrollo tecnológico precompetitivos*, que conducen a la obtención de nuevos conocimientos de interés general o sectorial, en campos estratégicos para el país. V. gr.: el desarrollo de procesos en planta piloto en un instituto tecnológico.
- *Proyectos de investigación de aplicación mediata*, que permiten hacer aportes en la frontera del conocimiento universal y tienen potencial de aplicación a mediano o largo plazo.
- *Proyectos de servicios científicos y tecnológicos*, que ofrecen apoyo a las empresas para optimizar el uso y la aplicación de las tecnologías existentes y mejorar la gestión tecnológica en la empresa: servicios de información, capacitación, líneas de asesoría, programas de calidad, entre otros.

- *Proyectos de infraestructura científica y tecnológica*, que tienen como objetivo crear capacidades estructurales de investigación o de servicios en el país: la creación de un centro de investigación por parte de un gremio, la construcción de un laboratorio en un sector o área de interés, entre otros.

Anexo 2

FORMAS DE FINANCIAMIENTO

PREVISTAS POR LA LEY

(Decreto No. 591 del 26 de febrero de 1991)

- a) *Reembolso obligatorio.* El beneficiario del crédito deberá pagar los recursos en las condiciones de plazo e interés que se hayan pactado.
- b) *Reembolso condicional.* La entidad financiadora podrá eximir parcial o totalmente la obligación de pago de capital y/o intereses cuando, a su juicio, la actividad realizada por el contratista ha tenido éxito. Es la forma más adecuada de financiar proyectos de alto riesgo de empresas individuales que buscan rentabilidad.
- c) *Recuperación contingente.* La obligación de pago de capital e intereses sólo surge cuando, a juicio de la entidad financiadora, se determine que se ha configurado una de las causales específicas de reembolso que se señalen en el contrato. Es la forma como generalmente se financian las universidades y centros de investigación para el desarrollo de conocimientos de acceso público.
- d) *Reembolso parcial.* Para inversiones en actividades precompetitivas, de alto riesgo tecnológico, de larga maduración o de interés general, la entidad financiadora podrá determinar en el contrato la cuantía de los recursos reembolsables y de los que no lo son.
- e) *Convenios especiales de cooperación.* Permiten la cooperación y el financiamiento de programas y proyectos integrales de desarrollo tecnológico e innovación en condiciones especiales.

Decreto No. 291 del 26 de febrero de 1991
 PREVISAS POR LA LEY
 FORMAS DE FINANCIAMIENTO
 Anexo 2

- a) Remolque obligatorio. El beneficiario del crédito deberá pagar los recursos en las condiciones de plazo e interés que se hayan pactado.
- b) Remolque condicional. La entidad financiadora podrá exigir parcial o totalmente la obligación de pago de capital y/o intereses cuando, a su juicio, la actividad realizada por el contratista ha tenido éxito. Es la forma más adecuada de financiar proyectos de alto riesgo de empresas individuales que buscan rentabilidad.
- c) Recuperación contingente. La obligación de pago de capital e intereses solo surge cuando, a juicio de la entidad financiadora, se determine que se ha configurado una de las causas específicas de remolque que se señalan en el contrato. Es la forma como generalmente se financian las universidades y centros de investigación para el desarrollo de conocimientos de acceso público.
- d) Remolque parcial. Para inversiones en actividades precompletivas, de alto riesgo tecnológico, de larga maduración o de interés general, la entidad financiadora podrá determinar en el contrato la cuantía de los recursos remolqueables y de los que no lo son.
- e) Convenios especiales de cooperación. Permite la cooperación y el financiamiento de programas y proyectos, inversión de desarrollo tecnológico e innovación en condiciones especiales.

Capítulo 3

FORMACION Y CAPACITACION DE PERSONAL PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

INTRODUCCION

Una condición necesaria para que los esfuerzos que hace el país en la actualidad para impulsar la ciencia y la tecnología se consoliden y perpetúen, es la preparación de la próxima generación de investigadores. La estrategia de formación y capacitación del sistema nacional de ciencia y tecnología busca asegurar la continuidad y permanencia del desarrollo científico y tecnológico en el país y el afianzamiento de un esquema permanente de reproducción de la comunidad de investigadores. Un rasgo esencial de esta estrategia es que integra la dinámica de los procesos de investigación, los planes de acción de los distintos programas y las demás estrategias del sistema con las tareas de formación en sus diferentes niveles.

En este documento se examinan las alternativas que parecen ser las más adecuadas para adelantar la estrategia de formación y capacitación en relación con los planes de acción del sistema y con las necesidades de los sectores de la producción y de la sociedad colombiana.

Inicialmente se revisan algunas enseñanzas que se desprenden de la experiencia histórica de la creación y consolidación de los centros internacionales de excelencia. La primera y más importante es que en ellos la formación de recursos humanos se encuentra desde su origen inmersa en el mismo proceso de investigación.

ANEXO

FORMAS DE FINANCIAMIENTO
PREVIAS POR LA LEY
(Decreto No. 201 del 20 de febrero de 1971)

- a) Resolvo obligar al beneficiario de ciertos intereses que los recursos en las condiciones de pago de los préstamos hayan pactado.
- b) Resolvo autorizar al Estado, cuando el beneficiario de los intereses sea un particular, a solicitar el pago de los intereses cuando el Estado sea el beneficiario de los préstamos, para que los recursos de los préstamos sean destinados a las obras que se acuerden.
- c) Resolvo autorizar al Estado, cuando el beneficiario de los intereses sea un particular, a solicitar el pago de los intereses cuando el Estado sea el beneficiario de los préstamos, para que los recursos de los préstamos sean destinados a las obras que se acuerden.
- d) Resolvo autorizar al Estado, cuando el beneficiario de los intereses sea un particular, a solicitar el pago de los intereses cuando el Estado sea el beneficiario de los préstamos, para que los recursos de los préstamos sean destinados a las obras que se acuerden.
- e) Resolvo autorizar al Estado, cuando el beneficiario de los intereses sea un particular, a solicitar el pago de los intereses cuando el Estado sea el beneficiario de los préstamos, para que los recursos de los préstamos sean destinados a las obras que se acuerden.

Capítulo 3

FORMACION Y CAPACITACION DE PERSONAL PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

INTRODUCCION

Una condición necesaria para que los esfuerzos que hace el país en la actualidad para impulsar la ciencia y la tecnología se consoliden y perpetúen, es la preparación de la próxima generación de investigadores. La estrategia de formación y capacitación del sistema nacional de ciencia y tecnología busca asegurar la continuidad y permanencia del desarrollo científico y tecnológico en el país y el afianzamiento de un esquema permanente de reproducción de la comunidad de investigadores. Un rasgo esencial de esta estrategia es que integra la dinámica de los procesos de investigación, los planes de acción de los distintos programas y las demás estrategias del sistema con las tareas de formación en sus diferentes niveles.

En este documento se examinan las alternativas que parecen ser las más adecuadas para adelantar la estrategia de formación y capacitación en relación con los planes de acción del sistema y con las necesidades de los sectores de la producción y de la sociedad colombiana.

Inicialmente se revisan algunas enseñanzas que se desprenden de la experiencia histórica de la creación y consolidación de los centros internacionales de excelencia. La primera y más importante es que en ellos la formación de recursos humanos se encuentra desde su origen inmersa en el mismo proceso de investigación.

Con esa política sistemática de formación de investigadores de los países más avanzados, contrasta la escasa atención que, salvo en momentos excepcionales, se le dio a la formación de creadores de conocimiento en el país. Por más de un siglo no formamos nuestros investigadores ni en el nivel ni en el número requerido; y los pocos que se prepararon en el extranjero no mantuvieron relaciones estrechas con las dinámicas de la investigación local.

El país se encuentra hoy en una situación excepcionalmente favorable para comenzar a transformar en los próximos diez años esta limitación histórica. La estrategia de formación que se propone tiene como eje fundamental el apoyo a distintas modalidades de programas formales de doctorado, el nivel de formación donde se adquiere autonomía y capacidad de liderazgo en la investigación. Se articula estrechamente esta prioridad con otras iniciativas como los planes de reinserción en la actividad científica y tecnológica nacional de una parte del vasto grupo de investigadores, colombianos y extranjeros, hoy residentes en el exterior, que están interesados en venir al país si éste les ofrece oportunidades para continuar su actividad científica o tecnológica, y con el fomento a la financiación de pasantías, viajes y cursos destinados a la actualización, el desarrollo de capacidades específicas o la reconversión de empresarios, ingenieros y científicos, en áreas de alta prioridad para el país en la actualidad.

Las propuestas que se hacen a continuación para adelantar la formación de científicos parten del reconocimiento del gobierno de la necesidad de consolidar una plataforma de investigadores de alta calidad, que nos permita proyectar de manera segura la innovación a los procesos de modernización y de apertura. Sin un número suficiente de científicos y grupos de investigación consolidados no se podrá establecer el vínculo indispensable que encadena, en el mundo contemporáneo, la investigación fundamental, la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la industrialización. Sin una comunidad organizada en ciencias básicas no estaremos en condiciones de impartir en el país la formación especializada que demandan las investigaciones y los programas de desarrollo en ingeniería, medicina, agricultura y medio

ambiente, entre otras áreas, que son indispensables para asegurar el cumplimiento de los grandes emprendimientos sociales que se ha propuesto el país.

EL SEMINARIO DE INVESTIGACION: LA FORMACION CIENTIFICA COMO PARTE DEL PROCESO DE INVESTIGACION

La reflexión sobre la política de formación de investigadores se enriquece con el estudio de experiencias históricas, particularmente la de aquellas instituciones que mayor influjo ejercieron en la ciencia y la tecnología contemporáneas, y se mantienen vigentes como modelo que, con variantes, se ha difundido en todo el mundo.

Cuando a mediados del siglo pasado se introdujo en Alemania la moderna institución de la universidad de investigación, algunos centros como Gotinga y Berlín entendieron que era indispensable establecer nuevos espacios académicos que permitieran integrar la actividad de creación del conocimiento con la formación especializada. La formación de investigadores comenzó a impartirse dentro de *seminarios de investigación* dirigidos por científicos connotados, investigadores de reconocida originalidad en el mundo científico que habían demostrado capacidad para conformar y dirigir un programa de investigación de mediano y largo plazo.

Estos seminarios reunían periódicamente a los miembros del grupo y a científicos invitados del extranjero, en una reflexión sistemática sobre problemas originales, sus fundamentos conceptuales y metodológicos y sus últimos desarrollos en la frontera del conocimiento. No se separaba en estos seminarios el estudio de las novedades científicas del de sus raíces teóricas y metodológicas.

Desde su creación, los seminarios fueron el instrumento privilegiado para asegurar los programas universitarios de formación de investigadores. Hacia los años 1920 y 1930, el joven con imaginación creadora y vocación de investigador, que era atraído por la notoriedad de los seminarios europeos, se vinculaba a al-

guno de ellos a adelantar un trabajo original de investigación que le permitía obtener un diploma de doctorado u otro equivalente de la correspondiente universidad. La apertura internacional de los seminarios, los viajes de estudios doctorales y las pasantías de investigadores, fueron favorecidos por la aparición de las políticas de fomento a la internacionalización de la ciencia por parte de los estados y de las agencias y fundaciones privadas consagradas al nuevo género de la filantropía científica, que consiste en la vinculación del sector privado al fomento sistemático de la cooperación científica internacional.

En un contexto de rápida diversificación de disciplinas y profesiones, en el cual los jóvenes que se inclinaban por la carrera científica podían desestimularse por la profusión de temas dentro de un mismo campo del conocimiento, el seminario introdujo un nuevo esquema de orientación especializada y de formación dentro del propio proceso de investigación. Su éxito consistió en que les ofreció a tales jóvenes la oportunidad de diferenciar los niveles de un mismo problema, y una diversidad de estilos para abordarlo; mediante las relaciones y contactos personales privilegiados que ofrecía la actividad del seminario, los investigadores en ciernes aprendían a situar su problema en el contexto de la disciplina y de la comunidad internacional de especialistas, y podían valorar la magnitud del esfuerzo que consiste en formarse dentro del propio proceso de la investigación. En la temprana confrontación con investigadores experimentados, los estudiantes doctorales con más talento podían encontrar las mejores condiciones para desplegar su capacidad innovativa en la solución de problemas difíciles, mientras que otros más aptos para la educación que para la producción original continuada, se reconocían sin frustraciones en su rol de iniciadores y maestros de futuras generaciones de profesionales.

En el período entre las dos guerras, la modalidad del seminario de investigación se extendió por toda Europa. Rápidamente se convirtió en el mecanismo que permitió congregarse en grupos y escuelas nacionales a los investigadores dentro de una misma área del conocimiento o en áreas afines. En un entorno de creciente complejidad y diversidad de los objetos de investigación,

el seminario introdujo la mentalidad de cooperación entre especialistas, transformando las tradicionales formas individuales y privadas del trabajo científico. Los seminarios más activos y fecundos asumieron como parte de sus responsabilidades la publicación de revistas científicas consagradas a difundir artículos originales, reseñas de tesis de doctorado, artículos de sistematización y repertorios bibliográficos; también desplegaron esfuerzos editoriales para desarrollar nuevas modalidades de series de monografías científicas, cursos especializados, traducciones, obras completas y selectas de científicos importantes, memorias de eventos especializados, y otras más. Este nuevo género de publicaciones especializadas desplazó al anterior de los *proceedings* y *comptes-rendus* generalistas de las academias.

Para adelantar sus funciones principales como unidad de investigación y docencia avanzada, el seminario tuvo que desarrollar una estrategia múltiple de comunicación científica que daría lugar a la creación de centros de apoyo a la investigación en materia de documentación, bibliografía y difusión de información especializada, lo que llevó al establecimiento de una compleja red de relaciones científicas de doble vía con otros grupos y seminarios, mediante publicaciones, asistencia a eventos y congresos, intercambio de jóvenes becarios y pasantías de profesores e investigadores consagrados. Desde entonces es un axioma de la actividad investigativa que la formación avanzada supone, aparte del conocimiento actualizado de las distintas líneas de publicaciones internacionales en la especialidad, la permanencia durante un cierto tiempo en algún centro o laboratorio del extranjero. Estas pasantías frecuentes permiten tomar distancia frente a los comportamientos y rutinas locales, y facilitan la comprensión del funcionamiento de otros seminarios y laboratorios de investigación. Hacen posible el uso de instrumentos y equipos aún no disponibles en su laboratorio, el contacto con formas complejas de gestión de la investigación, con otras técnicas experimentales, maneras distintas de escoger problemas, diferentes aparatos conceptuales y estilos cognitivos; todo ello ofrece eventualmente al investigador la oportunidad de dejarse permear por formas de pensamiento originales y estimulantes. En una época de intenso

cambio científico en la cual la competencia y la confrontación son norma, esta estrategia de comunicación internacional acostumbra a las nuevas generaciones de investigadores a no limitarse al medio cultural y científico exclusivo de su seminario, de su grupo o escuela local, manteniendo frecuentemente la posibilidad de sumergirse en un contexto distinto al suyo.

Sin embargo, el desarrollo competitivo es el factor que hace que la cooperación entre un grupo o escuela y el resto del mundo científico tenga la posibilidad de ser mutuamente enriquecedora y no implique la transmisión en una sola dirección de problemas, métodos, concepciones científicas y aun de campos de aplicación. Para acceder a la información de las redes científicas más avanzadas es necesario convertirse en su interlocutor y competir a través de la propia actividad innovadora. Entre las condiciones que hacen viable la conformación de una plataforma local a partir de la cual un país puede proyectarse como receptor de conocimiento y creador del saber específico que le hace comprender y transformar mejor su entorno, tal vez no hay una más importante que su capacidad para formar, reproducir y mantener activos y creadores a un número significativo de investigadores en áreas científicas de relevancia internacional. Sin una formación científica idónea es difícil concebir una formación tecnológica pertinente.

LAS LECCIONES DE LA FORMACION DE INVESTIGADORES EN EL CASO COLOMBIANO

El análisis de la evolución histórica de la formación científica en los países centrales muestra que la moderna empresa científica se ha desarrollado allí donde la actividad de investigación tiene las condiciones adecuadas para reproducirse. Aquellas sociedades han obtenido la capacidad de investigación indispensable para sostener su desarrollo científico y económico, adoptando estrategias de largo plazo para formar investigadores dentro de sus propios espacios y alrededor de cuestiones específicas de su entorno. Su sistema de formación avanzada está inextricablemente unido a la dinámica de la investigación. Una estrategia de formar a los

investigadores exclusivamente en el exterior conllevaría renunciar al estudio en profundidad de los problemas nacionales y de las temáticas que tienen pertinencia estratégica para la consolidación de grupos nacionales de proyección internacional, precisamente en una fase de alta productividad del investigador como es la de su formación doctoral¹. Igualmente se cederían posiciones de privilegio en la competencia por la innovación a aquellos centros y escuelas que se reservan el control y la apropiación de la experiencia alcanzada en el exigente proceso de educación doctoral.

El programa de formación y capacitación de científicos deberá combinar la preparación de doctores en el país y en el extranjero. Se estimulará y canalizará la iniciativa de las instituciones de educación superior en este campo, de manera que se controlen excesos del pasado como el espontaneísmo, la duplicación innecesaria de esfuerzos, la desvinculación del estudiante de la realidad nacional. De igual manera se tratará de disminuir el riesgo de no retorno de los jóvenes doctores formados en el exterior, en un momento en que crece en forma notable la demanda de investigadores en países como los Estados Unidos, fenómeno apenas mediatizado en términos globales por las migraciones de europeos del Este.

En el desarrollo de la política, se tendrá en cuenta el análisis prospectivo que hagan los grupos sobre su desarrollo y su capacidad para responder a los grandes emprendimientos que les formule el sistema nacional de ciencia y la tecnología. Por otra parte, se reconoce que a partir del momento en que la investigación en ciertas áreas de relevancia internacional ha conseguido una diná-

1 Cárdenas, Jorge Hernán (ed): *Doctorados. Reflexiones para la formulación de políticas en América Latina*. Tercer Mundo, CIID, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 1991. En este libro se presentan los resultados de un seminario internacional sobre la educación doctoral y su rol fundamental en la consolidación de una capacidad de investigación. En el análisis de las condiciones colombianas para la implantación de los doctorados, se señala cómo, después de los grandes esfuerzos de Colombia para formar en el exterior grupos importantes de profesionales a nivel de posgrado en los años cincuenta y sesenta, el proceso se agotó sin que estas personas formaran a sus discípulos en los mismos niveles de educación que ellos habían recibido.

mica en el país y se dispone en esas áreas de un número crítico de investigadores y grupos innovadores con vínculos estrechos con el mundo científico, se debe preservar, consolidar y garantizar el desarrollo de esta capacidad estableciendo programas de formación de investigadores a nivel doctoral. La investigación científica dentro de un grupo consolidado comporta habitualmente una estrategia de formación de varios estudiantes doctorales. Este es el mecanismo más seguro para dar continuidad y extensión al grupo de investigación.

La situación que se ha presentado en Colombia, por lo menos en los últimos diez años, con respecto a la formación de investigadores es irregular con respecto a la dinámica internacional. Ello es particularmente evidente en aquellas áreas de las ciencias básicas en donde se sobrevaloró la importancia del magíster al colocarlo como etapa previa necesaria para iniciar la formación doctoral. La magnitud del esfuerzo invertido por los grupos más consolidados en la formación de investigadores en el país durante todos estos años, no se corresponde con las exigencias de acreditación internacional de un grado cuyo carácter está más relacionado con la sistematización de conocimientos para la vida profesional, que con la iniciación en actividades de investigación. Faltó visión para comprender que era indispensable adoptar de una vez los programas doctorales allí donde la dinámica del grupo hacía viable y necesaria la formación de uno o más investigadores. En este punto el país no supo aprovechar experiencias como las de las universidades americanas en los años 1930. La evaluación de esos programas de posgrado ha comenzado a abrir una nueva reflexión en el país y un consenso sobre la existencia de una base real para emprender la formación de doctores, como medio efectivo para fortalecer la capacidad innovativa y la investigación fundamental de los grupos más consolidados, vinculándola a los planes de acción de los programas, a sus estrategias y a las grandes convocatorias del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

La estrategia central de impulsar la formación doctoral en el país debe complementarse con el apoyo a programas de capacitación de ingenieros y empresarios en los fundamentos científicos del cambio tecnológico. Estos programas estarán orientados

a permitirles desplegar sus potencialidades innovadoras en la solución de los problemas tecnológicos y administrativos que enfrentan las empresas e industrias en sus procesos de modernización. Para contribuir de su parte a la realización de un propósito que desde luego compromete los esfuerzos de otros sectores y agencias del Estado, el programa de capacitación del sistema nacional de ciencia y tecnología utilizará el mecanismo de financiamiento de pasantías en las empresas, universidades, e institutos que están liderando el cambio tecnológico en el país y a nivel mundial. La inmersión frecuente de nuestros ingenieros y empresarios innovadores en la dinámica de esos centros les permitirá conocer de manera directa las tendencias internacionales, dándoles la oportunidad de apropiarse del conocimiento sobre el que reposan los procesos de las tecnologías de punta, y contrastar ese conocimiento y esa experiencia con la situación de las industrias de su sector en el país. Estas pasantías los capacitarán para que al incorporarse a sus empresas puedan generar nuevos desarrollos en los productos y procesos, transferir a ellas la tecnología más apropiada de acuerdo con su información sobre la tecnología disponible en el mercado internacional, y propiciar la difusión eficiente de ese conocimiento entre otras industrias igualmente comprometidas con los procesos de apertura y modernización.

Es bien sabido que estos procesos deben acompañarse de transformaciones en la cultura de los empresarios, de tal manera que se extienda en el sector productivo una atmósfera de confianza en el cambio tecnológico, y de credibilidad en la investigación; que propicie la imaginación, la motivación y la creatividad técnica y organizacional. Las pasantías apoyarán la realización de visitas de nuestros empresarios y presidentes de compañías a industrias de punta en su sector a nivel mundial, para que puedan observar su desarrollo, su gestión y su integración con el entorno, y establecer relación provechosa con sus directivos, técnicos e investigadores; en una palabra, para que a su retorno al país puedan comprometerse con esfuerzos concretos de innovación y cambio técnico en las empresas.

El programa de capacitación se orientará entonces a cumplir sus objetivos de promover una formación científica y tecnológica

de acuerdo con los estándares internacionales y en consonancia con las necesidades del país, mediante acciones dirigidas, por una parte, a los investigadores, y por otra, a los empresarios, ingenieros y técnicos. El efecto cruzado de estas dos direcciones del programa debe conducir a crear una competencia nacional generalizada que permita transferir oportunamente conocimiento científico a los sectores sociales y de la producción.

LA ESTRATEGIA DE CAPACITACION Y SU VINCULACION CON LA POLITICA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

El marco global en el que se establecerán las áreas de formación y capacitación está dado por los programas del sistema nacional de ciencia y tecnología, y por estrategias permanentes tales como la de regionalización en ciencia y tecnología, información científica y tecnológica, comunicación y difusión, planeación y prospectiva, y el sistema nacional de investigadores. La política nacional de ciencia y tecnología que debe orientar la formulación de los programas de capacitación, fue sintetizada en los siguientes términos por el Consejo Nacional de Política Económica y Social²:

1. Fortalecer la *capacidad institucional* para el desarrollo de ciencia y tecnología, de tal manera que responda a los objetivos, estrategias y políticas del Plan y le abra nuevas posibilidades al desarrollo futuro del país.
2. Facilitar la *introducción de innovaciones tecnológicas* con una mayor articulación entre investigadores y sector productivo en el contexto de la internacionalización de la economía.
3. Incorporar *la ciencia y la creatividad* al desarrollo integral del país, con la decidida participación tanto del sector público como del privado.

2 "Política de Ciencia y Tecnología", en: *La Revolución Pacífica. Plan de Desarrollo Económico y Social. 1990-1994*. Presidencia de la República. Departamento Nacional de Planeación. Santafé de Bogotá, 1991.

4. *Comprender* mejor los procesos educativos, sociales y culturales del país.

Criterios

Las solicitudes de apoyo financiero por parte del programa de formación y capacitación de recursos humanos para la ciencia y la tecnología serán consideradas como propuestas cuyos objetivos, resultados esperados y costos deberán ser analizados. Estas propuestas, proveigan ellas del sector científico o de los sectores de la producción, se estudiarán a la luz de criterios de calidad, pertinencia y eficiencia. En ambos casos las propuestas deben mostrar:

- La significación de los resultados de capacitación y formación propuestos en relación con el avance del conocimiento o con los desarrollos tecnológicos mundiales.
- La trayectoria investigativa o de innovación tecnológica del grupo o institución en el área específica de la propuesta. Se trata de establecer algún indicador indirecto de la inserción real de la persona que se va a formar y de la calidad del resultado que se espera obtener.
- La capacidad institucional para reproducir, aplicar y difundir la formación especializada que se espera obtener como consecuencia de la propuesta de capacitación.
- La viabilidad financiera de la propuesta.

El criterio de pertinencia común a la formación científica y tecnológica se refiere al valor de la propuesta dentro del planteamiento estratégico del grupo, la empresa o institución. Además se buscará valorar la propuesta en función de su significación global para la comunidad científica o para la introducción de innovaciones tecnológicas en el correspondiente sector.

Las consideraciones de pertinencia de los planes de formación científica o tecnológica pueden ser cruciales para definir qué grupos o áreas nuevas estimular, o cómo aprovechar la movilidad

científica de los grupos y orientarlos hacia lo que es más significativo para la sociedad o para el devenir de la comunidad científica nacional.

Los planes globales de formación y capacitación deben incorporar los programas que en esta materia formen los grupos o instituciones con el fin de darle continuidad y proyección estratégica a su actividad de investigación. Asimismo estos planes deben convocar a capacitar recursos especializados en nuevas áreas o a la reconversión de algunos de los ya existentes en otras direcciones. En el desarrollo de las negociaciones para definir tales planes, los grupos o instituciones adelantan ejercicios de planeación estratégica en los que definen sus necesidades de recurso humano especializado a partir de considerar el estado del arte, la situación nacional en el área y la proyección de su actividad en el área. La estrategia de formación se orientará de manera precisa a proyectar la actividad científica o tecnológica hacia la consecución de un nicho de originalidad en el contexto mundial de la especialidad, o a preparar adecuadamente al grupo o institución para desarrollar un problema específico de alta significación para la ciencia o la producción.

LOS PLANES INSTITUCIONALES DE CAPACITACION

Los planes institucionales de capacitación comprenderán un conjunto de definiciones sobre áreas de trabajo, estructura y composición disciplinaria de los grupos que la institución piensa fortalecer o crear, los niveles de capacitación que pretende asegurar para cada persona, los cronogramas y las relaciones con los programas y proyectos de investigación y desarrollo científico y tecnológico. Para llegar a dicha programación, las instituciones seguirán los siguientes pasos:

- Definición de la misión de la entidad en el campo de la ciencia y la tecnología. Esta misión es la respuesta de la entidad a los grandes propósitos de los programas nacionales, y a los emprendimientos nacionales y regionales

en los que considere deba empeñar su capacidad de aglutinar recursos científicos y tecnológicos.

- Proyección de las necesidades de la institución en la capacitación de recurso altamente calificado para la investigación y la formación especializada principalmente a nivel de doctorado.
- Inventario de los recursos humanos disponibles en la entidad en investigación y formación avanzada, y evaluación de la trayectoria de investigación de la institución, por áreas y por programas nacionales.

Los ejercicios de planeación estratégica de grupos de investigación e instituciones se consolidarán luego con el criterio de aprovechar las ventajas de cada una de las instituciones o grupos, invitándolos a la especialización y cooperación cuando sea pertinente, pero permitiendo que subsista la competencia. Asimismo se tendrán en cuenta la necesidad de crear nuevas capacidades de investigación y desarrollo y de favorecer la movilidad de grupos innovadores hacia temas de interés científico y tecnológico.

Los planes así constituidos serán los elementos básicos para considerar la financiación de propuestas individuales de capacitación con recursos del sistema nacional de ciencia y tecnología. Colciencias propondrá mecanismos que permitan incluir dentro de los sistemas de financiación, propuestas de investigadores connotados que no se encuentren vinculados a los planes de las instituciones pero cuyas propuestas tienen sentido dentro de las estrategias globales de los programas de ciencia y tecnología, cuando la probabilidad de su inserción en la actividad científica o tecnológica sea alta. También se buscarán los medios para atender a las necesidades de capacitación que resulten de las convocatorias de las distintas instancias del sistema a la realización de macroproyectos nacionales y regionales en ciencia y tecnología.

MODALIDADES Y NIVELES DE FORMACION DESEABLES

La capacitación de investigadores es entendida como un proceso de formación continua que no culmina con el programa académi-

co específico, y cuyo propósito no se realiza sin la inserción del recurso calificado en la actividad investigativa y de desarrollo tecnológico para la cual fue preparado. Esta formación o capacitación se ofrecerá prioritariamente en las siguientes modalidades generales:

- Programas académicos conducentes a títulos de doctorado, y estudios o pasantías posdoctorales. La formación en programas de doctorado es el eje de la política nacional de fortalecimiento de la capacidad institucional para el desarrollo de ciencia y tecnología.
- Pasantías que faciliten la incorporación de innovaciones tecnológicas al país.
- Pasantías y cursos de actualización o entrenamiento específico para quienes ya cuenten con una amplia experiencia de investigación o la estén desarrollando en forma productiva dentro de grupos de investigación consolidados.
- Pasantías de investigadores productivos de grupos incipientes en grupos consolidados.
- Pasantías para el entrenamiento en servicios técnicos tales como el diseño y mantenimiento de equipos y laboratorios de investigación, y la infraestructura de sistemas de información especializada.

Con el propósito de fortalecer la estrategia nacional de formación doctoral, los planes institucionales estimularán a jóvenes con talento científico a cursar estudios de doctorado en el país o en el extranjero. También contemplarán acciones tendientes a capacitar investigadores con título de doctorado para dirigir tesis de dicho nivel.

Para facilitar la articulación entre investigadores y sector productivo, la estrategia de capacitación y formación apoyará propuestas que provengan de corporaciones mixtas y de institutos de investigación vinculados a la industria, a los gremios de la producción o al sector social.

Desde el punto de vista de su respuesta a las necesidades más apremiantes de formación y capacitación en el país en el presente período, se privilegiarán las propuestas conducentes a:

- Concluir programas de doctorado que estén en proceso de elaboración de la tesis.
- Estudios formales de posdoctorado.
- Pasantías de nivel posdoctoral de investigadores activos.
- Formación doctoral con preferencia en programas tipo "sandwich" que combinan períodos en una universidad del país con otros en universidades del extranjero que validan la calidad del programa nacional y ofrecen oportunidades de contacto con la actividad científica internacional, y favorecen las estrategias de cooperación internacional de los grupos.
- Pasantías en áreas de investigación y desarrollo de interés social y económico.
- Excepcionalmente, en atención a consideraciones relativas a necesidades específicas de formación en áreas prioritarias, se podrán financiar posgrados de nivel inferior al doctorado.

Las propuestas que cumplan los requerimientos antes señalados serán financiadas con créditos reembolsables. Estos podrán ser condonados parcial y, en casos especiales, totalmente, teniendo en cuenta las realizaciones del beneficiario. Entre otras contribuciones se tendrán en cuenta las siguientes:

- Publicaciones realizadas durante la ejecución de la actividad.
- Culminación satisfactoria de la actividad financiada (obtención del título, logro de los objetivos propuestos, distinciones, etc.).
- Retorno al país y vinculación a actividades de ciencia y tecnología, aceptadas por la entidad financiadora.

- Producción científica (publicaciones realizadas después de culminar el programa, constitución de grupos de investigación, formación de otros investigadores).
- Contribuciones tecnológicas (innovaciones tecnológicas, patentes y registros de propiedad intelectual, procesos de modernización debidamente evaluados).
- Premios y distinciones recibidas por sus actividades científicas y tecnológicas.
- Participación en programas de formación de investigadores.

Las propuestas de formación científica de las universidades y centros de investigación podrán ser condonables hasta en un 100 %, y las propuestas de formación tecnológica provenientes de los sectores de la producción podrán ser condonables hasta en la parte correspondiente al beneficiario directo de la capacitación.

RECURSOS ACTUALMENTE DISPONIBLES PARA FORMACION Y CAPACITACION

Para financiar algunas de las modalidades de formación de investigadores contempladas en el presente documento, durante los próximos tres años Colciencias cuenta con dineros provenientes del contrato de crédito externo Colciencias-BID (II Etapa). Este contrato reglamenta las áreas y las modalidades de capacitación a financiar, los requisitos para considerar las solicitudes, y el mecanismo de financiación.

Las áreas específicamente contempladas son: ingenierías y tecnologías, ciencias naturales, exactas, agrícolas y médicas. Las modalidades de capacitación son cinco:

- Programas académicos conducentes a títulos de posgrado y estudio posdoctoral.
- Participación de investigadores en pasantías de actualización o entrenamientos específicos.
- Cursos y entrenamientos para técnicos y auxiliares.

- Cursos especializados para investigadores.
- Participación como profesores o conferencistas, de investigadores nacionales o extranjeros en cursos del punto anterior.

El reglamento de operaciones de los contratos Colciencias-BID prevé que las solicitudes de financiación deben ser presentadas por centros de investigación o servicios científicos-tecnológicos que hayan suscrito con Colciencias un convenio de capacitación de acuerdo con un plan institucional previamente evaluado.

Finalmente, el mismo reglamento establece que Colciencias debe manejar los dineros del crédito por intermedio del Icetex. Para ello se suscribió un convenio de administración que permite utilizar la experiencia que tiene el Icetex en el manejo de becas y contratos de crédito para estudio, dejando en manos de Colciencias la selección de los beneficiarios directos y de los criterios para la condonación de las obligaciones que contraigan los investigadores.

El país cuenta con otros programas de formación y capacitación que, a pesar de no estar dirigidos específicamente a la formación de investigadores y creadores de tecnología, pueden complementar estos recursos. Entre ellos cabe mencionar a Colfuturo, los recursos de cooperación técnica y el fondo de becas que administra el Icetex, y los de algunas fundaciones nacionales y extranjeras. Con todas estas instituciones se podrían firmar convenios de provecho para ambas partes.

RECOMENDACIONES

El Decreto-Ley 585 de 1991, expedido en uso de las facultades extraordinarias otorgadas al ejecutivo por la Ley 29 de 1990, le fija a Colciencias la función de "promover la formación y capacitación de investigadores de alto nivel" (artículo 19, numeral 14). El mismo decreto (artículo 8, numeral 3) le asigna al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología la función de aprobar las políticas, estrategias y planes de mediano y largo plazo para el desa-

rollo del sistema. La capacitación de recursos humanos para la ciencia y la tecnología requiere de una definición de políticas que orienten a las instituciones que conforman el sistema y a la Secretaría Técnica y Administrativa del Consejo, con el propósito de orientar los esfuerzos que se realizan.

Con base en las consideraciones expuestas en este documento, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología recomienda:

1. Concentrar las acciones del sistema en materia de formación y capacitación durante el presente período, en dar apoyo principalmente a los programas de doctorado y posdoctorado en el sector de la investigación científica, y en pasantías para la formación en desarrollo tecnológico y la formación continua de los investigadores.
2. Invitar a las instituciones que desarrollan actividades científicas y tecnológicas a preparar planes institucionales que aseguren la claridad de propósito de sus programas de formación de recursos humanos. La consolidación de estos planes y las estrategias globales propuestas por los Consejos, las Comisiones Regionales y el Comité de Formación de Recursos Humanos para la Ciencia y la Tecnología contribuirían a orientar a los jóvenes investigadores colombianos hacia áreas y niveles de formación coincidentes con las necesidades del proceso de consolidación de las actividades científicas y tecnológicas en el país.
3. Establecer convenios entre Colciencias y otras instituciones con capacidad de financiar programas de formación de posgrado que permitan una mayor racionalidad en el uso de los recursos que el país destina a la formación y la capacitación. Preparar conjuntamente con dichas entidades la documentación necesaria para que los candidatos puedan escoger entre las fuentes de financiación que mejor se ajusten a sus propósitos.
4. Los convenios que se suscriban entre las entidades financiadoras y las instituciones de investigación dentro del programa serán financiados mediante créditos de reembolso obligatorio, condonables por realizaciones especiales. Se aplicarán

criterios diferenciales según la naturaleza de la propuesta y la misión de la institución beneficiaria.

5. La política de capacitación debe apoyarse en otros programas que se vienen adelantando con objetivos similares; especialmente el que se propone vincular científicos colombianos radicados en el exterior a proyectos científicos y tecnológicos de interés nacional.
6. Buscar los recursos necesarios y hacer las negociaciones que sean pertinentes para ampliar las áreas de cubrimiento del programa de formación de recursos humanos para la ciencia y la tecnología.
7. Convocar al Comité de Formación de Recursos Humanos para la Ciencia y la Tecnología a coordinar las acciones de formación y capacitación del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología con las de las instituciones que lo integran, las del Consejo Asesor para el Desarrollo de los Programas de Formación Avanzada conformado por el DNP y el Ministerio de Educación, las de la Presidencia de la República, las de las instituciones de cooperación técnica y las iniciativas del sector privado.

El estudio de la construcción de la matemática en la escuela primaria se ha desarrollado en los últimos años de manera significativa. Este tipo de investigación busca comprender cómo los niños construyen sus conocimientos matemáticos a través de la interacción con el entorno y con otros sujetos. Los autores de este artículo exploran los procesos de construcción de la matemática en el aula, considerando tanto los aspectos teóricos como los prácticos.

En este sentido, la investigación de la construcción de la matemática en la escuela primaria se ha desarrollado en los últimos años de manera significativa. Este tipo de investigación busca comprender cómo los niños construyen sus conocimientos matemáticos a través de la interacción con el entorno y con otros sujetos. Los autores de este artículo exploran los procesos de construcción de la matemática en el aula, considerando tanto los aspectos teóricos como los prácticos.

En este sentido, la investigación de la construcción de la matemática en la escuela primaria se ha desarrollado en los últimos años de manera significativa. Este tipo de investigación busca comprender cómo los niños construyen sus conocimientos matemáticos a través de la interacción con el entorno y con otros sujetos. Los autores de este artículo exploran los procesos de construcción de la matemática en el aula, considerando tanto los aspectos teóricos como los prácticos.

Capítulo 4

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA APROBACION DE PROYECTOS DE INVESTIGACION CIENTIFICA

CRITERIOS

Tanto el fortalecimiento de la capacidad nacional de creación de conocimiento como el acercamiento de la universidad y de los institutos de investigación con los sectores productivos, que son los dos frentes de acción principales de la nueva política, necesitan, para pasar a la esfera de lo concreto, lineamientos claros para la aprobación de proyectos particulares, respaldados en sólidos criterios del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Calidad, pertinencia y eficiencia definen los criterios básicos.

- Calidad que debe presidir, de manera irrestricta todas las acciones del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología; Colombia no puede darse el lujo de emprendimientos mediocres en esta coyuntura trascendental de su desarrollo.
- Pertinencia para asegurar la relevancia para la sociedad de las actividades científicas y tecnológicas que se fomenten con el dinero público de los colombianos. Esto se hará a través de mecanismos de planeación estratégica centrados en los diferentes grupos de investigación o desarrollo, adaptados a las circunstancias particulares de momento y lugar de cada uno de ellos y articulados, a través de los distintos programas, al esfuerzo nacional de ciencia y tecnología.
- Eficiencia para optimizar los resultados obtenidos sin dilapidar ningún recurso.

El presente documento comienza por presentar algunos elementos de la política y mostrar su relación con los criterios que presidan su concreción en los proyectos. Luego explica los distintos elementos de juicio que se usarán en el proceso, dirigido por los Consejos de los distintos Programas, de aprobación de proyectos de investigación científica y de asignación de recursos. En un segundo capítulo, se expone el papel de los distintos actores que participan en el proceso: evaluadores, secretarías técnicas y administrativas y consejos de programas.

APROBACION DE PROYECTOS CIENTIFICOS Y CONSTRUCCION DE POLITICAS

El gobierno nacional ha decidido romper el aislamiento que existió en el pasado entre la ciencia y la tecnología y el resto de actividades del país, y comienza a desarrollar una política de ciencia y tecnología "que impulsará la modernización del sector productivo, con una alianza inteligente entre los empresarios y el Estado"¹. Surge esta nueva política como consecuencia del reconocimiento de que "el estancamiento de la productividad industrial en la década de los ochenta y el descenso de la productividad global de todos los sectores de la economía urbana, son indicativos del agotamiento de las posibilidades del crecimiento basado en la incorporación no calificada de maquinaria y trabajo, así como del escaso esfuerzo para involucrar el avance tecnológico en la producción nacional"² y se apoya en que "la mayor parte de analistas del desarrollo coincide en que el impulso a la producción y uso

1 Palabras del presidente Gaviria en el prólogo al *Plan de Desarrollo Económico y Social 1990-1994. La Revolución Pacífica*; p. 15.

2 Banco Mundial, "Industrial Competition and Performance", Washington, 1990, y Juan Luis Londoño, "La Ciencia y la Tecnología en el nuevo Plan de Desarrollo", ponencia ante la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, Bogotá, noviembre de 1990. Recogidos en el libro *Plan de Desarrollo Económico y Social 1990-1994. La Revolución Pacífica*; p. 428.

del conocimiento con fines productivos constituye un elemento insustituible en las más exitosas experiencias de desarrollo³.

Se busca ahora, explícitamente, "incorporar *la ciencia y la creatividad* al desarrollo integral del país, con la decidida participación tanto del sector público como del privado"⁴, y se comprende que esto no puede realizarse con medidas tímidas orientadas a promover simples acciones concretas que no formen parte de un plan de acción general de largo aliento.

Se requiere, de manera fundamental, promover un cambio cultural en el país, orientado a forjar una cultura de la innovación entre los empresarios y una cultura de la producción y el compromiso social entre los investigadores.

Se hace urgente *consolidar las comunidades científicas*, es decir, pasar de los proyectos de investigación realizados por individuos o grupos aislados, al intercambio fecundo y constante entre los distintos grupos y entre ellos y la comunidad; pasar de la cultura de la creación individual aislada a la de la creación por parte de grupos vinculados entre sí a través de redes.

En el contexto de la política de apertura se ha llegado al convencimiento de la necesidad de aparecer y demostrar nuestro valor en la *escena internacional*, rompiendo los esquemas de enclaustramiento que dominaron la vida del país a lo largo de la mayor parte del siglo. Si nuestro sector productivo debe ser competitivo y competente a nivel internacional, con más veras debe serlo nuestra actividad científica y tecnológica, dado que las verdaderas innovaciones sólo se validan a nivel internacional. Colombia ha emprendido el camino de la mundialización y complementos indispensables de la apertura económica son las aperturas

3 *Plan de Desarrollo Económico y Social 1990-1994. La Revolución Pacífica*; p. 428.
El subrayado está en el original.

4 *Ibid.*; p. 432.

científica y educativa. La capacitación tanto como el trabajo de los investigadores deben ajustarse a patrones internacionales.

Este compromiso debe concretarse a través de acciones como la cooperación con grupos del extranjero, la inmersión en programas internacionales de ciencia normal, la búsqueda de referentes nacionales conducentes a desarrollos en la frontera del conocimiento que se lleven a cabo en alianza o en competencia con los grupos líderes del mundo. La calidad del conocimiento que se produzca en Colombia debe evaluarse utilizando patrones internacionales que reposan, en primer lugar, en la publicación en revistas certificadas, accesibles a la comunidad científica mundial. La publicación en revistas científicas de renombre internacional adquiere así un papel preponderante en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología⁵. Así como los desarrollos que conduzcan a innovaciones tecnológicas deben ser probados en el mercado internacional, aquellos que conduzcan a afianzar la capacidad de producir conocimiento en el país deben ser validados frente a la comunidad científica internacional. Producir "innovaciones" que sólo llegan a un mercado cautivo local tiene tan escaso impacto como producir "ciencia" que se publique en revistas de circulación reducida, accesibles sólo a unos pocos expertos en cada tema.

Otro tanto puede decirse de los posgrados. Los doctorados son decisivos para formar a los nuevos cuadros capaces de crear innovaciones reales en las industrias y en todos los sectores de la vida nacional. Pero esto sólo puede hacerse si se alcanza un nivel internacional. La cooperación, el intercambio y todas las formas de doctorado "sandwich" y la evaluación directa internacional por misiones provenientes de las más prestigiosas universidades del mundo son deseables. No podemos mantener el bajo nivel general de nuestros posgrados sometidos a la validación administrativa nacional y no a la validación académica internacional.

Reversar el estancamiento de la productividad exige de una acción decidida en tres frentes relacionados con la ciencia y tecnología. Pri-

5 El tema de las publicaciones y otros indicadores para evaluar la actividad científica y tecnológica se trata con algún detalle en el Anexo 3.

mero, una reforma del propio sistema institucional de ciencia y tecnología que permita la acción eficaz en los anteriores campos. Segundo, el fortalecimiento de la capacidad nacional de creación de conocimiento. Y tercero, un acercamiento de la Universidad y de los institutos de investigación con los sectores productivos⁶.

Las bases jurídicas de la reforma del sistema institucional de ciencia y tecnología ya fueron plasmadas en la Ley 29 de 1990 y los Decretos 393 y 585 a 591 de 1991, y el sistema institucional comienza a operar a partir de la primera reunión del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, de la instalación de los once consejos de programas nacionales de ciencia y tecnología, de la elaboración de los planes de acción de estos mismos consejos y de la reestructuración del Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas, Colciencias.

La capacidad nacional de creación de conocimiento no puede fortalecerse en el vacío. Es el apoyo directo a los grupos creadores de conocimiento, a sus proyectos de investigación, a sus estrategias de comunicación e intercambio, la vía para lograr este fin. Pero, al hacerlo de esta manera, se hace indispensable tener sólidos criterios comunes a todo el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología que indiquen cuáles son los proyectos científicos que deben apoyarse y cuáles no, que convoquen a los grandes temas y permitan encontrar el lugar apropiado en el sistema de las iniciativas menores, cuando ellas sean de calidad.

Con mayor razón puede afirmarse esto del acercamiento entre los centros de investigación y los sectores productivos. No será con declaraciones ni con formulaciones de política, sino con resultados concretos, como se podrá cambiar la tradicional desconfianza de los industriales frente a la capacidad de nuestros investigadores para contribuir a la solución de sus problemas. Esto quiere decir que, en este frente más que en ningún otro, la política se construirá en los hechos, y la formulación y utilización

6 *Plan de Desarrollo Económico y Social 1990-1994. La Revolución Pacífica*; p. 431.

de criterios adecuados para la aprobación de los proyectos será paso decisivo y cotidiano en su formulación y puesta en marcha.

Los programas de ciencia y tecnología se desarrollarán mediante proyectos. Estos podrán originarse en la iniciativa de los investigadores y de personas jurídicas públicas o privadas, o en demandas de cualquiera de las instancias del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología⁷.

No es el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología un sistema central de planificación, sino que, dado su carácter abierto y participativo, la iniciativa de todas las acciones que lo integren partirá de quienes realicen actividades de ciencia y tecnología, personas públicas o privadas, naturales o jurídicas. Que esta libertad de iniciativa conduzca a formas coherentes o caóticas dependerá de la acción cotidiana de los consejos de programas nacionales de ciencia y tecnología, que deben constituirse en foros donde el Estado, los investigadores y el sector privado construyan día a día la política a la luz de los criterios generales del Sistema.

Si el legislador no quiso que los Consejos se ciñeran exclusivamente a una labor de aprobación de políticas y orientación en la elaboración de los planes, sino que les concedió además la misión de asignar directamente los fondos entre los distintos proyectos de ciencia y tecnología, fue con la intención de que, teniendo injerencia también en el hacer diario, en la materialización cotidiana de la política en la acción, se evitaran las fallas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología creado por Decreto 2869 de 1968 como un "organismo consultivo encargado de asesorar al Gobierno Nacional en todo lo relacionado con la política de desarrollo científico y tecnológico del país" que tuvo "existencia sólo formal, a nivel de la reglamentación", pero que "realmente no desempeñó papel alguno dentro del conglomerado institucional". La Misión de Ciencia y Tecnología concluyó, dentro de su estudio sobre la organización institucional de la ciencia y la tecnología en Colombia, que:

7 Artículo 6o. Decreto-ley 585 de 1991.

(...) en la cúpula de la organización no se cuenta con un ente legítimo encargado de la orientación de la política, de la convocatoria a los diversos sectores que intervienen en esta actividad y que asimismo represente los intereses de la comunidad asociada con la misma y se ocupe de la concertación de la política específica con la del proyecto económico y político del Estado⁸.

Los Consejos de Programa Nacional fueron creados precisamente con el ánimo de que ejercieran ese papel de orientadores de la política y convocadores de la comunidad asociada en el caso de cada uno de los once programas. Ellos trazan las políticas y elaboran los planes de acción "previo un amplio proceso de consulta"⁹ y orientan su ejecución en la práctica a través de la asignación directa de los dineros a los proyectos de investigación previamente evaluados. La aprobación o negación de proyectos puede constituirse en eficaz instrumento de apalancamiento de las políticas del Sistema; en la garantía de que se concreten y lleguen a la práctica.

Los criterios que se formulan en el presente documento serán guía para la construcción de la política. Ellos deben también tener carácter de orientación y capacidad de convocatoria. Deben invitar a los grupos de investigación a comprometerse con grandes emprendimientos de carácter nacional, a participar en las empresas internacionales de ciencia y tecnología, a involucrarse decididamente en estrategias innovadoras que conduzcan en corto plazo a aumentos reales de la productividad, a consagrarse a profundizar en lo específico de nuestros problemas y necesidades, en la seguridad de que es esta la vía que permite abordar cuestiones fundamentales, cuando es asumida en toda su complejidad.

Por esto, los criterios conducen a trabajar sin concesiones en procura de la más alta calidad en los temas, las personas y los medios comprometidos en la investigación; a garantizar mecanis-

8 Las frases entre comillas vienen del trabajo de Myriam Henao Wiles, "Organización institucional de la ciencia y la tecnología en Colombia", recogido en el Tomo I, Volumen 2 del informe de la Misión de Ciencia y Tecnología, 1990; pp. 269 a 376.

9 Artículo 10. Decreto 585 de 1991.

mos de socialización de los resultados y de confrontación de los mismos con los homólogos internacionales; a prever, en la medida de lo posible, todos los resultados directos e indirectos, a analizar su pertinencia para nuestra sociedad, a medir la eficiencia de los medios con los cuales se espera alcanzarlos y a sentar la base para que haya compromisos jurídicos y financieros que obliguen a los grupos a alcanzar estos resultados o a responder adecuadamente cuando ello no fuere así.

Los criterios expuestos, al plantear, desde la elaboración de la propuesta, la necesidad de elaborar mecanismos de comunicación y confrontación o de aplicación práctica con garantías financieras y de mercado, presionan en busca de los cambios culturales sugeridos anteriormente.

Son tareas trascendentales que no pueden lograrse si, en el futuro, la aplicación de estos criterios se enfrenta como una tarea burocratizada. No son los criterios que proponemos listados para que un funcionario medio confronte las propuestas contra la lista ajada que reposa en su escritorio. Son guías para la acción de investigadores, evaluadores y organismos directivos del Sistema que, al aplicarlos, enriquecerlos y modificarlos, construirán, en la cotidianidad, la nueva política de ciencia y tecnología. A ellos y a otros interesados se distribuirán, en forma de instructivos que orienten y den transparencia a la acción y no como formularios que la encasillen y burocraticen¹⁰.

MARCO CONCEPTUAL

Antes de entrar en la exposición de los criterios enunciaremos algunas definiciones, para que el uso de las palabras básicas sea común en todas las instancias del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

10 En el Anexo 2 se recomiendan diversas formas de difundir estos criterios y de relacionarlos con otras estrategias del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

Grupo de investigación consolidado

El sujeto de la moderna empresa científica no es el individuo, es el grupo de investigación consolidado¹¹. Una reunión de individuos con mucha voluntad y, tal vez, alguna formación, no constituye un grupo consolidado. Este es un grupo de investigadores que pueden tener diferentes disciplinas y profesiones que comparten una misma estrategia innovadora y se apoyan para tal efecto en un plan de trabajo que involucra técnicos y administradores, instrumentos de documentación y experimentación, medios financieros, relaciones políticas y algún grado de legitimidad institucional.

Proyecto de investigación

Se entiende por proyecto de investigación el despliegue de unos medios para lograr unos resultados de valor científico o tecnológico propuestos de antemano. Estos medios son financieros, materiales, infraestructurales, etc. El proyecto tiene comienzo y tiene fin. El proyecto busca resultados concretos en tiempos bien definidos.

Se distinguen en el proyecto varias etapas:

1. La *formulación* de la propuesta.
2. La discusión y puesta a punto de la propuesta, incluida su *evaluación*.
3. La *ejecución* del proyecto.

11 El término "grupo de investigación consolidado" de alguna manera intenta traducir (transcribir, mejor dicho) el "laboratoire" francés en la forma en que lo usa Michel Callon o en que lo transcribe, como "laboratorio de investigación", Jorge Charum (en "Estructura científica y entorno social", informe de la Misión de Ciencia y Tecnología, Tomo I Vol 2. pp. 240-246). El concepto de grupo de investigación consolidado también ha sido tratado por Villaveces en *Doctorados. Reflexión para la formulación de políticas en América Latina*, J.H.Cárdenas (ed.), publicado por el CIID, la Universidad Nacional de Colombia y Tercer Mundo. L.C. Arboleda también ha trabajado el tema en el artículo "Innovar por la competencia" de próxima aparición en *Colombia, Ciencia y Tecnología*.

4. La *comunicación* de los resultados del proyecto, como forma de validación. Proceso éste de doble vía, que incluye todas las formas de divulgar lo obtenido y de recibir la reacción del público frente a ello, ya sea para validarlo o para aplicarlo.

Propuesta

La *propuesta* es la etapa inicial del proyecto y constituye una parte fundamental e indispensable del mismo. Su propósito es estructurar la idea que se tiene, prever los métodos mediante los cuales se lograrán los objetivos y estimar los medios materiales necesarios para llevarlos a cabo y preparar el tipo de resultados que se espera obtener.

De acuerdo con Kuhn, el rasgo distintivo de la ciencia normal, de esa actividad que ocupa prácticamente todo el tiempo de prácticamente todos los científicos, es, precisamente, que los resultados de la investigación pueden preverse minuciosamente desde antes de realizarla. Es más, la única posibilidad de reconocer la ciencia extraordinaria, cuando ella se presenta, es haber previsto completamente todos los resultados, y luego encontrar alguna anomalía. Esta se reconoce como tal y se aprecia en su importancia, precisamente porque es un resultado inesperado.

La construcción de una propuesta coherente, completa, clara, con previsión de los medios necesarios, con control de cuantos parámetros sean controlables, es parte fundamental del proyecto y elemento indispensable para asegurar su calidad. Su antagonista, la propuesta que mira la investigación como una actividad llena de imprevistos en la cual se lanza el investigador "a ver qué pasa", ha probado con creces su esterilidad.

Adicionalmente, una propuesta bien construida es el instrumento mediante el cual el grupo de investigación presenta su idea a las entidades que pueden apoyarla, con el fin de obtener los recursos financieros y materiales. Es sobre estas propuestas que se inicia la concreción de las acciones del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología en cada proyecto particular.

CRITERIOS QUE SE UTILIZARAN COMO ELEMENTOS DE JUICIO PARA LA EVALUACION DE LOS PROYECTOS CIENTIFICOS

Se puede dar operatividad a los criterios abstractos de calidad, pertinencia y eficiencia a través de la construcción de indicadores que los desglosen en sus principales aspectos y puedan aplicarse a cada uno de los proyectos.

Indicadores de calidad

El análisis de la calidad de una propuesta se centrará principalmente en cuatro aspectos que corresponden a los utilizados por los evaluadores en entidades internacionales de ciencia y tecnología:

- Tema
- Investigadores
- Medios
- Estrategia de comunicación

Calidad del tema

El proyecto es una actividad enfocada sobre un tema concreto, con un objetivo preciso. El qué y el cómo del tema ofrecen los primeros elementos de juicio, cuando se planteen a la propuesta las siguientes preguntas: ¿Qué se proponen obtener los autores de la investigación? ¿En qué radica su importancia? ¿En qué contexto general se ubica? ¿Qué se ha hecho sobre el tema en Colombia y en el mundo? Y, sobre todo, ¿cuál es el aporte que pretende hacer el grupo, cuál será el conocimiento generado si el trabajo se realiza?

Un aspecto fundamental para la evaluación de la calidad del proyecto es la capacidad que demuestre el grupo para especificar con toda claridad, para un público formado en ciencia, pero no iniciado en la temática, cuál es su investigación, qué es lo que pretende hacer y cómo lo va a hacer. En último término, se trata

de convencer a la sociedad colombiana de invertir en este trabajo fondos públicos para el fomento de la ciencia y la tecnología. Si no es capaz de hacerlo, inspirará dudas sobre su claridad conceptual y sobre su capacidad de desarrollar la tarea propuesta, cuando no sobre la calidad intrínseca de la misma.

Calidad del grupo de investigadores

Diversos interrogantes pueden formularse ante una propuesta, cuyas respuestas generarán indicaciones sobre la calidad de los investigadores:

¿Quién presenta la propuesta? ¿Cómo está integrado el grupo? ¿Cuántos de sus miembros son permanentes y cuántos transitorios? ¿Qué formación académica e investigativa tienen? ¿Qué investigaciones han desarrollado en el pasado como coinvestigadores o como directores? ¿Qué han publicado individualmente o en conjunto, como grupo o con investigadores externos al grupo? ¿Qué impacto han tenido esas publicaciones? ¿Dónde son citadas? ¿Quién utiliza los resultados contenidos en ellas?

En último término la principal garantía del éxito de una investigación reside en el grupo de investigadores. Aun si todos los demás indicadores alcanzan el nivel óptimo, una mala evaluación en este punto invalidaría la propuesta: las mejores ideas, los más modernos aparatos y las más sofisticadas instalaciones, son insuficientes cuando no se acompañan de la experiencia y la capacidad de quienes desarrollarán el trabajo.

Las hojas de vida completas y detalladas de quienes participarán en el trabajo y las ejecutorias del grupo de investigación son, por lo tanto, elemento importante en la evaluación: los investigadores no son equivalentes entre sí ni intercambiables en cualquier forma y un investigador exitoso es una garantía importante de futuros logros.

Eso no quiere decir que se vaya a dejar por fuera a los grupos principiantes que no puedan presentar hojas de vida con resultados previos. Quiere decir que en su caso se evaluarán cuidadosamente los demás criterios y se les aconsejará, en general, vincu-

larse en alguna forma de cooperación con grupos más experimentados en Colombia o en el exterior, para iniciar su trayectoria vinculados a una red y no en forma aislada. Bienvenidos serán los jóvenes y los grupos que se inician en la investigación, pero su comienzo será más fácil si, desde un principio, se integran a la comunidad y aprovechan sus ventajas.

Calidad de los medios propuestos

La calidad de la propuesta y su garantía de éxito depende, también, en buena medida, de la calidad de los medios propuestos, tanto de los métodos científicos o técnicos que se vaya a emplear, como del dimensionamiento apropiado de las necesidades financieras, de la infraestructura existente en la entidad o de la capacidad administrativa y de gestión de ésta.

Se trata de generar indicadores que permitan evaluar la calidad de los medios propuestos para llevar a cabo el proyecto, su coherencia y la viabilidad de obtenerlos y usarlos.

a) Metodología.

En primer lugar, la metodología propuesta debe ser objeto de cuidadoso análisis por parte de los pares cuya opinión se solicitará. Más que en ningún otro aspecto es aquí válido el principio de Kuhn presentado anteriormente, según el cual en la buena investigación los resultados son previsibles desde el principio. Esto puede afirmarse cuando se tiene un control completo sobre un método excelente.

b) Recursos financieros necesarios.

En seguida, se hace importante analizar todas las necesidades financieras estimadas para el desarrollo del proyecto científico. Estas tienen que ver en primer lugar con los equipos, materiales e

insumos que se planea adquirir. ¿Son estos los adecuados para el método planteado? ¿No están ni sobre ni sub-dimensionados? ¿Son acordes con la tecnología adecuada y proveerán por lo tanto resultados presentables a nivel internacional? En segundo lugar, se refieren a los gastos en personal, que deben ser cuidadosamente detallados. ¿Están adecuadamente estimados la dedicación y el costo de cada uno de los participantes? ¿Es el número de ellos insuficiente o excesivo? ¿Es segura su disponibilidad?

Componente importante de muchos proyectos científicos son los viajes nacionales o internacionales. A veces como necesaria etapa de campo en la investigación, para recoger material natural, realizar observaciones *in situ* o adelantar encuestas. Otras veces como forma indispensable de acceder a equipos inexistentes en el país o de realizar mediciones no factibles en nuestro medio. En fin, como medio de intercambio, de confrontación y de comunicación de los resultados intermedios y finales. Los viajes, cuando no son indispensables, son deseables y generalmente incrementan la calidad del proyecto, pero debe estudiarse con cuidado su adecuación al mismo y a sus proporciones.

c) Contrapartida incremental.

En gran parte el apoyo que el Gobierno colombiano concede a la investigación y al desarrollo tecnológico tiene el sentido de servir de atractor para inversiones provenientes de otras fuentes: ni en Colombia ni en ningún país del mundo tiene sentido la investigación realizada exclusivamente con fondos del presupuesto nacional. La capacidad de los ponentes para aportar dineros, sea de sus propios recursos, sea de otras fuentes nacionales o internacionales, públicas o privadas resulta elemento de juicio importante en el análisis de la calidad de los medios empleados. El concepto de lo incremental distingue entre los medios infraestructurales que coloca la entidad, pero que en todo caso estarían ahí, adelantese o no la investigación (estos son no-incrementales), y los recursos frescos aportados específicamente para el desarrollo del proyecto

y con los cuales sí se cumple el papel de atractor que busca el Estado con los recursos que en este campo invierte.

d) Apoyo logístico y de infraestructura.

Aunque no es lo decisivo, una infraestructura adecuada y otras formas de apoyo logístico, tales como el acceso a líneas telefónicas internacionales, el correo electrónico, las facilidades secretariales, e incluso una buena instalación física, pueden ser de gran ayuda para la realización de un proyecto. Su ausencia puede afectar la calidad, en la medida en que exija esfuerzos que distraigan la atención y ocupen el tiempo de los investigadores.

e) Capacidad administrativa y de gestión de proyectos de la entidad.

Entre los indicadores de calidad de los medios empleados para el desarrollo del proyecto se encuentra la capacidad administrativa de la entidad. Muchos proyectos han fracasado a causa de la inercia burocrática de la institución que los alberga. Tanto es así, que en algunas universidades estatales los investigadores han llegado a afirmar que este es el principal factor que obstaculiza el desarrollo de la investigación. Si bien la legislación de 1991 significó un gran paso adelante en la agilización de las actividades de ciencia y tecnología en las entidades estatales, una cosa es la ley y otra la cultura institucional prevaleciente en estas entidades. De ahí que se haga indispensable analizar las ejecutorias recientes en el campo administrativo de la institución ponente, como fuente de indicadores de calidad y eficiencia del proyecto de investigación científica que se presenta.

Calidad de la estrategia de comunicación planteada

La investigación contemporánea es una actividad colectiva, cuyos resultados se validan al pasar a la esfera pública, sea por la

vía de las publicaciones cuando se trate de logros que admitan la difusión amplia, sea por la vía del mercado cuando se trate de obtención de nuevos productos o procesos de interés comercial a corto plazo. Se puede afirmar, parafraseando una frase conocida, que "la investigación que no se publica, o no se patenta, o no se aplica, o no se vende, no existe". En gran parte la escasa influencia de los investigadores colombianos sobre la sociedad y el escaso reconocimiento que de sus colegas reciben son debidos al vicio de no publicar ni colectivizar sus resultados, agravado con el uso de revistas u otros medios de poca circulación.

Para lograr un mayor influjo de la ciencia sobre la sociedad, para romper el aislamiento de los investigadores y apalancar su vinculación con los sectores productivos y sociales se hace indispensable que todo proyecto plantee una estrategia de comunicación. Las estrategias de comunicación pueden variar según el tipo de proyecto y la confidencialidad que requiera, pero en todo caso, debe haber una forma de someterse a la crítica autorizada y otra de llegar a amplios sectores de la sociedad. Esencial a estas estrategias es que impliquen posibilidad de realimentación, es decir, prevean los medios para que vuelva a los investigadores y a las entidades financiadoras la reacción de los pares, tanto como la del gran público.

Los indicadores que describan el compromiso de los investigadores con un esfuerzo de publicación, el grado en el cual se exponen a la crítica autorizada y la amplitud del espacio de difusión buscado marcan la calidad de los medios escogidos para ser juzgados por sus pares a nivel internacional y para socializar sus resultados.

Un proyecto que no prevea publicaciones u otra forma explícita de comunicación, no puede aprobarse.

Es la publicación en revistas especializadas, con evaluación seria por pares, con difusión extensa entre la comunidad científica internacional del ramo, la herramienta principal de validación del conocimiento. Al dar a conocer sus resultados a quienes pueden opinar sobre ellos con criterio y, por lo tanto, al exponerse a la crítica autorizada, un grupo de investigación los somete a la prueba más seria y ampliamente difundida que los científicos han

desarrollado. Todo proyecto científico debe plantear, por lo tanto, desde un principio, la estrategia que utilizará para este proceso, calibrando, evidentemente, los costos que el mismo implique.

Pero, además de las publicaciones primarias, cuyo objeto principal es dar a conocer y *validar* los resultados, el proyecto debe plantear los mecanismos mediante los cuales se buscará hacer transferencia, validación, difusión y diseminación de la información.

Publicar es sobre todo hacer públicos unos resultados, entregarlos al dominio público y lograr que tengan toda la trascendencia social que encierran.

Indicadores de pertinencia

La pertinencia es difícil y delicada de evaluar. Es también difícil y delicado decir qué es pertinente y qué no lo es. El futuro de la sociedad colombiana se ha jugado más de una vez al decidir sobre la pertinencia, enfrentándose al difícil dilema de escoger entre lo urgente y lo importante.

Las concepciones más modernas postulan que la pertinencia social de un tipo de acción no se puede fijar de una vez por todas y en forma válida para todas las circunstancias futuras. La pertinencia es algo que se construye y actualiza en el proceso, no algo que se defina por fuera de él. Por esto, se utilizará la negociación inspirada en los principios de la planeación estratégica y participativa con los protagonistas mismos, en este caso los grupos de investigación y las instituciones que los albergan y apoyan.

En este proceso de negociación y de planeación estratégica cobrarán importancia capital las investigaciones de prospectiva científica y tecnológica tanto universal como colombiana que adelanten Colciencias u otras entidades nacionales o extranjeras.

Las grandes líneas de la pertinencia serán negociadas por los consejos de los programas nacionales correspondientes con los grupos de investigación, cuya madurez se reflejará en la capacidad que tengan para adelantar esta negociación y mostrar la importancia de su compromiso dentro de las circunstancias particulares en que desarrollan su acción. También por la capacidad que

tengan de reaccionar frente a las convocatorias que les dirijan los consejos y de modular su acción a las necesidades del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología sin por ello traicionar su misión fundamental. Cada consejo de programa, dentro de su propio ámbito, fijará sus criterios de pertinencia, teniendo como marco de referencia su Plan para la ejecución de las acciones del programa. El papel de Colciencias y de todos los organismos del Sistema será crucial en lograr la articulación de todos estos indicadores de pertinencia al esfuerzo nacional organizado.

Cuando la pertinencia de la acción de un grupo haya sido adecuadamente establecida y aceptada por el consejo del programa respectivo, funcionará de manera expedita la evaluación de los proyectos, puesto que será fácil instalar mecanismos mediante los cuales el Consejo delegue en su Secretaría Técnica y Administrativa o en una comisión de su seno esta tarea.

Todo proyecto científico genera resultados que son, en definitiva, los que definen si es o no de interés para la sociedad colombiana. Por esto, el planteamiento de los resultados esperados, directos e indirectos provee los elementos de juicio para la evaluación de pertinencia. Se espera que los resultados de un proyecto tengan repercusión en uno o más de los órdenes científico, tecnológico, social, económico y cultural.

A continuación se detallarán ligeramente los criterios más importantes ligados al análisis de los resultados esperados del proyecto, discriminando estos últimos en resultados directos e indirectos.

Resultados directos que se pueden esperar del proyecto

El proyecto debe proporcionar una visión clara y precisa de los resultados directos —tangibles y verificables— que espera alcanzar. Los resultados de este tipo pueden ser, entre otros:

- a) Aporte *potencial* al desarrollo en la frontera del conocimiento.

Todo proyecto (básico o aplicado) *debe* representar un *cambio de estado* en el conocimiento. Es decir, al terminarse el proyecto se

debe saber algo que no se sabía antes. De otra manera no es un proyecto de investigación ni de desarrollo tecnológico y, aun si es muy interesante, debería ser financiado con fondos provenientes de una fuente ajena al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

- b) Contribución a la solución de cuestiones cruciales al desarrollo del programa nacional de ciencia y tecnología en el cual se inscribe y de la planeación estratégica del grupo de investigación o desarrollo.

El Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología se organiza alrededor de programas, cada uno de los cuales, bajo la orientación del Consejo y previo un amplio proceso de consulta, elaborará y actualizará permanentemente su Plan, tomándolo como marco de referencia para los procesos de planeación estratégica que concreten su política y en los cuales se definirán la importancia, el interés y la relevancia para la sociedad colombiana de las distintas posibilidades de investigación científica y desarrollo tecnológico.

- c) Posibilidades de aplicación en corto, mediano y largo plazos.

Si bien la aplicabilidad es un criterio fundamental de pertinencia, al analizarla debe ser especialmente cuidadoso el evaluador. Se ha abusado mucho en Colombia de la retórica alrededor de las posibles aplicaciones. No basta que el investigador imagine o desee que los resultados de su proyecto sean aplicados y ni siquiera que en casos similares lo hayan sido. Hay que analizar los vínculos establecidos ya entre el laboratorio que hace la propuesta y el sector productivo que la va a procesar, es necesario examinar la factibilidad *real* de aplicación en las condiciones colombianas, sus posibilidades no sólo técnicas, sino también económicas, su mercado potencial —cuando lo haya— y todos los demás indicadores que garanticen que los proyectos cuyos resultados deban tener aplicaciones a corto plazo pasen efectivamente a la esfera de la aplicación.

- d) Cuando sea del caso, el proyecto debe plantear claramente los indicadores de relación (beneficio/costo) tanto de tipo económico como social. También, cuando pretende obtener resultados económicamente interesantes, la tasa interna de retorno privado y demás indicadores económicos.

Resultados indirectos que cabe esperar del proyecto

En el largo plazo, los resultados indirectos son más importantes que los resultados directos. La investigación científica y tecnológica, más que un instrumento, una herramienta para resolver problemas concretos, es una forja de cultura, es el motor del cambio profundo buscado para la sociedad colombiana. Las grandes directrices del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología deben ser los primeros criterios que se tengan en cuenta para evaluar la pertinencia. En palabras del Presidente Gaviria:

Se requiere la *formación de una comunidad científica altamente calificada*, con dominio y capacidad de acción sobre el saber, pues las ventajas en el juego comercial de nuestra era no residen tanto en la posesión de las materias primas o de otros atributos geográficos o naturales, como en el dominio del conocimiento (...). Es importante la *creación de un sistema integrado de ciencia y tecnología* que aproveche la existente y aumente al máximo sus capacidades a través de *redes de carácter nacional e internacional*. [Se debe] *impulsar en forma generalizada los procesos de innovación en todos los sectores productivos*¹².

Entre los criterios para evaluar los resultados indirectos se puede mencionar:

12 Tomadas del prólogo al libro *Ciencia y tecnología para una sociedad abierta*. Colciencias y Departamento Nacional de Planeación, 1991. Los subrayados se añaden aquí.

a) Contribución a la formación de redes.

La Misión de Ciencia y Tecnología detectó la existencia de grupos de investigación relativamente maduros en Colombia, algunos pocos con reconocimiento internacional y participando activamente en la esfera científica mundial. Otros activos, desarrollándose vigorosamente, y varios más en estado incipiente, pero prometedor, de desarrollo. Además del desarrollo de estos grupos se hace importante ayudarlos a emprender uno de los pasos más importantes de su consolidación, cual es el establecimiento de relaciones de cooperación y competencia por la innovación con sus pares de otros grupos y escuelas. Todo paso en esta dirección se convierte en este momento en una meta de alta prioridad para las actividades de ciencia y tecnología.

b) Formación de pares, especialmente a nivel de doctorado.

La formación de las nuevas generaciones de investigadores en Colombia es una de las estrategias fundamentales del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Aunque esta formación deba mantener fuertes vínculos con el extranjero y realizarse estrictamente en una atmósfera internacional, los años de la juventud durante los cuales se prepara una tesis doctoral son una de las épocas más fecundas de la vida de un investigador y es importante aprovecharlos en el trabajo en el seno de los grupos de investigación colombianos que, por su madurez, estén en capacidad de ofrecer formación a este nivel. El hecho de que puedan hacerlo y su compromiso en lograrlo se hace entonces indicador altamente positivo —si bien indirecto— de la pertinencia de la acción del grupo.

PROCEDIMIENTOS

Las propuestas de investigación científica o desarrollo tecnológico que se presenten al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología con miras a obtener cofinanciación tendrán dos tipos de evaluación:

- a) Científico-técnica referente a su contenido.
- b) Financiera.

Adicionalmente, en propuestas que puedan tener interés comercial a corto plazo, se hará una evaluación de mercado.

Aunque, en principio, toda propuesta será sometida a estos dos tipos de evaluación, habrá algunas diferencias importantes que dependerán de si la propuesta prevé aplicaciones inmediatas, de interés comercial, o si se plantea como propuesta de orientación más básica, cuya transferencia al espacio comercial se realizará en un futuro más alejado y cuyos resultados serán divulgados públicamente, para beneficio de la comunidad. En las primeras, la financiación se hará a manera de préstamo blando, de reembolso obligatorio, con intereses reales, con períodos largos de amortización y períodos de gracia que pueden llegar a ser hasta un año superiores a la realización del proyecto. En estas propuestas, la evaluación científico-técnica es menos demandante, pues el mercado y la responsabilidad financiera son garantes del impacto del proyecto.

En el caso de los proyectos de transferencia mediata, se perseguirán resultados más comprometidos con la generación del conocimiento que con sus aplicaciones comerciales. Los fondos se prestarán en este caso en la modalidad de reembolso condicional, condonable en el caso de alcanzarse todos los objetivos dentro de los tiempos previstos. La evaluación financiera en este caso buscará sólo analizar el correcto dimensionamiento de los medios pecuniarios solicitados y la evaluación científico-técnica tendrá el peso más importante en el análisis de la propuesta.

Evaluación científico-técnica: una evaluación por pares

La evaluación científico-técnica de los proyectos científicos presentados al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología se realizará por pares, es decir, por personas ampliamente conocedoras del tema en cuestión, que puedan opinar sobre él con autoridad similar o superior a la del ponente.

La labor de la secretaría técnica de cada Programa Nacional de Ciencia y Tecnología consiste en la administración de este proceso de evaluación y en la toma de medidas para asegurar su calidad, prontitud y eficiencia.

La evaluación por pares es el procedimiento más utilizado en el mundo para analizar las propuestas de investigación científica. Sus ventajas son indudables, ya que se basa en el conocimiento autorizado del tema por parte de quien evalúa.

Objetividad. Hay mayor garantía de objetividad cuando, analizada la misma propuesta por varios evaluadores, éstos emiten juicios similares sobre ella y coinciden de manera general en las apreciaciones. Los procesos de evaluación por pares deben ser, por tanto, múltiples y confidenciales.

Evaluación internacional. En un país como Colombia, con una comunidad científica incipiente, la principal limitación que presenta la evaluación por pares es el muy pequeño número de especialistas que hay en cada tema y el hecho de que, casi con seguridad, se conocen todos entre ellos y forman partes de redes de amistad o de discordia que pueden empañar los juicios. Aun si este caso no se presenta, la confidencialidad queda muy comprometida por el hecho de que casi cualquiera puede reconocer en el estilo del evaluador a su autor. Para superar esta limitación se hace indispensable apelar a la comunidad científica latinoamericana o hispano-lectora a nivel mundial. Colciencias ha acumulado una cierta experiencia —bastante positiva por cierto— en evaluadores internacionales y, en varias áreas del saber, ya se dispone de un número amplio de evaluadores que trasciende las fronteras del país. Una primera meta a lograr es conseguir que todo proyecto presentado a partir del 1 de julio de 1992 al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología sea evaluado por lo menos por un investigador o un experto no residente en Colombia, lo cual implica un esfuerzo considerable en algunas áreas en las cuales no se tienen todavía los contactos necesarios.

Duración de la evaluación. El tiempo que duran los evaluadores en responder, enviando sus comentarios, ha sido uno de los factores de demora en el estudio de las propuestas por parte de Colciencias. Al dependerse de terceros en un proceso, se pierde

en alguna medida el control de su duración y se corre un cierto riesgo de alargarlo. La organización y administración adecuada del banco de evaluadores puede ayudar a disminuir esta duración. El aumento de los emolumentos pagados a los evaluadores puede contribuir también. Durante 1991 se trabajó en Colciencias sobre este problema, simplemente reduciendo el plazo con el cual se solicitaba la respuesta. Antes se pedía contestar en menos de cuarenta días y las respuestas tardaban mayor tiempo. Ahora se solicita contestar en ocho días hábiles —como se acostumbra en muchos países— y generalmente se obtienen respuestas en este lapso. El uso del fax y, sobre todo, del correo electrónico deberán ayudar también a disminuir esta duración. La conformación de un grupo de evaluadores conocedor de los criterios del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, motivado y preparado, que eventualmente se reúna periódicamente a discutir los criterios y la evaluación de algunos proyectos, será indudablemente un paso importante en la optimización de este aspecto.

Evaluación financiera

La evaluación por pares se refiere fundamentalmente al contenido de la propuesta en sí misma, a su *calidad y pertinencia*. Debe además evaluarse financieramente toda propuesta antes de que pueda concedérsele en préstamo el dinero público de los colombianos, sea en forma de reembolso obligatorio o de recuperación contingente.

La evaluación financiera cubre varios aspectos:

Adecuación al crédito BID o a las condiciones de la fuente de financiación prevista

Parte importante de los dineros para financiar actividades de ciencia y tecnología en los próximos años proviene de los dos préstamos que para este fin contrató el Gobierno nacional con el BID. Estos créditos tienen condiciones concretas para su ejecución y,

al estudiar cada proyecto, debe decidirse con claridad si encaja dentro de esas condiciones o no. Condición contractual fue la organización, dentro de la planta de Colciencias, de un grupo idóneo para manejar estos y otros asuntos del crédito, grupo que está en funcionamiento y que rinde periódicamente informes sobre la materia. La responsabilidad de esta evaluación recae sobre él.

Es posible que otras fuentes de financiamiento también impongan condiciones especiales y para ellas debe preverse la evaluación correspondiente.

Evaluación del presupuesto presentado

Si el proyecto es interesante y merece ser financiado, dada su temática, es importante saber si los medios solicitados son adecuados para su realización. ¿Se están sobrevaluando o subvaluando los equipos que se busca adquirir? ¿El costo previsto de los materiales es adecuado? ¿Se han tenido en cuenta los cambios de valor de la moneda, especialmente en proyectos cuya duración va más allá de un año?, etc. Son cuestiones que deben ser analizadas conjuntamente por quienes conocen de materias financieras y por quienes entienden la temática particular del proyecto.

Evaluación de la capacidad financiera de la entidad solicitante

Esta evaluación es fundamental cuando se decide conceder el apoyo financiero en forma de préstamo de reembolso obligatorio. La capacidad de la empresa para asumir la deuda debe ser analizada cuidadosamente según criterios financieros, modulados por la consideración de ser préstamos de fomento orientados a la ejecución de actividades de ciencia y tecnología. Este tipo de evaluación se contratará directamente con entidades financieras y se espera constituir, a corto plazo, una comunidad de evaluadores especializados en este tema, conocedores de las particularidades de los préstamos de fomento en el campo de la ciencia y la tecno-

logía y de las distintas fuentes de financiación, con el ánimo de que se pueda, en el futuro, pensar en todo un abanico de fuentes financieras que puedan, incluso, repartirse la financiación de distintas etapas de un mismo proyecto, sin que ello represente una tarea extremadamente engorrosa para el usuario. Con el ánimo de organizar este Banco de Evaluadores ya se han sostenido algunas reuniones entre Colciencias, el Departamento Nacional de Planeación, Fonade y varias universidades y entidades interesadas en este tipo de proyecto.

Evaluación de mercado

En propuestas que puedan tener interés comercial a corto plazo, se hará además la evaluación de mercado de los productos o servicios que se espera obtener como resultado del proyecto. Esta evaluación se contratará igualmente con firmas especializadas en la materia.

El banco de evaluadores

Para organizar el proceso de evaluación por pares, se ha venido construyendo y se reorganizará y ampliará, a partir de la experiencia ya acumulada por Colciencias, un banco de evaluadores que permita sistematizar y optimizar el proceso de evaluación técnico-científica de las propuestas presentadas al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología para su eventual cofinanciación.

El banco de evaluadores será administrado por la División de Evaluación de Proyectos de Colciencias, bajo la supervisión de la Subdirección de Programas y en estrecha coordinación con todas las secretarías técnicas y ejecutivas de los programas nacionales de ciencia y tecnología. Contendrá la información sobre quienes hayan actuado como evaluadores en el pasado, o sobre especialistas en múltiples disciplinas, que puedan ser evaluadores en el futuro. Incluirá datos sobre su especialidad y su disponibilidad, una historia evaluativa de lo que ha sido su actuación como eva-

luador en el pasado, la presteza en responder, lo bien o mal argumentado de sus opiniones, el valor que hayan tenido para colaborar en el proceso de evaluación. Esto irá generando una calificación que permitirá retener sólo a los evaluadores óptimos y generar escalas para pagar sus servicios que respondan a la calidad de éstos. El banco, además, deberá aumentar el número de sus inscritos continuamente, especialmente de todos aquellos que no habitan en Colombia. La red colombiana de científicos en el extranjero y todas las otras formas de cooperación internacional impulsadas por Colciencias contribuirán a esta tarea.

El papel de los Consejos de Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología

La constitución del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología nos coloca frente a una nueva realidad: la financiación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico ya no se encuentra a la total discrecionalidad de Colciencias. Los Consejos de Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología tienen ahora entre sus funciones:

Promover la consecución de recursos públicos y privados para el programa y *asignarlos entre los distintos proyectos de investigación, transferencias, apropiación y demás actividades*, previo estudio evaluativo de su calidad adelantado por la secretaria técnica y administrativa del programa¹³.

Esta no es la única ni la más importante de sus funciones, pero sí es una indispensable, porque la misma ley asigna a Colciencias la función de "financiar total o parcialmente los proyectos *que le indiquen los consejos de programas nacionales y regionales de ciencia y tecnología*"¹⁴, es decir, Colciencias no puede proseguir su labor de financiación de la investigación científica y

13 Decreto 585 de 1991, Artículo 10, Numeral 3. El subrayado es nuestro.

14 Decreto 585 de 1991, Artículo 19, Numeral 11. El subrayado es nuestro.

el desarrollo tecnológico sin una *indicación* precisa al respecto proveniente de los Consejos.

La indicación de los Consejos se apoya, como dice el mismo artículo citado, en un estudio evaluativo previo de la calidad de los proyectos acompañado por la secretaría técnica y administrativa del programa. No son los Consejos los que evalúan, sino los que orientan la asignación de los fondos, con base en los elementos de juicio provistos por los evaluadores y allegados por la secretaría técnica y administrativa, entidad que cumple esta tarea según los criterios y procedimientos señalados arriba.

Las labores más importantes de los Consejos son las de "aprobar las políticas de investigación, fomento, información, comunicación, capacitación, regionalización, promoción y financiación del programa, dentro de las directrices fijadas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología"¹⁵ y, adicionalmente, las de "orientar, previo un amplio proceso de consulta a nivel regional y nacional, la elaboración de los planes del programa y aprobarlos"¹⁶.

Los Consejos de Programa Nacional fueron creados precisamente con el ánimo de que ejercieran ese papel de orientadores de la política y convocadores de la comunidad asociada en el caso de cada uno de los once programas, pero se les dio además la función de conseguir y asignar fondos, con la intención de que tengan elementos para pasar del discurso a los hechos concretos, de los grandes planes a su cristalización en los proyectos particulares. En ellos se reúne el Estado representado por el Departamento Nacional de Planeación y el ministerio más cercano al ámbito del programa, por Colciencias y por algún otro instituto, cuando es del caso, el sector privado representado por industriales, asesores o dirigentes de entidades de fomento relacionadas con el Programa e investigadores activos en el campo en cuestión. Trazan las políticas y orientan su ejecución en la práctica a través de la asignación directa de los dineros a los proyectos de investigación previamente evaluados.

15 Decreto 585 de 1991, Artículo 10, Numeral 1.

16 Decreto 585 de 1991, Artículo 10, Numeral 2.

Ya al comenzar su labor, los once Consejos se plantearon el problema metodológico de su relación con el proceso de aprobación de esos proyectos. Algunos —Educación y Salud— delegaron enteramente en la secretaría técnica y administrativa esa labor; otros —Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad— la delegaron en una comisión de su propio seno en la cual deben estar los dos miembros de la Secretaría Técnica —Colciencias y el Ministerio de Desarrollo—, un industrial y un investigador. Los demás han estudiado el tema pero han pospuesto una decisión sobre la delegación y han estudiado dentro de sus sesiones todos los elementos de juicio recogidos en el proceso de evaluación que les presenta la secretaría técnica y administrativa y se han pronunciado, a partir de ellos, sobre el otorgamiento o no de financiación a cada proyecto particular.

El papel de la Secretaría Técnica y Administrativa

La Secretaría Técnica y Administrativa de cada uno de los programas es

ejercida por Colciencias o conjuntamente por este Instituto con otra u otras entidades que determinará el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Esta secretaría apoyará el trabajo del Consejo y del gestor, cuando éste sea nombrado, y atenderá sus solicitudes para garantizar el funcionamiento y la consolidación del Programa¹⁷.

Entre sus funciones están “seleccionar evaluadores para los proyectos y apoyar sus labores”¹⁸ y adelantar el estudio evaluativo de la calidad de los proyectos antes de presentarlos al Consejo del Programa respectivo¹⁹. No pueden ser los funcionarios de Colciencias o de la entidad con la cual el Instituto comparta la secretaría técnica los evaluadores directos. Su función se remite

17 Decreto 585 de 1991, Artículo 12.

18 Decreto 585 de 1991, Artículo 13, Numeral 3.

19 Decreto 585 de 1991, Artículo 10, Numeral 3.

a seleccionarlos, enviarles el material necesario, apoyar sus labores, velar por el pronto retorno de las evaluaciones o actuar en consecuencia, poner en conocimiento del proponente las opiniones de los evaluadores guardando confidencialmente el nombre de estos, recibir las observaciones del ponente o, si es del caso, el proyecto modificado o reformulado atendiendo los comentarios de los evaluadores y, una vez que se hayan reunido suficientes elementos de juicio a través de este diálogo constructivo entre quien presenta la propuesta y quienes la evalúan, presentarla al respectivo Consejo, el cual indicará si debe o no ser financiada.

La labor de la secretaría no se circunscribe a la administración pasiva, sino que en todo momento debe participar activamente, supervisando la calidad del proceso, filtrando los comentarios inoportunos o no pertinentes, consultando a terceros o aun cambiando de evaluadores si fuere del caso.

Anexo 1

PRINCIPALES ETAPAS EN LA CONSTRUCCION DEL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

- a. Foro para la ciencia y tecnología. 1987.
- b. Año nacional de la ciencia y tecnología. 1988-1989.
- c. Misión de Ciencia y Tecnología. 1988-1990.
- d. Expedición de la Ley Marco de Ciencia y Tecnología: Ley 29 del 26 de Febrero de 1990.
- e. "Ciencia y Tecnología para una Sociedad Abierta". La propuesta de Colciencias en un seminario y un libro. Enero de 1991.
- f. Prólogo del presidente Gaviria al libro *Ciencia y Tecnología para una Sociedad Abierta*. Enero de 1991.
- g. Decretos Ley del 26 de febrero de 1991.
- h. Prólogo del Jefe de Planeación al libro *Instrumentos Jurídicos*. Abril de 1991.
- i. Reforma constitucional. Julio 4 de 1991.
- j. Política de ciencia y tecnología aprobada por el Conpes el 12 de julio de 1991 y recogida como una de las estrategias del Plan de Desarrollo Económico y Social 1990-1994 "La Revolución Pacífica".
- k. Instalación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el señor Presidente de la República el 1 de octubre de 1991.
- l. Instalación de once Consejos de Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología entre octubre y diciembre de 1991.

Todos estos actos dejaron obras escritas, que deben tomarse como referencia obligada al hacer cualquier análisis sobre los criterios.

- Todos estos actos dejaron obras escritas, que deben tomarse como referencias obligadas al hacer cualquier análisis sobre los criterios
1. Instalación de once Consejos de Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología entre octubre y diciembre de 1991.
 2. Instalación de once Consejos de Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología por el señor Presidente de la República el 1 de octubre de 1991.
 3. Instalación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología "volación Pacífica".
 4. Plan de Desarrollo Económico y Social 1990-1994 "La Revolución Pacífica".
 5. de julio de 1991 y recogida como una de las estrategias del
 6. Política de ciencia y tecnología aprobada por el Consejo el 12
 7. Reforma constitucional. Julio 4 de 1991.
 8. con Atil de 1991.
 9. Prologo del jefe de Planación al libro Instrumentos Jurídicos
 10. Decretos Ley del 26 de febrero de 1991.
 11. para una Sociedad Abierta. Enero de 1991.
 12. Prologo del presidente Gaviria al libro Ciencia y Tecnología
 13. 1991.
 14. puesta de Colteciencias en un seminario y un libro. Enero de
 15. "Ciencia y Tecnología para una Sociedad Abierta". La pro-
 16. del 26 de febrero de 1990.
 17. Expedición de la Ley Marco de Ciencia y Tecnología Ley 20
 18. Misión de Ciencia y Tecnología. 1988-1990.
 19. Anónima de la ciencia y tecnología. 1988-1989.
 20. de la ciencia y tecnología. 1987.
 21. comprendidos al 31 de diciembre de 1987.

PRINCIPALES ETAPAS EN LA CONSTRUCCION DEL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Los datos de esta investigación se encuentran en el Anexo 4.

Anexo 2

RECOMENDACIONES

- i. Una vez aceptados estos criterios, deberán construirse los mecanismos adecuados para su amplia divulgación. Entre estos pueden estar:
 - (1) Publicación en forma de folleto del texto completo del documento aceptado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y distribución amplia del mismo entre instituciones públicas y privadas dedicadas a la investigación, entre todos los investigadores del banco de datos de Colciencias y entre los evaluadores.
 - (2) Elaboración de un resumen para distribuirlo en forma de instructivo, junto con formatos de los instrumentos: hojas de evaluación, minutas de contratos, etc. entre los interesados en la investigación.
 - (3) Elaboración de un plegable con un resumen muy general de los criterios, para distribución amplia.
- ii. Seguimiento de la forma en que se aplican los criterios y adaptación de los mismos cuando sea necesario a nuevas circunstancias.
 - (1) Colciencias debe presentar periódicamente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología informes evaluativos sobre la forma en que se desarrolla la aplicación de los criterios, sobre las especificidades encontradas en cada uno de los programas, sobre el proceso de planeación estratégica participativa.
 - (2) Colciencias debe recoger en los distintos consejos y demás instancias del Sistema Nacional de Ciencia y Tecno-

logía las opiniones, comentarios y criterios y encaminarlos, cuando sea del caso, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología para que se modifiquen, en la medida de lo necesario, los criterios generales.

iii. Sistemas relacionados de criterios.

Es necesario verificar la coherencia entre los distintos sistemas de criterios que, de manera global, conformarán la acción del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología:

- (1) Criterios para adjudicación de becas.
- (2) Criterios para la capacitación de investigadores.
- (3) Criterios para la reconversión del recurso humano empresarial.
- (4) Criterios para el estímulo a la innovación.
- (5) Criterios para la publicación, difusión y comunicación.
- (6) Criterios para la administración de la investigación.
- (7) Estímulos para la vinculación entre investigadores y sector productivo.

Anexo 3

LOS INDICADORES DE LA ACTIVIDAD CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA

LA URGENCIA DE CONSTRUIR INDICADORES

La construcción de indicadores de la actividad científica y tecnológica adaptados a las condiciones colombianas es un paso crucial en la construcción del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

El decreto-ley 585 dispone que es función del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología “disponer todas las medidas indispensables para el cumplimiento, seguimiento y evaluación de las políticas, estrategias, planes y gestión de ciencia y tecnología, por intermedio de su secretaría técnica y administrativa y otros organismos”²⁰.

Y dispone que la mencionada secretaría técnica y administrativa debe “promover, apoyar y coordinar un sistema nacional de información científica y tecnológica”... “Promover la divulgación de los resultados de los proyectos”... “Organizar un sistema estadístico de ciencia y tecnología”... “Calificar la naturaleza científica y tecnológica de las actividades para las cuales se solicita el otorgamiento de exenciones, descuentos tributarios”... “Promover y realizar estudios prospectivos y teóricos sobre la ciencia y la tecnología y su papel en la sociedad, como base para el diseño de políticas, planes y estrategias”²¹.

Estas funciones no pueden cumplirse sin la organización de un sistema efectivo de indicadores estadísticos, cualitativos y

20 Decreto-Ley 585 de 1991. Artículo 8, Numeral 11.

21 Apartes del Decreto-Ley 585 de 1991.

cuantitativos, que se ajusten a las normas internacionales y reconozcan las peculiaridades nacionales, que creen raseros serios a la calidad e índices claros de pertinencia.

Más allá de las disposiciones legales, la política que se está construyendo hace énfasis en la necesidad de alcanzar visibilidad internacional. Como se afirmaba en la Introducción al presente documento, los desarrollos que conduzcan a afianzar la capacidad de producir conocimiento en el país deben ser validados frente a la comunidad científica internacional tanto como los desarrollos que conduzcan a innovaciones tecnológicas deben ser probados en el mercado internacional. Desafortunadamente, la cultura del enclausamiento, que nos llevó a producir sólo para un mercado cautivo local, se reflejó también en producción científica difundida sólo ante audiencias que rara vez trascendieron los límites de la propia institución del investigador. Así el progreso es muy difícil.

El papel social de las investigaciones, su justificación como estrategia del plan de desarrollo, la razón de la inversión pública en ellas dependen de los resultados que produzcan. Los recursos deben invertirse en proyectos que conduzcan a patentes y a productos exitosos en los mercados en el caso de la investigación aplicada o a publicaciones confrontadas y reconocidas por la crítica más severa cuando se trata de investigación básica. Esto fue reconocido en la Sesión del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del 28 de enero de 1992 y, por ello, este organismo dispuso que se debe hacer un seguimiento cercano y continuo a la calidad de los proyectos y al destino que se da a los dineros que el Estado invierte en ciencia y tecnología. En todas las reuniones, Colciencias deberá presentar un informe sucinto, con índices cuantitativos y cualitativos, sobre el desarrollo de la actividad científica en el país.

LOS INDICADORES DE LA POLÍTICA NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

La evaluación de las actividades de ciencia y tecnología es tarea clave en el planeamiento del desarrollo económico y social del país.

Los indicadores constituyen un elemento valioso de la política científica y tecnológica para la definición de prioridades, la elaboración de planes prospectivos por sectores y regiones, la definición de políticas de capacitación y formación de investigadores y de áreas estratégicas que permitan relacionar la investigación con el sector productivo.

Se trata de monitorear constantemente los logros obtenidos, la calidad de los emprendimientos, la inserción en la vida nacional y en las dinámicas internacionales, en fin, la eficiencia y la eficacia de la política de ciencia y tecnología.

No es esta una labor fácil. Si bien existen indicadores más o menos aceptados a nivel internacional, su generalización y aplicación en los países con dinámicas científicas bien desarrolladas ha sido problemática y dispar. Aplicarlos a nuestro país y a los distintos programas que conforman el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología requiere de estudios previos, cuidadosos de adaptación.

EL PROBLEMA DE LOS INDICADORES EN LOS PAISES EN DESARROLLO

Distintos indicadores para medir la capacidad científica y tecnológica se han desarrollado en los países en los cuales estas actividades ocupan lugar destacado y ocasionalmente se los emplea para medirla en otros países en los cuales son incipientes aún.

Los llamados indicadores de insumo, tales como los gastos públicos en ciencia y tecnología, el número de investigadores por áreas, por países o por número de habitantes, el número de instituciones dedicadas a la investigación y otros similares, ofrecen una visión inicial, pero parcial, pues muestran solamente niveles de crecimiento. Estas cifras, aisladas, no dicen mucho acerca de la contribución de la ciencia a la solución de problemas cruciales, especialmente en los países en desarrollo.

Los indicadores de producto, basados en indicadores bibliométricos y relacionados con el número de publicaciones, la publicación en revistas internacionales, los patrones de citación, la actualidad de la literatura citada, o los más recientes análisis de

conglomerados ("clusters") lingüísticos y temáticos ofrecen una visión más rica, pero su utilización para comparar la productividad de los diferentes países ha sido muy debatida, especialmente cuando se aplican a países en desarrollo, porque los criterios para su utilización no están suficientemente claros y porque presentan problemas de tipo conceptual y metodológico.

Por otra parte, no toman en consideración el contexto en el cual se desarrolla la actividad científica, que difiere de país a país, la trayectoria histórica, las áreas prioritarias, el apoyo otorgado, la motivación y los estímulos recibidos por los investigadores, los recursos asignados y muchas otras variables definidas por el contexto. La homologación de estos heterogéneos factores debería preceder a cualquier comparación.

LA VISIBILIDAD DE LA CIENCIA NACIONAL

La producción científica de los países se suele evaluar por su registro en las bases de datos internacionales, especialmente en el *Science Citation Index*, en donde la inclusión de publicaciones corresponde a criterios altamente selectivos que conducen a que incluya sólo las revistas científicas más utilizadas en el mundo, calidad que se estima a través de la frecuencia de citación de los artículos en ellas publicados. Sólo un 2% de las revistas elegidas se editan en países periféricos.

A manera de ejemplo, mientras que el *Chemical Abstracts* registra 201 revistas brasileñas de química, el *Science Citation Index* sólo registra seis. En general, todas las revistas publicadas en una lengua distinta al inglés se ven desfavorecidas²².

22 Aun si es ilustrativo, el ejemplo debe tomarse *cum granum salis*. El *Chemical Abstracts* pretende ser exhaustivo, no selectivo, y el papel, especialmente en épocas de mundialización, de las *linguas francas* no debe analizarse a la ligera. Serían muy pocos los científicos latinoamericanos capaces de leer en chino o en húngaro, y aun el alemán o el sueco presentarían dificultades. Afortunadamente en inglés pueden leer la obra de los científicos que en su vida cotidiana utilizan estas lenguas y, lo más importante, esperar que ellos también puedan leer lo que los latinoamericanos producen.

La visibilidad mundial de la ciencia del país es uno de los parámetros a tener en cuenta en su desarrollo científico y tecnológico, pero varias consideraciones son necesarias en su determinación. Podría decirse que:

- No todas las disciplinas siguen el mismo ritmo de presencia mundial. Esta tendencia se da particularmente en las ciencias básicas, en las tecnologías de punta y en los temas candentes de las ciencias sociales.
- Algunos resultados de aplicación práctica pueden ser de interés sólo en un contexto determinado y no necesariamente merecerían divulgación mundial.
- No todas las disciplinas y los científicos tienen el mismo comportamiento frente a la comunicación de resultados y al uso de los canales de comunicación. Difieren significativamente dependiendo del campo (o subcampo), de la naturaleza de la investigación y del contexto institucional (industria, gobierno, institutos, universidades...).
- Existe una considerable diferencia en la naturaleza y el tipo del producto científico entre los varios campos de la ciencia.
- De igual manera varía el apoyo y esfuerzo en los diferentes campos científicos.

Estas diferencias sugieren que no deberían aplicarse los mismos indicadores en todos los casos, de manera mecánica, sin haberlas tenido en cuenta para poder hacer comparaciones válidas.

COMO HACER USO DE LOS INDICADORES EN COLOMBIA

Para la evaluación de la acción de los grupos investigadores e innovadores en nuestro país hay que elaborar un sistema de indicadores cualitativos y cuantitativos que parta de elementos tales como:

- El *número de publicaciones*. Índice primario de productividad que cobra solidez en la medida en que se introduzcan matices para cada disciplina y, sobre todo, en que

se acompañe de indicadores sobre la *calidad de las publicaciones*.

- La *calidad de las publicaciones* puede valorarse a través de índices cuantitativos y de indicaciones cualitativas. Estas últimas deben reposar en el *juicio de expertos* y en la *evaluación por pares*. Las indicaciones cuantitativas pueden referirse al número y frecuencia con que la publicación es citada y a la clase de medio de publicación.
- La *citación* que de un trabajo científico se haga puede revelar el grado de reconocimiento que la comunidad internacional acuerda al trabajo. El estudio más detallado de los patrones de citación permite el seguimiento de influencias y redes informales del conocimiento y la amplitud del impacto de los escritos científicos.
- El *medio de publicación* puede ser un índice de visibilidad a nivel local o internacional. Un comité editorial formado por científicos reconocidos, de diferentes instituciones y, mejor, de diferentes nacionalidades, con mecanismos severos de evaluación por pares, que logre que en el medio publiquen autores de distintos países y de diferentes tendencias dentro del campo particular, es un elemento que da confianza, si no garantía, sobre la calidad de la publicación. Su difusión amplia garantiza la exposición a la crítica autorizada, no sólo al pasar por el Comité Evaluador, sino al llegar a los pares en cualquier país. Si bien el publicar a nivel local no es necesariamente sinónimo de baja calidad, sí lo es, especialmente en los países periféricos, de baja visibilidad y de escaso grado de exposición²³.

23 Es esto un punto que debe analizarse a fondo y con extrema precaución. Se asegura, por ejemplo, que la publicación local tiende a desarrollar una masa crítica en el medio de origen, lo cual es indispensable para el avance de la ciencia. Lo mismo podría lograrse con la *distribución local de lo publicado internacionalmente*. Este es el papel que desempeña en muchas instituciones del boletín de informe de investigación que consiste en la reproducción fotostática de los trabajos de la institución publicados en medios de más circulación, eventualmente con un ligero trabajo de edición.

- La *asociación entre los investigadores* no sólo es un mecanismo, cuando se realiza con autores extranjeros, para facilitar la publicación internacional, sino que puede, en sí misma, considerarse como otro indicador. Es decir, las relaciones que el grupo establezca con otros grupos a nivel local, regional o internacional es un índice de su vitalidad y de la calidad de su acción. Siendo la ciencia un proceso colectivo, el intercambio y trabajo conjunto entre investigadores de diversas instituciones o países indudablemente amplía el marco de visión y la capacidad de solución de los problemas de investigación. La asociación aumenta el flujo de transferencia del conocimiento y el acceso a la información mundial.
- Lo anterior lleva a plantear la *calidad de las asociaciones*; un grupo puede desempeñar un papel de líder frente a otro que apenas inicia a nivel local, pero su desarrollo necesita integrarse también a otro de más trayectoria.
- La *visibilidad* de la producción a nivel local (país), regional (América Latina) y mundial, podría ser otro parámetro que se tuviera en cuenta. La participación en eventos de carácter científico, la publicación en medios de difusión a cada uno de estos tres niveles, la coautoría con investigadores de otros países, el intercambio activo de técnicos, investigadores, profesores o estudiantes, etc., pueden usarse como parámetros para generar el indicador.

No se puede propender por una asociación exclusiva con los países centrales en aras de ser considerados dentro de la corriente principal de la ciencia. La interacción con países de desarrollo similar puede resultar muy enriquecedora, pero tampoco debe ser definida como buena a ultranza. Estos aspectos no pueden imponerse desde fuera, sino que forman parte de la dinámica de cada campo de trabajo y son, a su vez, indicadores de la misma.

Capítulo 5

REFLEXIONES A PROPOSITO DE LA REFORMA UNIVERSITARIA

LA NECESIDAD DE UNA NUEVA LEY PARA LAS UNIVERSIDADES

Antes de formular las nuevas leyes que organizarán el sistema de las universidades del país, cabría preguntarse por qué se hacen necesarias. No sólo para entender la causa formal del proceso sino también, y sobre todo, para definir los objetivos que perseguimos y adecuar a ellos nuestra propuesta.

La autonomía

En primer lugar, tenemos un hecho jurídico nuevo: la autonomía universitaria. La Constitución de 1991 en su artículo 69 *"garantiza la autonomía universitaria"*. Dice a continuación que *"las universidades podrán darse sus directivas y regirse por sus propios estatutos, de acuerdo a la ley"*, en frase que parece definir los alcances de esta garantía constitucional. Anuncia en seguida una nueva normatividad: *"La ley establecerá un régimen especial para las universidades del Estado"*.

Estos mandatos no dan lugar a equívocos: se hace necesaria una nueva ley, al menos para las universidades del Estado, las cuales serán entidades especiales dentro del sector público: las únicas que gozarán, por mandato constitucional, de autonomía. La ley debe desarrollar el concepto de autonomía y definir sus alcances en relación con las entidades públicas que cobija. Pero

la primera frase del artículo 69 no limita la garantía a las entidades públicas. Puede haber universidades privadas que la posean. Se requiere entonces una nueva legislación que precise el concepto de autonomía, que defina sus alcances y, sobre todo, que establezca qué clase de instituciones, especiales entre todas, tendrán esa autonomía garantizada por la misma Constitución política de la nación. Garantía que no le concede a las demás entidades educativas¹, ni siquiera a las que conforman, con las universidades, el sistema de educación superior: politécnicos, institutos tecnológicos, escuelas profesionales, institutos universitarios, etc. Y, así como esta nueva legislación obliga a repensar la universidad, también obliga a precisar el peculiar sentido que tiene el concepto de autonomía.

La crisis del sistema universitario colombiano

El sistema universitario colombiano se encuentra actualmente en crisis. En medio de la difícil crisis que precede a las metamorfosis.

Las leyes 80, 81 y 82 de 1980 fueron promulgadas en un contexto muy diferente del actual. Diferente, porque ahora estamos por fin en capacidad de emprender la tarea de creación de conocimiento: esa actividad especial que cambió el destino de la humanidad y se convirtió en el elemento fundamental de la vida de las sociedades contemporáneas: la ventaja comparativa que superó a todas las de orden material; el bien indispensable para actuar en la economía-mundo, en el escenario del siglo XXI que comienza ya. Desde la década de 1960 se inició la transformación de las viejas escuelas de artes y oficios en universidades modernas, que buscaron alcanzar los estándares aceptados en la escala internacional. Profesorado de tiempo completo, investigación como parte esencial del trabajo universitario, facultades de ciencias básicas y de ciencias sociales y humanas, posgrados de investiga-

1 Y por lo tanto no se base o, al menos, no exclusivamente, en el concepto de libertad de enseñanza proclamado en el artículo 68.

ción, intercambio e interacción fuerte con los pares en otros países, son los principales elementos de esta transformación, lenta y laboriosa. Un puñado de universidades del país ha alcanzado niveles que las hacen presentables en la escena internacional y otras cuantas se están acercando. En este contexto podemos definir con más exactitud la crisis mencionada: las leyes de 1980 se hicieron para universidades que estaban en el camino de lograr su condición pero que apenas la entreveían. Aunque declararon que la investigación era una actividad esencial de la vida universitaria, lo hicieron tímidamente y no abrieron al mismo tiempo posibilidades claras para que este buen deseo pasara a la acción. En estas condiciones, las dinámicas de investigación se han visto obligadas a desarrollarse con escasa adaptación al contexto sociocultural local y con muy poco impacto sobre él. Sin embargo, han crecido lo suficiente como para exigir una nueva legislación que le facilite a las universidades que ya lograron desarrollarlas una mayor consolidación y a las que vienen en camino les ofrezca una situación favorable para acortar etapas y alcanzar pronto el *status* deseado.

Colombia se encuentra en medio de una crisis igualmente metamórfica, que exigió el cambio de la Constitución y de los códigos fundamentales, el cambio de las viejas costumbres de nación encerrada en sus fronteras y proclive a la endogamia. De ahí el esfuerzo modernizador de repensar y de reorganizar de nuevo y en todo sentido al país. En medio de este proceso se torna indispensable la presencia nacional de verdaderas universidades de investigación, similares a las que tiene Alemania desde principios del siglo XIX, los países anglosajones desde finales del mismo siglo, el Japón desde mediados del presente, India y Corea más recientemente. El poder de las nuevas sociedades se funda en el conocimiento y, no en balde, el orden cronológico de la constitución de universidades de investigación reproduce en gran parte el de acceso a la palestra internacional. Colombia no puede intentar la empresa suicida de lanzarse a la construcción de una sociedad abierta en su economía, en su política y en su cultura, sin apoyarse en universidades verdaderas, vigorosas y adecuadamente protegidas.

Las universidades de investigación —aquellas instituciones comprometidas con la tarea de crear conocimiento, de incorporarlo en todos los ámbitos de la sociedad y de formar las nuevas generaciones creativas, capaces de continuar esta misión— son las que requieren condiciones especiales para su acción, las que precisan de cierta protección que las independice de los avatares inmediatos de los cambios políticos o las tendencias administrativas. Son ellas las que requieren de esa garantía especial que les reserva la Constitución: autonomía.

LA AUTONOMIA UNIVERSITARIA

Partimos de la base de que la nación otorga la autonomía para proteger la particular forma de relación con el conocimiento que se establece en las universidades, para asegurar la vigencia del *derecho social* a la educación, la ciencia y la cultura, como fundamento imprescindible de la soberanía nacional. Este concepto abstracto debe concretarse para pasar a la esfera operativa y convertirse en la base de la nueva normatividad.

Para ello, analicemos varias facetas del concepto.

Autonomía para la empresa científica

La autonomía se plantea en primer lugar como una característica necesaria para la empresa científica.

Aquí se justifica con toda su fuerza la necesidad que tienen las universidades de darse sus propias normas y sus propias directivas, no sólo en el sentido de nombrar a sus dirigentes sino, más importante aún, en el de plantearse las metas hacia las cuales se dirigen. Se trata, en esta coyuntura de nuestro desarrollo, de lograr la interacción fuerte entre comunidades académicas, sectores productivos, sociedad civil y, en general, todas las esferas de la vida nacional. La universidad debe entrar a ocupar el lugar central que se le ha acordado en la vida de los pueblos modernos. Para poderlo hacer, debe tener la capacidad de orientarse a sí mis-

ma, debe alcanzar su mayoría de edad y ser autónoma frente a dictados de otros entes del Estado o frente a los avatares de la política.

La labor creativa necesita desplegarse a su propio ritmo y atender sus propios afanes. El empalme de la actividad investigativa universitaria con la actividad productiva y social del país exige, aún con mayor razón, que las universidades se regulen a sí mismas y puedan, por lo tanto, mantener sus actividades internas al tiempo que interactúan con el mundo que las rodea.

La autonomía se justifica en la medida en que la universidad se comprometa realmente con la investigación en todos los órdenes, en que supere la mera adopción de técnicas y la aclimatación de manuales y encare las preguntas fundamentales con un decidido esfuerzo creador. Es decir, en tanto desarrolle una acción fuerte en las ciencias físicas, naturales, sociales y humanas, ya sea por ellas mismas o como sustento de la acción de las ciencias agropecuarias, de las ciencias de la salud, de las ciencias jurídico-políticas, de las administrativas o de las ingenierías. Por eso una universidad completa requiere, por lo menos, de una facultad de ciencias humanas y de una de ciencias básicas, sin las cuales no tendría capacidad real de ejercer su autonomía.

Autonomía al ámbito de lo investigativo dentro de la institución

El sujeto de la moderna investigación científica no es el individuo, sino el grupo de investigación que, cuando está bien consolidado, se encuentra conformado por una reunión de investigadores de varias disciplinas y diversos niveles, y también por personal administrativo y técnico; posee control sobre una infraestructura material, sobre un acervo bibliográfico, sobre unas estrategias de comunicación con la sociedad, sobre unos procedimientos de consecución de fondos. Grupos así desarrollan la investigación real en todo el mundo y grupos de esta índole lideran

la investigación en varios campos en Colombia². La institución universitaria es un hábitat natural para los grupos, un espacio propicio para su desarrollo, pero no se confunde con ellos. Como no se confunden con ellos los departamentos, ni las demás subdivisiones administrativas de la universidad. De hecho, el grupo consolidado —que es por definición interdisciplinario—, frecuentemente reúne a gente de varios departamentos o facultades e incluso de más de una universidad o de otras entidades de investigación.

Las afirmaciones con respecto a la autonomía que deben tener las universidades frente al ámbito regulador del Estado —con el fin de proteger su peculiar labor de creación del conocimiento—, también son válidas para la autonomía que deben tener los grupos de investigación consolidados con respecto al ámbito administrativo de la universidad. Esto obliga a incluir en la reforma universitaria mecanismos para que las universidades comiencen a conceder una gran autonomía a los grupos consolidados y abran las vías para que aquellos que estén en vías de consolidarse se vean estimulados para hacerlo, y de esta manera alcancen la plena capacidad de acción.

Autonomía en lo curricular

El talante autónomo de la universidad debe iniciarse en la libertad que otorgue al estudiante para escoger los componentes de su formación, a través de currícula flexibles, a través de pedagogías intensivas en las cuales trabaje a su ritmo, mientras la labor del profesor se concentra en el trabajo sobre el trabajo del estudiante.

- 2 Lo esencial del grupo en su capacidad de investigar y de gestionar, de conseguir recursos y ejecutarlos, de producir activamente en la frontera del conocimiento y de vincular su acción con la sociedad, de enfrentar problemas con criterio interdisciplinario. Si un grupo en plena actividad logra esto con un número pequeño de miembros —incluso con uno solo—, será un grupo consolidado. Si no lo logra, poco importa que reúna nominalmente investigadores de varias disciplinas, gestores, etc. La aclaración es importante, pues a veces tiende a confundirse la idea de grupo con la de multiplicidad de personas. Metáforas que desafortunadamente han hecho demasiada carrera, como la de la "masa crítica", contribuyen a la confusión.

En nuestras universidades priva la tendencia de ajustar las labores al ritmo del docente o al de algún lejano comité curricular, mientras el estudiante pasa gran parte de su tiempo trabajando sobre el trabajo del docente. Prácticamente el único momento en que un estudiante ejerce su autonomía es cuando escoge su carrera, por lo general con elementos de juicio insuficientes e impulsado por criterios inadecuados, tales como las leyes de un mercado profesional que conoce mal y utiliza peor. De ahí en adelante debe someterse, como un menor de edad, a los dictámenes de las instancias burocrático-académicas o de los rígidos currícula.

La universidad autónoma debe formar para el ejercicio de la libertad. Para ello el estudiante debe tener el derecho a conocer *per se*, a ser "adulto", a manejar autónomamente sus protocolos y resultados en la vida. Debe "aprender a aprender".

La universidad no-autónoma forma para el ejercicio de la no-autonomía. Al obligar a todos los estudiantes que escogieron una carrera a seguir las mismas asignaturas, con la misma intensidad y al mismo ritmo, logra anular la creatividad del joven desde su primera juventud. No es de extrañar que quienes egresan de estas "instituciones de educación superior" busquen afanosamente quién les diga cuál será el próximo paso que deberán dar en la vida.

Si la reforma universitaria se va a orientar a la formación de ciudadanos libres, creativos, capaces de vincularse a los ritmos de innovación que regulan la vida del planeta, debe incluir disposiciones precisas para que cualquier entidad que aspire a gozar de la autonomía que garantiza la Constitución —y por lo tanto merezca llamarse universidad—, genere prácticas pedagógicas que le concedan al estudiante enorme autonomía y le permitan su participación decisiva en todas las esferas de la vida universitaria³.

3 No pensamos aquí, o al menos no exclusivamente, en la presencia de representantes estudiantiles. Pensamos más bien en formas que permitan la *influencia cotidiana de todos los estudiantes*, y no sólo de algún elegido, en la toma de decisiones.

Autonomía no es lo mismo que fuero

Una interpretación apresurada podría confundir autonomía con fuero. El fuero, a la manera que lo gozaron algunas corporaciones —entre ellas la universidad— durante la Edad Media conduce a la *extraterritorialidad*, a la separación de la universidad y la sociedad. Precisamente la dirección opuesta a la que se busca en nuestra época, cuando se trata de hacer viable el trabajo académico y científico dentro de la sociedad y de darle la posibilidad de incidir sobre ella en grado sumo.

No hablamos de la autonomía del *ghetto*, sino de la que requiere una empresa delicada y *sui generis* que actúe en el seno de la sociedad.

Autonomía no es libertad de empresa

Otra forma equivocada y extraña de entender la autonomía sería confundirla con la libertad de empresa. En primer lugar, porque si de ella se tratase, la Constitución debería haberla garantizado para todas las empresas públicas y privadas que ejercen su libertad de empresa dentro de las leyes del país y del mercado.

En segundo lugar, porque la empresa universitaria se rige por las leyes de un mercado especial. Los investigadores en sus laboratorios o en sus gabinetes no requieren libertad de empresa. Quien sí debe tenerla es la universidad, cuando la investigación produzca resultados con interés comercial. La formación de las personas, de los ciudadanos que requiere el país, es también una mercancía especial que debe estar sometida a normas de una calidad absoluta que sería imposible alcanzar obedeciendo exclusivamente a las leyes del mercado restringido y cautivo que representan los potenciales compradores de esta formación.

Autonomía como reconocimiento social

La autonomía no es gratuita, ni se entrega a cualquier tipo de institución educativa ni a toda entidad que goce de los privilegios

de la libre empresa. Autonomía es el reconocimiento que la sociedad hace a las instituciones comprometidas con el saber. A esas instituciones sin cuyo trabajo callado y paciente, pero sintonizado con la vida nacional, no podrá acceder nuestro país a la modernidad.

LA NATURALEZA DE LA UNIVERSIDAD

¿Qué clase de institución es, pues, una universidad? Mucho se ha dicho y escrito sobre este tema en el país y el mundo, y mucho deberá decirse todavía, sobre esta cuestión esencialmente abierta, cambiante. Las definiciones de la universidad medieval o de la universidad napoleónica podrían ayudarnos a iniciar esta reflexión, pero muchas cosas cambiaron antes de que las universidades se convirtieran en la pieza fundamental que hoy son en los países que orgullosamente se llaman a sí mismos desarrollados y en los cuales las universidades trascendieron hace mucho tiempo el papel de escuelas de oficios.

La universidad moderna no es escuela de oficios, ni tampoco escuetamente "institución de educación superior". Politécnicos, escuelas profesionales, tecnológicos y otras instituciones de educación superior son muy importantes en la vida del país y en la formación de su fuerza de trabajo calificada, pero no están consagrados a ese peculiar trabajo sobre el conocimiento, a su producción, domesticación, aprehensión y distribución que caracteriza a las universidades y que hace que una Constitución, para protegerlas, les conceda la autonomía.

Conocimiento y cultura

La universidad es ante todo crisol de la cultura. En el esfuerzo de creación y domesticación del conocimiento, en esa relación cultivada se define, se analiza, se organiza, se reproduce, se crea y se recrea la identidad de la nación. Vivimos en la era de la ciencia y la tecnología, en la era del conocimiento. Para alcanzar niveles

de acción acordes con el ritmo de las sociedades modernas, para forjar las capas de personas capaces de seguir los desarrollos que están forzando profundas mutaciones en todas las esferas del aparato productivo y en la misma raíz cultural de las naciones, resulta indispensable hacer un esfuerzo en las universidades para crear verdaderas comunidades de conocimiento, aquellas para cuya protección las sociedades modernas han generado esquemas de autonomía y respeto de sus dinámicas propias.

Complejidad y emprendimiento nacional

La empresa del conocimiento es esencialmente compleja. La investigación sobre temas reales, aquella que puede tener una incidencia verdadera en la vida nacional, es una actividad interdisciplinaria que requiere el concurso de gentes formadas a diversos niveles, preparadas para hacer aportes en la frontera misma del conocimiento, con capacidad de gestión y de negociación, de interacción con los sectores productivos y con la sociedad civil. Esta empresa requiere tiempo y calma en sus etapas de maduración, de reflexión, de investigación básica. Requiere capacidad de acción muy rápida, funcionamiento permanente en referente internacional, respuesta ágil a las presiones del entorno: requiere autonomía.

El carácter de la formación universitaria

La misión de la universidad es formar ciudadanos creativos, libres, imbuidos de valores cívicos y comprometidos con la nación. Por eso requiere de autonomía curricular. Formado en ella, el estudiante madura su capacidad de decisión, aprende a estudiar a su propio ritmo, asume conscientemente su camino en la vida y se forma responsablemente para la vida ciudadana. Por eso necesita —y debería exigirlo como uno de sus derechos—, que sus profesores estén permanentemente en contacto con los últimos desarrollos del conocimiento universal, lo cual sólo es posible cuando

se participa de manera creativa en la investigación. La formación de científicos y tecnólogos innovadores, de profesionales creativos capaces de enfrentarse con posibilidades de éxito a los duros retos de la realidad requiere que las cátedras estén en manos de investigadores, no de repetidores. A diferencia de una escuela de oficios, que puede tener currícula fijos, precisos, a través de los cuales se inculcan las destrezas, la universidad debe estar imbuida de autonomía en todos sus niveles y debe educar a todos sus estudiantes en su ejercicio. La universidad no enseña el objeto del conocimiento sino el proceso de su producción, proceso libre y autónomo, creativo e innovador por excelencia.

La vida universitaria debe estar jalonada por esa voluntad para crear y modelar el mundo responsablemente que prepara a ciudadanos libres. Una entidad burocratizada, sometida a reglas que no consultan su realidad, a comités ajenos e inflexibles, es la antítesis de la universidad.

La investigación en la esencia de la universidad

Es común afirmar que las tres tareas clásicas de la universidad son la docencia, la investigación y la extensión, pero son pocas las instituciones universitarias colombianas que han avanzado mucho más allá de su función docente. El puñado de ellas donde comienza a instaurarse la función investigativa permite afirmar que estamos ante un cambio cualitativo que exige la expedición de una nueva legislación. Las universidades en cuya esencia entra fundamentalmente la investigación, la creación del conocimiento, la adaptación de los saberes forjados en otros medios, son las que requieren de autonomía. Ojalá muy pronto muchas más logren incorporar la investigación a lo fundamental de su existencia. Entonces la acción de las verdaderas universidades estará en posición de influir sobre la vida nacional. Entre tanto, hay que distinguir entre las que ya han logrado esta incorporación esencial y las que no han pasado de proclamar en sus estatutos la función investigativa sin trascender el plano de la retórica. Distinguir pero no aislar. La autonomía debe comportar un principio de so-

cialización que conduzca a favorecer el desarrollo de la investigación en las instituciones que decidan hacerlo, generando redes de cooperación que conduzcan a multiplicar en corto plazo aquellas verdaderas universidades de investigación que nos den la capacidad para crear nuestros propios conocimientos, y enfrentar nuestros problemas competente y competitivamente. Sólo así podremos entrar erguidos a la palestra internacional.

La universalidad es fundamento de la universidad

Pero universalidad no es pluralidad, sino compromiso con las preguntas universales. No es saber enciclopédico sino conocimiento de relevancia universal. Lo que diferencia a la universidad de otras instituciones de educación superior es su capacidad para sumergirse en los problemas fundamentales de la humanidad, separarse de la angustia cotidiana, superar lo urgente para abordar lo importante, devenir conciencia y lumbre de la nación. Por eso toda universidad necesita facultades consagradas al desarrollo de las disciplinas, además de aquellas de orientación profesional, facultades de ciencias humanas y de ciencias básicas. Las nuevas tendencias hacia donde debe enrumbarse la universidad colombiana como promotora de conocimiento y cultura, como parte fundamental de la modernización del país, la conducen inevitablemente a la integración de esfuerzos entre disciplinas y profesiones alrededor de problemas complejos y de soluciones globales.

¿En qué consiste la diferencia entre universidades públicas y universidades privadas?

La Constitución no diferencia entre posibles tipos de universidades; en particular, no diferencia entre universidades públicas y privadas, en cuanto a ambas les otorga autonomía. Si luego se preocupa por anunciar un régimen especial para las universidades públicas, es porque éstas son entidades estatales, sometidas al derecho público, y requieren de un régimen especial —entre las ins-

tituciones públicas— que les permita desarrollar su derecho de autonomía.

Doctorados

En el debate de los últimos meses se ha planteado la posibilidad de usar la capacidad para ofrecer doctorados como una de las características que definirían a una universidad de investigación. Compartimos esta posición, siempre y cuando comience por definir cuidadosamente lo que es el doctorado y se tomen las medidas necesarias para asegurar que un título doctoral expedido en Colombia sea equivalente a los que expide cualquier universidad del mundo. Se requiere un referente internacional a la par que uno nacional. Resultaría peligroso dejar al arbitrio de la junta directiva del Icfes, o de cualquier otro organismo, la definición del doctorado, pues éste podría entonces alterar la esencia de la ley.

El doctorado es un programa orientado a *formar investigadores* y a formarlos según el más viejo procedimiento que conoce Occidente: colocarlos al pie de un maestro experimentado, de un investigador curtido, a trabajar el tiempo suficiente para que realicen una investigación propia, enuncien a partir de ella una tesis original y la sustenten públicamente.

El doctorado es cualitativamente diferente al magíster. Un doctorado no es un magíster que crece. Colombia ha tratado en vano de formar investigadores en los magíster, con dos consecuencias igualmente trágicas. En muchos casos se ha quedado corta y se ha deformado la imagen de la investigación, haciéndola pasar por algo que se puede aprender cursando unas cuantas asignaturas durante los fines de semana y haciendo una monografía remedo de investigación. En otros casos, se han organizado verdaderos trabajos de investigación que exigen del estudiante dedicación completa durante bastante más de dos años. En estas ocasiones la formación comienza a parecerse a la doctoral y se estafa al estudiante entregándole un título de magíster que internacionalmente apenas lo habilita para *comenzar* un doctorado.

El doctorado exige la existencia previa de un grupo de investigación consolidado que se encuentre produciendo activamente

resultados relevantes a nivel internacional. Es un programa que se debe validar internacionalmente, por pares de los investigadores nacionales. En nuestro medio hay grupos maduros, capaces de sustentar formación doctoral a buen nivel, pero posiblemente ninguna universidad tiene un número suficiente de ellos para soportar por sí sola un programa doctoral. Por ello es preferible estudiar mecanismos de cooperación entre las distintas universidades del país —sin distinción entre públicas y privadas— que tienen tales grupos, para lograr niveles verdaderamente formativos. También es urgente pensar en la cooperación entre estos grupos y los de universidades extranjeras con los cuales se pueda adelantar trabajos conjuntos y hasta doctorados “sandwich”.

EL SISTEMA NACIONAL DE UNIVERSIDADES

El conjunto de universidades del país requiere ciertos patrones comunes, requiere cierta complementariedad. En la cuestión más elemental, la formación profesional, los títulos que otorgue una universidad se deben poder equiparar a los de la misma denominación otorgados por cualquier otra. Esto exige una mínima identidad curricular, unos objetivos compartidos en las dos carreras, unos sistemas de evaluación equivalentes, una intercomunicación entre todas las universidades del país que ofrezcan este título.

Los diplomas obtenidos en cualquiera de ellas deben ser igualmente buenos para ingresar al posgrado en otra cualquiera y, sobre todo, para que sus egresados viajen al exterior a continuar estudios. Esto exige la sujeción a unas mínimas reglas internacionales y agudiza la exigencia sobre el nivel de comunicación interuniversitario.

No sólo los egresados deben tener títulos equivalentes. Los estudiantes que por cualquier razón deseen o necesiten cambiar de universidad, deberían tener facilidades para hacerlo, al menos en ciertas etapas de la carrera. El sistema de relativa inmovilidad universitaria es bastante ineficaz, y el establecimiento de condiciones que faciliten el intercambio de estudiantes en las carreras es fundamental. Con mayor razón lo es para el caso de los profesores. La importancia de tener buenas universidades y las dificult-

tades de este proceso son lo suficientemente grandes como para que se convierta en una estrategia esencial el aprovechar al máximo las posibilidades que una de ellas haya acumulado, de tal manera que, a través de sanos mecanismos de cooperación, intercambien profesores, estudiantes y equipos y pongan las unas al servicio de las otras instalaciones tales como granjas, plantas piloto, etcétera.

En los posgrados, la necesidad de facilitar los esquemas de cooperación es aun mayor. No es sensato ni económico que cada universidad deba generar toda la infraestructura de investigación que requiere un posgrado académico. No tiene sentido que Colombia pretenda tener equipos de investigación completos en todas las áreas de cada disciplina en cada universidad. Lo razonable es compartir esfuerzos y recursos. Que los estudiantes matriculados en una universidad puedan tomar algunos de los cursos en otra, sea a través de mecanismos de intercambio de estudiantes, sea a través de intercambio de profesores. Los equipos de investigación que el Estado otorga a un grupo en una universidad — sea ésta pública o privada— deben estar —en condiciones adecuadas, que garanticen su conservación y óptimo uso— a la disposición de todas las demás universidades, tanto para la docencia como para la misma investigación.

En el caso de los doctorados —que definen a las universidades en el pleno sentido de la palabra—, el requisito de intercomunicación no admite discusión. Todos los estudios⁴ hechos por expertos nacionales e internacionales subrayan la necesidad de que

4 El tema de los doctorados ha sido ampliamente estudiado y comentado en Colombia en los años recientes, tal vez más que ningún otro tema universitario. El libro sobre el tema editado por Jorge Hernán Cárdenas y publicado por la Universidad Nacional de Colombia y Tercer Mundo se hace referencia obligada antes de hablar sobre el tema. Contiene las memorias del "Seminario de la Fontana" en el cual rectores de seis universidades colombianas y expertos en doctorados de Norteamérica, Europa, Asia y América Latina analizaron el tema en profundidad. Es también imprescindible consultar las memorias de los dos eventos alrededor del tema que organizó el Icfes en 1991 y las decisiones que de ellos se siguieron, así como las memorias del "Primer Simposio del Programa Nacional de Ciencias Básicas", enero de 1992, que también trabajó sobre el tema.

los doctorados —en Colombia, como en muchos otros países— se hagan a través de consorcios o de cualquier otra forma de colaboración con universidades nacionales o extranjeras.

La investigación —indispensable en toda universidad—, demanda aún más la cooperación mutua. Los laboratorios y otras instalaciones complejas de investigación deben ser utilizados en red por todos los grupos que trabajan sobre un tema dado, independientemente de la universidad particular en la cual queden instalados.

En resumen, al pasar a universidades maduras, capaces de incidir en la vida nacional, que respondan a patrones internacionales y estén comprometidas en el indispensable proceso de generación del conocimiento, se hace indispensable un *sistema de vasos comunicantes* que permita la interacción y el intercambio entre ellas. Si utilizamos esta expresión es para sugerir la idea de que el sistema debe respetar las individualidades de cada una de ellas y permitir la cooperación, pero también la libre y estimulante competencia. Un sistema de normas rígidas, centrales, al arbitrio de un grupo de funcionarios sería opuesto a la flexibilidad y capacidad de adaptación que requieren las universidades modernas. Pero la única alternativa posible a esta camisa de fuerza no es un conjunto anárquico en el cual cada entidad siga sus propias normas y pretenda ser autosuficiente conceptual y materialmente. Un sano sistema de intercambio de estudiantes, profesores y recursos materiales, la posibilidad de validar en una las asignaturas cursadas en otra, un esquema de equivalencias nacionales e internacionales —y por lo tanto un mecanismo de acreditaciones—, una adecuada información, ampliamente difundida, sobre lo que hacen unas y otras, se tornan indispensables. Estos son los objetivos en busca de los cuales debe construirse el Sistema Colombiano de Universidades.

Que no tiene por qué ser Sistema Colombiano de Instituciones de Educación Superior, puesto que para instituciones que no desarrollen investigación ni tengan posgrados, cuyos egresados no aspiren a viajar al exterior a continuar estudios y cuya enseñanza se oriente, fundamentalmente, a la capacitación en ciertos oficios y no a la formación superior, no son aplicables los argumentos desarrollados anteriormente.

EL PROFESORADO UNIVERSITARIO

La calidad de la universidad depende en forma definitiva de la calidad de sus docentes. Los mejores currícula, el más moderno equipo, las más adecuadas instalaciones e incluso los estudiantes mejor seleccionados en el proceso de admisión son inútiles en manos de un profesorado mediocre.

Los cambios cualitativos en la universidad más importantes en el último medio siglo en Colombia estuvieron relacionados con la aparición y generalización del profesorado de tiempo completo, de grupos de gentes consagrados enteramente a la tarea universitaria. Esto permitió el nacimiento de la investigación y abrió la posibilidad de cuestionar y, en algunos casos, superar el viejo modelo de la universidad profesionalizante.

Sin embargo, los desarrollos posteriores han sido limitados y no han mantenido el ritmo de progreso inicial.

Muchas instituciones de educación superior mantienen nóminas casi completas de profesores de cátedra, que no pueden desarrollar investigación y cuya relación con el conocimiento es la empírica que da la práctica, carente de conceptos generalizadores y potenciadores que preparen al estudiante para ir más allá de los libros de texto.

Entre aquellas que generaron profesorados de tiempo completo se encuentran también fallas importantes. La estabilidad laboral, no ligada a esquemas de rendimiento académico, los esquemas incompletos y mal orientados de evaluación, el bajo nivel de exigencia han tendido en muchos casos a producir un profesorado burocratizado y anquilosado. Quienes jalonan el progreso y han alcanzado reconocimiento nacional e internacional por sus ejecutorias científicas y académicas lo han hecho más por iniciativa propia que por haber sido estimulados a ello por un ambiente adecuado en su relación laboral con la universidad.

Para la nueva universidad que requiere Colombia, el primer requisito es asumir a fondo el compromiso de lograr el cuerpo docente adecuado para ello: formado al más alto nivel, comprometido a fondo con la creación, distribución y socialización del conocimiento, imbuido del *ethos* académico y en diálogo e inte-

racción abiertos y fecundos con los demás sectores de la sociedad. Esto requiere no sólo la reproducción del esfuerzo hecho hace un cuarto de siglo para formar a nivel doctoral a un número grande de docentes sino, y sobre todo, de generación de mecanismos internos que den verdadero sentido a la carrera docente, que propicien la constitución de equipos de jóvenes que se incorporen como auxiliares de los profesores experimentados, que fomenten la relación docencia-investigación a través de seminarios y cátedras bien organizadas, que se apoyen en el principio de la evaluación periódica académica y pública, que generen estímulos con bases "meritocráticas".

Profesores cuya relación con el conocimiento sea exclusivamente libresco no podrán formar las nuevas generaciones que requiere el país, las que puedan impulsar los cambios culturales, colocarse en la frontera del conocimiento, asimilar las más modernas tecnologías y generar la actitud innovadora, indispensable para el mundo moderno. Esto sólo pueden hacerlo grupos comprometidos fuertemente con la generación del saber, capaces de interactuar fecundamente con sus pares a escala internacional, que se mantengan al tanto y participen en los emprendimientos de frontera en sus campos respectivos.

El papel de la investigación es crear una atmósfera, unos patrones de comportamiento, un proyecto de vida. Es esto lo que nos obliga a erigir en meta para alcanzar en muy corto plazo el que todo profesor universitario desarrolle una tarea investigativa, se vincule a la actividad creadora, haga de la investigación parte integral e importante de su trabajo. Y sepa vincularla a las grandes problemáticas del país y hacer que sus desarrollos tengan incidencia real en la vida nacional. La universidad autista en la cual los investigadores trabajan en problemas desconectados del entorno es casi tan nociva como aquella fundada en el saber libresco.

Acción sobre la realidad implica trabajo interdisciplinario. Los problemas cotidianos no pertenecen a una profesión o disciplina. La realidad no se ordena a la manera de los currícula. Por lo tanto una universidad madura tiene grupos de investigadores dedicados a los problemas tecnológicos, agrarios, sociales, de salud humana o animal, de organización de la sociedad, trabajando

hombro con hombro con quienes se plantean las preguntas más fundamentales, que dan basamento a la acción aplicada. Tiene, por lo tanto, facultades de ingeniería, de ciencias agropecuarias, de ciencias sociales o de ciencias de la salud cuyos profesores-investigadores colaboran íntimamente con los de las facultades de ciencias y de ciencias humanas. Un ingeniero contemporáneo que quiera ser competitivo, requiere estar en la frontera de la tecnología; un agrónomo actual debe manejar la biotecnología tanto o más que las técnicas tradicionales; un médico debe comprender la biología molecular y la biofísica o condenarse a usar sus cajas negras según el manual del fabricante⁵.

No obstante, en la universidad colombiana se ha instalado desde hace muchos años la concepción de que es posible enseñar las ciencias sociales, las humanas, las exactas y las naturales leyendo libros de texto y recitándolos o poniéndolos en escena en un laboratorio frente a los estudiantes. El resultado es una relación alienada y alienante con el conocimiento, un rechazo mecánico a la teoría⁶, un profesional alejado de las dinámicas de la creación y la innovación, un repetidor de recetas condenado a ir varios años a la zaga de quienes desarrollan el conocimiento.

Se necesitan varias medidas, entre las cuales destacan la forma de relación laboral del docente —su jornada laboral—, los

- 5 "La mejora en la calidad de vida y en la competitividad de la industria no pueden lograrse sólo gracias a la compra de tecnología. Las industrias de punta de hoy como la biotecnología, los nuevos materiales, la informática o la electrónica, y aun las verdaderas innovaciones en las industrias manufactureras clásicas requieren antes que todo de excelentes conocimientos en biología, química, física y matemáticas". Presidencia de la República y Departamento Nacional de Planeación: *La Revolución Pacífica, Plan de Desarrollo Económico y Social 1990-1994*. Santafé de Bogotá, septiembre 4 de 1991.
- 6 Mucho daño ha hecho la concepción que confunde la "teoría" con ese saber libresco, desconectado de toda práctica real. Por esa confusión y el justo rechazo que inspira, generaciones enteras de colombianos se han negado a sí mismos el derecho al pensamiento generalizado, a los grandes conceptos unificadores, al seguimiento del desarrollo de las fronteras del movimiento de la razón humana. Nos hemos alejado del pensamiento útil, potente, capaz de cambiar la realidad, por haber confundido la teoría con la erudición escolástica. Una tarea importante es la reivindicación del pensamiento teórico, de esa capacidad de observar atentamente para comprender qué está en la base de la civilización occidental.

requisitos de admisión, los sistemas de evaluación, los esquemas de promoción y premiación de la actividad docente, entre otros. Estos temas son propios de un estatuto docente, pero una legislación universitaria debe plantear sin equívocos las metas que el estatuto debe buscar.

Como mínimo, debe exigirse el ingreso al cuerpo docente por concurso abierto, debe ofrecerse la estabilidad laboral ligada a la evaluación periódica del rendimiento académico en procesos controlados por los pares. Aunque debería generalizarse a todos los niveles, al menos para los posgrados —y sin duda para los doctorados— debería exigirse que los mecanismos de evaluación del trabajo de los docentes involucraran la participación de la comunidad científica internacional.

Estos requisitos llevarían, sencillamente, a que la universidad colombiana comenzara a cumplir con estándares internacionales, pues no son más que los principios —concretados de manera muy diversa en la normatividad propia de cada país o institución— con los cuales funciona la universidad en la mayoría de los países que han logrado incorporarlos creativamente a su devenir social.

LA ESTRUCTURA ACADEMICO-ADMINISTRATIVA

Es importante también repensar el organigrama de las universidades. De la facultad que rigió antes de 1960 pasamos a unos departamentos imitados de los de la universidad norteamericana, pero que muchas veces no fueron más que una facultad rebautizada o una carrera mal nombrada. Hoy es claro que todo el aparato administrativo de planes o carreras y departamentos está consagrando una rutina administrativa que gravita pesadamente sobre la vida académica. La lógica de lo burocrático se ha vuelto factor determinante de las actividades científicas y académicas que constituyen —éstas sí— la misión de la universidad, imposibilitando que desplieguen sus propias lógicas.

Los grupos de investigación dinámicos, los verdaderos vectores de las innovaciones educativas, se han visto constreñidos a seguir los dictámenes de una administración casi siempre conservadora e inerte. La rutina docente-profesionalizante es un obs-

táculo simétrico al administrativo. Cumple la misma función: se vuelve yugo que rige con lógica no-académica todas las actividades universitarias.

Los departamentos fueron tal vez una idea buena, un esfuerzo modernizador en los días del informe Atcon, pero esta iniciativa se pervirtió, porque en vez de lugares de cultivo de una disciplina se convirtieron en feudos de protección de un gremio. No es raro que en los concursos docentes para ingresar a un departamento sea más importante tener el diploma de la cofradía que haber hecho aportes importantes a la disciplina en cuestión.

No tendremos verdaderas entidades autónomas mientras ellas no sean autónomas en su propio funcionamiento interno. Se trata de que los grupos académicos, los grupos científicos, los grupos comprometidos con el avance del conocimiento puedan trabajar tranquilamente, sin tener que acomodarse continuamente a los dictámenes de una administración que generalmente no deriva su poder de la autoridad académica sino de la razón burocrática.

Hay que crear otra estructura académico-administrativa que dé la palabra y conceda autonomía a los grupos consolidados de investigación, sintonizados con los mejores desarrollos del mundo contemporáneo; darse libertad para la organización ágil y flexible en centros e institutos, en grupos, cátedras y seminarios y en otras formas novedosas que, a la par, permitan la movilidad temática en la investigación.

La universidad también debe dar un respiro a sus habitantes: desinstitucionalizar la maraña existente, los feudos y las territorialidades, fomentar la interdisciplina y la transversalidad, desregularizar internamente los procesos de ejecución de actividades de ciencia y tecnología, como lo hizo el país. De lo contrario, los procesos innovadores corren el riesgo de perecer ahogados, en el marco de rutinas concebidas para muy distintas situaciones.

Las nuevas tendencias hacia donde debe enrumbarse la universidad colombiana como promotora de conocimiento y cultura, la conducen inevitablemente a la integración de esfuerzos entre disciplinas y profesiones alrededor de problemas complejos y de soluciones globales, superando las viejas barreras gremiales de la escuela profesional de antaño.

The history of the United States is a complex and multifaceted story that spans centuries. It begins with the early Native American civilizations, such as the Mayans, Aztecs, and Incas, who developed advanced societies in Mesoamerica and the Andes. The arrival of European explorers and settlers in the late 15th and early 16th centuries marked the beginning of a new chapter in the continent's history. The Spanish, French, and British established colonies and territories across North America, leading to a period of intense competition and conflict.

The American Revolution (1775-1783) was a pivotal moment in the nation's history, as the thirteen original colonies declared their independence from British rule. The signing of the Declaration of Independence in 1776 and the subsequent adoption of the U.S. Constitution in 1787 laid the foundation for the new nation. The early years of the republic were marked by political instability and the struggle to define the role of the federal government.

The 19th century was a period of rapid expansion and growth for the United States. The westward movement of settlers, facilitated by the discovery of gold and silver, led to the acquisition of vast territories. The Civil War (1861-1865) was a defining moment in the nation's history, as it resolved the issue of slavery and preserved the Union. The Reconstruction era (1865-1877) followed, as the nation sought to rebuild and integrate the newly freed African American population.

The 20th century was a period of significant social and political change. The Progressive Era (1890s-1920s) saw the rise of reform movements that sought to address social and economic inequalities. The Great Depression (1930s) and World War II (1941-1945) were major events that shaped the nation's identity and global influence. The Civil Rights Movement (1950s-1960s) led to the passage of landmark legislation, such as the Civil Rights Act of 1964, which sought to end racial discrimination.

The Vietnam War (1955-1975) and the Watergate scandal (1972-1974) were major events that challenged the nation's leadership and trust in government. The 1980s saw the rise of the Reagan Revolution, which emphasized free-market economics and a strong national defense. The end of the Cold War (1991) and the September 11 attacks (2001) were defining moments in the 21st century, leading to a new era of global challenges and international relations.

este libro se terminó de imprimir
en diciembre de 1992
en los talleres de tercer mundo editores,
santafé de bogotá, colombia,
apartado aéreo 4817

Este libro recoge las convocatorias que el equipo de Colciencias, haciendo eco al llamado del presidente Gaviria a los científicos e ingenieros colombianos, preparó durante 1992, para movilizar a los investigadores y a los empresarios a reflexionar acerca de las tendencias mundiales de la investigación y de la política nacional de ciencia y tecnología. Se trata de una invitación a la investigación y al despliegue de la creatividad en el campo científico, particularmente dirigida a la juventud colombiana. La forma en que los documentos iniciales se enriquecieron con la participación de la comunidad científica colombiana a través del proceso de consulta que se dio durante este año, quedará recogida en una colección de diez volúmenes que serán publicados a comienzos de 1993.

ISBN 958-9037-23-2



COLCIENCIAS