

PROGRAMAS
NACIONALES
DE CIENCIA Y
TECNOLOGIA

LA CONQUISTA DE ESPACIOS PARA LA CIENCIA

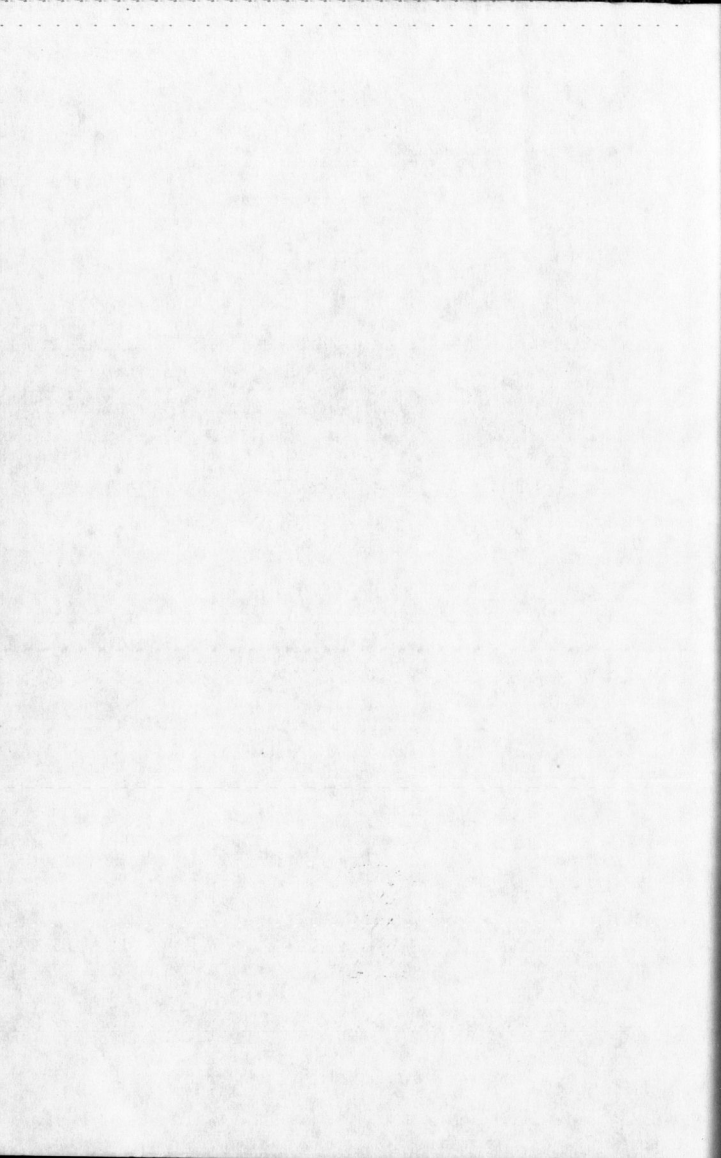
BASES PARA UN PLAN DEL PROGRAMA NACIONAL
DE CIENCIAS BASICAS



PROGRAMAS

Once Programas Nacionales conforman en la actualidad el sistema nacional de ciencia y tecnología: CIENCIAS BÁSICAS, CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS, BIOTECNOLOGÍA, ESTUDIOS CIENTÍFICOS DE LA EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LA SALUD, CIENCIA Y TECNOLOGÍAS AGROPECUARIAS, ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES E INFORMÁTICA, MEDIO AMBIENTE Y HÁBITAT, DESARROLLO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL Y CALIDAD, CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL MAR, y el PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN ENERGÍA Y MINERÍA. Cada uno de estos Programas se ha concebido como un ámbito de preocupaciones científicas y tecnológicas estructurado por objetivos, metas y tareas fundamentales que se materializan en proyectos y otras actividades complementarias. Los Programas Nacionales son orientados por un Consejo de Programa, integrado por investigadores, miembros del sector privado y funcionarios del Estado. Los Consejos definen políticas, planean, consiguen y distribuyen recursos.

Durante su primer año de funcionamiento, los Consejos realizaron una amplia convocatoria que movilizó a más de 600 personas en la elaboración de análisis prospectivos y planes estratégicos. El resultado de este trabajo se recoge en esta serie de libros, que representa la más importante participación colectiva de la comunidad científica colombiana, los empresarios y responsables del desarrollo tecnológico y la política científica, en la organización de su acción y la planeación de su propio devenir.



COL.
00701
Cj. 1

Programas nacionales de ciencia y tecnología

LA CONQUISTA DE ESPACIOS PARA LA CIENCIA

BASES PARA UN PLAN DEL PROGRAMA NACIONAL DE
CIENCIAS BÁSICAS



COLCIENCIAS



Coordinación general de la edición:
Myriam Henao W.

Coordinación de este volumen:
Luis Carlos Arboleda
Virgilio Niño

Cubierta: Camila Costa

Primera edición: septiembre de 1993

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

ISBN: 958-9037-25-9 (obra completa)

ISBN: 958-9037-26-7 (volumen *La conquista de espacios para la ciencia*)

Edición, impresión y encuadernación: Tercer Mundo Editores

Impreso y hecho en Colombia
Printed and made in Colombia

27-01-92

CONSEJEROS DEL PROGRAMA NACIONAL DE
CIENCIAS BASICAS
QUE PARTICIPARON EN ESTA CONVOCATORIA
(1992)

Clemente Forero Pineda - Director Colciencias, Presidente del Consejo
Armando Montenegro - Jefe Departamento Nacional de Planeación
José Luis Villaveces - Subdirector Programas Ciencia y Tecnología Colciencias
Myriam Henao W. - Icfes
Sergio Fajardo - Investigador
Alicia de Mesa - Investigadora
Hans Jurgen Meyer - Investigador
William Ponce - Investigador
Marco Quijano - Investigador
Gabriel Poveda - Sector productivo
José Fernando Isaza - Sector productivo

SECRETARIA TECNICA Y ADMINISTRATIVA DEL PROGRAMA
Luis Carlos Arboleda, Jefe del Programa, Colciencias ✓

RECONOCIMIENTOS

Colciencias agradece la participación y el apoyo de la Universidad del Valle, al Simposio del Programa Nacional de Ciencias Básicas.

CONTENIDO

Prefacio	IX
Presentación	XI

Capítulo 1

PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIAS BASICAS 1

Capítulo 2

PROPUESTAS PARA UN PROGRAMA NACIONAL EN CIENCIAS BASICAS 21

Introducción	21
Las ciencias básicas	22
<i>Carlos Corredor</i>	
Una reflexión acerca del futuro de las ciencias básicas en Colombia	46
<i>Sergio Fajardo</i>	
Hacia el desarrollo de las ciencias básicas en Colombia	59
<i>Virgilio Niño C.</i>	
Las ciencias básicas para Colombia, el y su futuro	92
<i>Marco Quijano Rico</i>	
Programa de ciencias básicas	109
<i>Emilio Yunis T.</i>	

Capítulo 3

SIMPOSIO DEL PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIAS BASICAS 121

Introducción	121
--------------	-----

VIII LA CONQUISTA DE ESPACIOS PARA LA CIENCIA

Comunidad científica y disciplinaria de las ciencias básicas	122
<i>Jaime E. Galarza Sanclemente</i>	
Comentarios a los ensayos sobre las ciencias básicas	125
Ponencias internacionales (resumen)	156
Temas de reflexión del Simposio (relatorias)	158
Criterios para la selección de temas de investigación	158
Los doctorados en Colombia	163
Grupos, redes, comunidades y su marco institucional	166
La investigación en ciencias básicas y su asociación con los sectores de la producción y las necesidades sociales	168
Conclusiones generales	171
Comentarios finales	173
<i>Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas a la comunidad científica</i>	

ANEXOS 181

Anexo 1. Informe del coordinador del Simposio del Programa Nacional de Ciencias Básicas	181
<i>Alvaro Pantoja</i>	
Anexo 2. Preguntas mundanas a los científicos colombianos	183
<i>Gabriel Poveda Ramos</i>	
Anexo 3. Proyectos de investigación del Programa Nacional de Ciencias Básicas, en ejecución	187
Anexo 4. Participantes en el Simposio del Programa Nacional de Ciencias Básicas	190

PREFACIO

Estos libros son el fruto de uno de los más ricos experimentos de planeación participativa que se haya realizado en Colombia y, en tal sentido, una valiosa contribución de la comunidad científica colombiana a la construcción de nuevas formas de interacción entre los ciudadanos.

A lo largo de 1992, más de 1 400 personas entre investigadores, empresarios, invitados de otros países y funcionarios de las distintas ramas del gobierno participaron en esta empresa. Se trataba de orientar las actividades de ciencia y tecnología del país, y a la vez de comprometer las voluntades de nuestros investigadores alrededor de grandes emprendimientos nacionales. Muchos participantes no se conocían entre sí, a pesar de trabajar en temas muy cercanos. La hipótesis de la desarticulación de la actividad científica en Colombia, planteada como problema central por la Misión Nacional de Ciencia y Tecnología en 1990, fue verificada, pero este ejercicio comenzó a derrumbarla.

La comunidad en gestación se sorprendió ante la disposición al concierto de las voluntades de sus miembros alrededor de los criterios y estrategias globales. Los diagnósticos generales se compartían. Pero la diversidad de los puntos de vista y de las propuestas adelantadas, le daba vida y movimiento a la faena planificadora.

Las discusiones adelantadas fueron interdisciplinarias, como interdisciplinarios son los programas de ciencia y tecnología. La riqueza de una fertilización cruzada de las ideas es el principal resultado de esta concepción.

Cada uno de los libros de esta serie se ofrece como una macro-convocatoria para movilizar a los investigadores, a los gestores del desarrollo, a los estudiantes y a todos los interesados hacia el avance del conocimiento por los derroteros de investigación que se proponen para los programas. También se invita en estos libros a que estos actores participen en la planeación y la prospectiva continuas del ámbito del conocimiento que cubre cada programa.

El proceso se inició invitando a un grupo de investigadores, empresarios y educadores a elaborar los documentos orientados de la consulta. Se les pidió imaginar que tenían frente a ellos a un estudiante deseoso de definir un tema de tesis y que, en vez de responderle en forma directa, el maestro se tomaba el trabajo de dar la vuelta completa para analizar todas las grandes opciones de la investigación del programa. En algunos casos, un ejercicio imaginario se construyó simulando la situación de un inversionista consciente del valor de invertir en investigación, pero sin saber precisamente en qué tipo de proyecto. Estos documentos iniciales fueron repartidos muy ampliamente entre la comunidad, provocando valiosas reacciones, muchas de las cuales se han incluido en estos volúmenes. Documentos y comentarios fueron la materia prima de las discusiones de los simposios. El equipo de Colciencias preparó, apoyándose en estas contribuciones, su propia propuesta de orientación para el programa y la sometió a discusión de los participantes en estas reuniones, que se hicieron en los más diversos lugares de la geografía nacional, con el objeto de que sirvieran para dinamizar la reflexión sobre la ciencia en las regiones.

La propuesta resultante de esta interacción no es una sola, ni totalmente articulada. La diversidad de las visiones se recoge como un conjunto de invitaciones que se ofrecen a los investigadores colombianos, a veces como complemento unas de otras, otras como opciones alternativas.

Estos libros contienen diagnósticos, planes e interpretaciones, pero, sobre todo, son un esbozo de la reflexión estratégica colectiva de nuestra comunidad científica y el primer paso en un proceso vivo de planeación de la ciencia y la tecnología en nuestro país.

Clemente Forero Pineda
Director de Colciencias

PRESENTACION

En las sociedades latinoamericanas, desde hace ya algunas décadas, hemos comprendido y reconocido que las ciencias básicas, además de constituir el fundamento de los procesos de innovación tecnológica, representan el sendero más apropiado para viabilizar el ingreso a la modernidad de nuestra sociedad.

En Colombia se han puesto en marcha políticas de apertura y modernización que reposan en el principio de que la inserción al mercado mundial de nuestra economía debe estar fundamentada en el conocimiento y la creatividad. Educación e investigación constituyen la verdadera riqueza de las naciones.

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

Las industrias basadas en las llamadas tecnologías de punta y las verdaderas innovaciones en industrias clásicas requieren antes que todo excelentes conocimientos en ciencias básicas y capacidad creativa.

Aceptar y reconocer el papel fundamental de la investigación en ciencias básicas, así como la necesidad de efectuar cambios profundos en el sistema educativo son pasos que conducen hacia el desarrollo de la capacidad de innovar, pensar y participar inteligentemente en los procesos de generación de conocimiento.

Jóvenes entusiastas y brillantes, profesores, investigadores y administradores deben decidirse a dar un paso más, tan grande como el anterior, para incorporar el conocimiento y la creatividad en su vida como individuos y como arma para acelerar y cimentar nuestro ingreso a la modernidad. Estos puntos deben ser tenidos en cuenta por aquellos que tienen la responsabilidad de trazar los lineamientos y políticas de desarrollo de nuestra sociedad.

Las anteriores consideraciones unidas al proceso de reflexión que ha sostenido el Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas en el transcurso de este año y a la acumulación de aportes significativos para la orientación prospectiva del área generados por el Simposio que convocó a la comunidad disciplinaria del país, ha dado lugar a que el Programa de Ciencias Básicas esté orientado a crear y consolidar grupos y redes de investigación capaces de seguir el ritmo del desarrollo del conocimiento, capaces de producir conocimiento y de influir en el desarrollo académico universitario.

Para el logro de este propósito se ha motivado y facilitado la movilidad de científicos, con el fin de que puedan interactuar fuertemente con sus pares en el país y en el exterior, específicamente para aquellos grupos que han alcanzado un buen grado de desarrollo y para los grupos que se están gestando o que aún no han alcanzado el grado de desarrollo suficiente, se están diseñando estrategias, algunas de las cuales basadas en el apoyo que puedan brindar grupos más fuertes. Estas son formas de lograr la inserción de nuestra ciencia en el concierto mundial.

Además, se ha propiciado que los grupos puedan influir en el desarrollo académico, universitario y en la cultura. Cuando sea viable se incentivará la interacción con el sector privado.

Como se explica en la presentación general a la serie, este libro recoge los resultados del proceso de consulta y reflexión iniciado con la creación del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, apoyado en la participación activa de la comunidad científica y en las deliberaciones del Consejo del Programa.

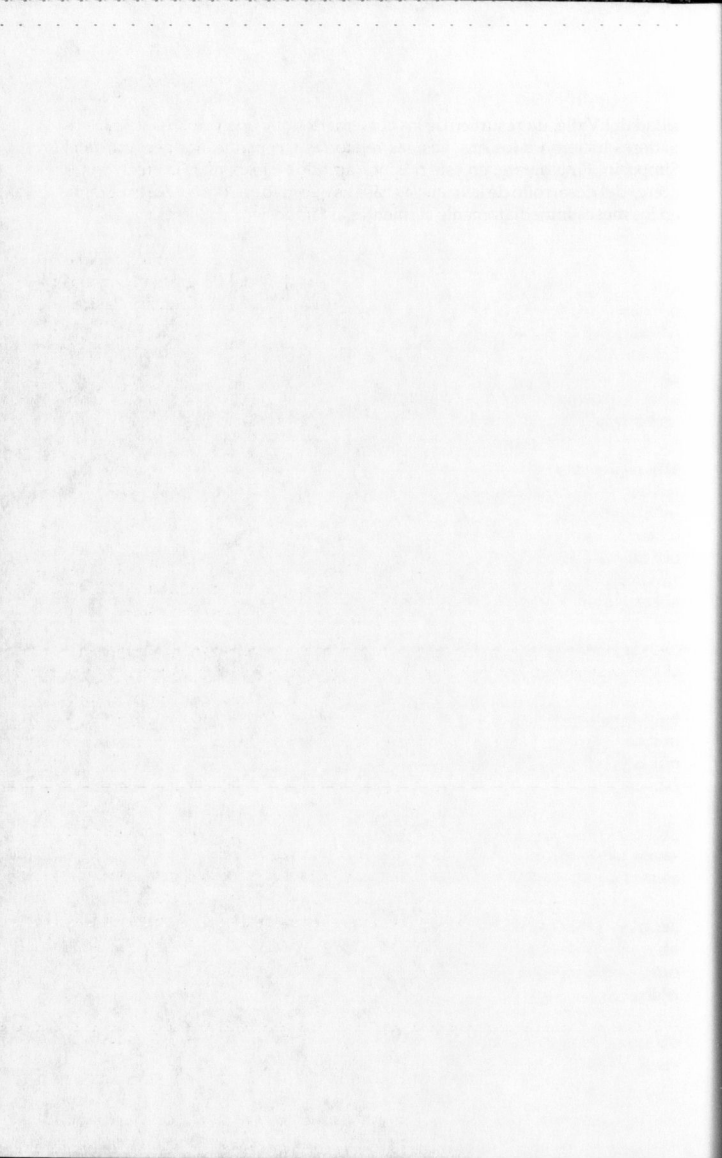
El primer capítulo contiene la convocatoria general para un plan de acción, que Colciencias ha propuesto a la comunidad científica, la cual está encaminada al desarrollo de las ciencias básicas y señala el marco de las acciones que el programa ha venido desarrollando.

El segundo capítulo presenta los ensayos escritos por cinco investigadores, cada uno desde su propia perspectiva, sobre lo que debería ser un plan de acción para el Programa. Estos documentos, además de haber servido como referencia para el documento de Colciencias, fueron la base para la discusión durante el Simposio.

El tercer capítulo contiene una síntesis del desarrollo del proceso de consulta y del Simposio: el discurso de inauguración del rector de la Univer-

sidad del Valle, un resumen de los comentarios que una veintena de investigadores hicieron a los ensayos, las relatorías y conclusiones generales del Simposio. Finalmente, en este mismo capítulo se presentan las reflexiones acerca del desarrollo de las ciencias básicas que hizo el Consejo del Programa en los meses inmediatamente siguientes al Simposio.

Virgilio Niño
Jefe del Programa Nacional
de Ciencias Básicas



Capítulo 1

PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIAS BÁSICAS

EL NUEVO ENTORNO DE LAS CIENCIAS BÁSICAS EN COLOMBIA¹

“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”².

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 éste 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 ya no se funda, como en el pasado, en la combinación de capital, tierra y trabajo que sustentó la revolución industrial en

-
1. Documento Institucional presentado por Colciencias en el Simposio del Programa Nacional de Ciencias Básicas. Buga, enero de 1992.
 2. Prólogo al libro *Ciencia y tecnología para una sociedad abierta*, Colciencias y Departamento Nacional de Planeación. Bogotá, Tercer Mundo Editores. 1991 p. iv.

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 para 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. Infortunadamente, 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 teórica³. Esta mentalidad se originó en los primeros momentos de nuestra historia republicana donde 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 traspuso 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 ahí a percibirla como magia no hay más que un paso, que se ha dado con facilidad, impidiendo nuestro acceso a la modernidad⁴.

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

3. 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.

4. Los tres trabajos que publicó la Misión de Ciencia y Tecnología sobre el tema de la modernidad en la parte 2 del 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. 535-560 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 realizó para Colciencias, como preparativo a la formulación del Plan de Ciencias Básicas.

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 el que más afanosamente buscamos ingresar en la modernidad y en 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 e integrar 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 formación de una comunidad científica altamente calificada, con dominio y capacidad de acción sobre el saber". Así mismo, 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 *fuerza 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 excelentes conocimientos en biología, química, física y matemáticas"⁵.

La política oficial 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 ante todo, la confianza de las naciones en el poder de

5. Presidencia de la República y Departamento Nacional de Planeación. *La revolución pacífica. Plan de Desarrollo Económico y Social 1990-1994*. Santafé de Bogotá. p. 444.

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 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 100 años, como indispensables para el desarrollo económico y tecnológico del país; para la apertura y la entrada en el 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 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 inteligencia: tal es, por tanto, el lema de la Ilustración"⁶.

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 sostenido de autodeterminación social, cultural y económico. Desde la colonia hubo núcleos importantes que las

6. Kant, E. *Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung*. 1784.

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 cognoscitivo 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 de las ciencias básicas. No obstante, puede afirmarse que, después de todos estos nobles esfuerzos, es sólo en la década del 60 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 postgrado en el exterior en estas disciplinas, el establecimiento de la dedicación de profesor universitario de tiempo completo, el establecimiento de los primeros postgrados 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 25 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 con-

vivir durante todo este cuarto de siglo con mayorías de *profesores* consagrados a la repetición de libros que han empeñado y dificultado el desarrollo y que constituyen aún 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 el 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 trizas las viejas clasificaciones de métodos y teorías, sino que se renovó en un 80% 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 fisicoquímico 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, etcétera. El avance de estas investigaciones está asociado a la intervención a las mismas de refinadas 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 100 diferentes. La hermosa *armonía de las octavas* evidente en la tabla periódica sugirió una estructura interna y partículas más fundamentales que llevaron en los primeros 30 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 el decenio del 60, 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 relevarnos la estructura 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 *textum non datur* o la síntesis de molécula por molécula en estados precisos de energía gracias a la fotoquímica con láser trascienden a las más especulativas de las novelas de ciencia y 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 no se puede transformar nuestro carbón en productos que compitan con las fibras que preparan los japoneses y como si fuera poco 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, la 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 la matemática, 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 valiosos 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 refinadas 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 la técnica cuántica, o la biotecnología que requiere la biología y la genética moleculares se citan como ejemplo. Muchas 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*, al ejercicio libre de la facultad de conocer, al placer casi estético unido a cada logro, al 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 refiere 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 conduzcan 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 por casualidad 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 que pretende 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 ambiente, la climatología, las ciencias de la tierra, la biodiversidad, etcétera. 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 demostrado 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, 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, estratégi-

ca, puede deducirse de los esquemas kuhnianos 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 ésta 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 lugar 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. 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, consolidado⁷. Una reunión de individuos con mucha voluntad y tal vez con alguna formación, no constituye por sí sólo un grupo

7. La expresión *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*.

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 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 escuelas. Al menos en ciencias básicas, el instrumento más calificado para regular esa competencia 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 ciencias básicas *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 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 doctor 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 remplazada por la imagen del investigador que desempeña 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; o sea, dirigir un grupo maduro de investigación. No es que él ejecute todas 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

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 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" publicado en *Revista de Colciencias*, Colombia, Ciencia y Tecnología, No. 3. vol. 9, marzo de 1992.

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 para 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, 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, etcétera. 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.
- 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 permitan 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 uncidos 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*⁸.

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 impulsar 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 en 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 formar parte de una política a largo plazo del país que les permita ubicarse en esta materia en posiciones comparables o superiores a las de países con parecido nivel de desarrollo. Los postgrados y, en especial, los doctorados son

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

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 fisicomatemáticas. Es necesario impulsar la realización de tesis conjuntas entre universidades, institutos de investigación y empresas privadas, a través de las cuales vaya creándose 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 especializados que permiten una actualización continua de los científicos colombianos y aquellos 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 postgrados de las universidades, y creando puestos en sus laboratorios y unidades de investigación fundamental para emplear jóvenes postgraduados.

Tanto las áreas clásicas de la investigación, como las ciencias agropecuarias, las ciencias de la salud o las del mar e incluso las áreas más novedosas como la biotecnología o la ciencia de materiales, requieren 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 postgrado 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 viene dándose 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 tecnológica⁹.

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 en 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 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

9. Ver 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*.

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 universidad 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 en 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, etcétera. 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 forma 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 adelantar 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 talento 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 200 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 el quehacer científico a los individuos en todas las épocas y más en la nuestra, 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 estos 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 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 respuestas 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 movilizadores, se hace indispensable 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 de más éxito 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 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.

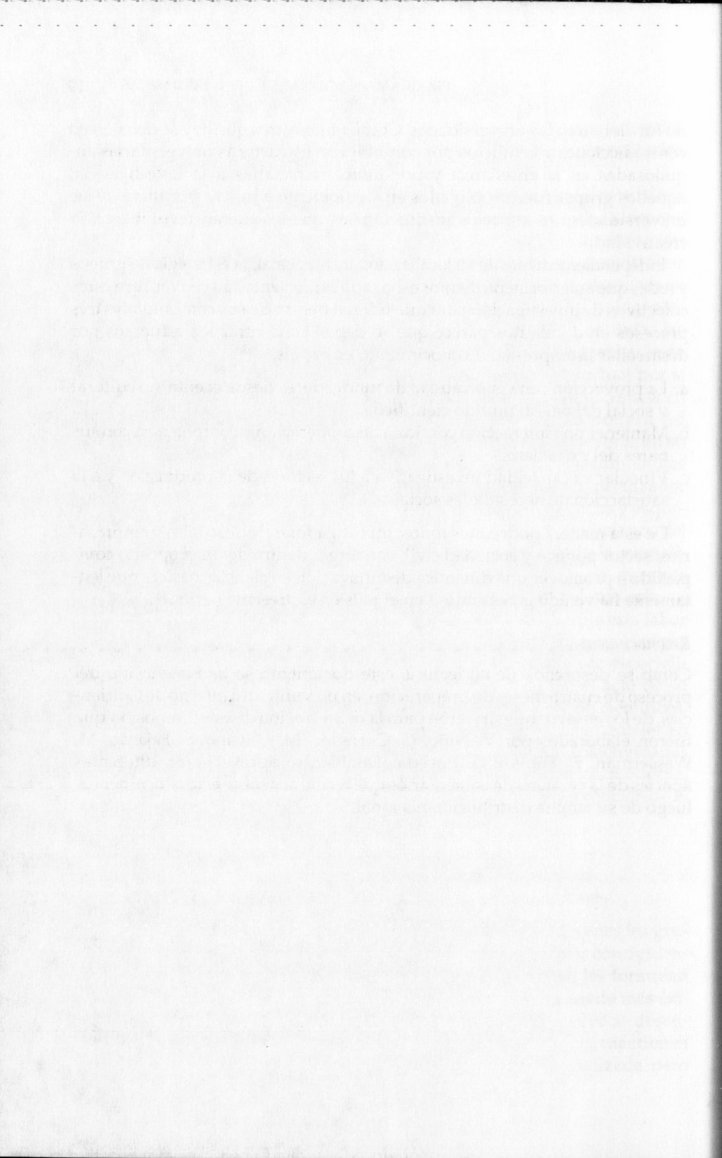
Independientemente de su localización institucional, la estrategia de grupos y redes que anteriormente hemos esbozado está orientada a convencer a estos colectivos de investigación para que lideren dentro de sus comunidades tres procesos en donde nos parece que se deben concentrar los esfuerzos por desarrollar 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 ha venido generándose en el país en el presente período.

Reconocimientos

Como se desprende de su lectura, este documento se ha beneficiado del proceso de cuatro meses de preparación, en un seminario interno de Colciencias, de los ensayos que sirvieron para la organización de este Simposio y que fueron elaborados por V. Niño, C. Corredor, M. Quijano, S. Fajardo, M. Wasserman, E. Yunis y G. Poveda. También se aprovecharon diferentes aportes de la veintena de comentarios que recibimos sobre estos documentos luego de su amplia distribución nacional.



Capítulo 2

PROPUESTAS PARA UN PROGRAMA NACIONAL EN CIENCIAS BASICAS

INTRODUCCION

Con el fin de iniciar el proceso de amplia consulta planteado en el Decreto 585 de 1991, alrededor de documentos y propuestas concretos, Colciencias convocó en agosto de 1991 a cinco investigadores para que prepararan cada uno desde su propia perspectiva un documento a manera de ensayo que incluyera globalmente el estado de las ciencias básicas en Colombia y en el mundo. Además se debería hacer un ejercicio de prospectiva, visualizando hacia dónde queremos ir y cómo podemos llegar allí.

Los cinco investigadores, Carlos Corredor, Sergio Fajardo, Virgilio Niño, Marco Quijano y Emilio Yunis, se reunieron varias veces para intercambiar ideas y borradores de los documentos. La versión final de los ensayos debió entregarse el 1 de noviembre de 1991. Estos documentos, junto con el de Colciencias (capítulo 1) fueron la base conceptual para la discusión durante el Simposio y han marcado las líneas generales para el desarrollo de las ciencias básicas. En este capítulo se presentan esos ensayos ordenados alfabéticamente de acuerdo con el apellido del autor.

Este proceso de consulta fue avalado por el Consejo del Programa, cuya instalación se efectuó en octubre de 1991.

Los ensayos fueron repartidos a más de 120 investigadores de todo el país, solicitándoles comentarios a los mismos. Se recibieron 19 respuestas. Ante la imposibilidad de publicar completamente todos los comentarios, se hizo un resumen de los mismos, dejando los apartes que consideramos más relevantes. Estos comentarios aparecen en el tercer capítulo. Dos de las respuestas a la solicitud de Colciencias planteaban realmente proyectos específicos en

áreas determinadas y aunque son documentos de gran valor no consideramos oportuno publicarlos en este libro.

Además de los cinco ensayos, se repartió a los investigadores un documento escrito por el doctor Moisés Wasserman, el cual será publicado en el libro sobre salud de esta colección. También los investigadores recibieron un documento, escrito por el doctor Gabriel Poveda, en el cual se proponen una serie de temas de investigación relevantes para el país. Estas propuestas aparecen en el anexo 2, al final del libro.

LAS CIENCIAS BASICAS

Carlos Corredor

Marcel Roche definió la cultura como la expresión de las diferentes actividades de un pueblo. Un análisis somero de las actividades latinoamericanas en general, y colombianas en particular, permite afirmar que las actividades científicas han sido pocas, individualmente realizadas y sin apoyo institucional o social. A pesar del descubrimiento del platino; del desarrollo de métodos para la minería del oro; de las notables observaciones de Francisco José de Caldas; del estudio sistemático de nuestra flora por la expedición botánica y del no menos importante esfuerzo de reconocimiento geográfico y catalogación de nuestros recursos naturales llevado a cabo por la Comisión Corográfica; de los trabajos de Garavito Armero, de Roberto Franco, de Lleras Acosta y de algunos otros investigadores más cercanos a nuestros días, no podemos decir que en Colombia existiera una comunidad científica que haya creado una escuela de pensamiento propio. Por tanto, tenemos que concluir que la ciencia es ajena a nuestra cultura.

A pesar de esta conclusión, tanto la ciencia como la técnica permean nuestra vida y están presentes en todos nuestros actos. Pero como son ajenas a nuestro acervo cultural, aparecen naturalmente como actividades propias de sociedades más avanzadas que la nuestra, que nosotros podemos comprar pero no producir. El "*¡que inventen otros!*" de Unamuno es algo más que una *boutade*. Es algo que se encuentra muy dentro de nuestra conciencia colectiva; es lo que explica que todo el mundo hable de la importancia de la ciencia, de la necesidad de hacer ciencia, que a pesar de las palabras, los políticos no destinen los dineros necesarios para hacerla, los estudiantes de primaria y secundaria no consideren que la ciencia pueda ser una carrera, y de hecho, que esta carrera apenas si ha comenzado a existir en la universidad tradicional colombiana.

En la segunda mitad de este siglo se ha visto en Colombia una confluencia de hechos que hacen pensar que el papel que la ciencia debe desempeñar en cualquier sociedad como base para conocerse a sí misma, a su entorno, y para servir de base para su desarrollo, finalmente comenzará a perfilarse. Entre

estos hechos se encuentran la creación de universidades en cuyos estatutos explícitamente se incorpora la investigación a su misión, la creación de la carrera de docente-investigador universitario con la consecuencia de la modalidad de contratación de tiempo completo, y la creación de Colciencias como manera para que el Estado contribuya al financiamiento de la investigación.

Sin embargo, falta todavía recorrer un largo camino para lograr que la ciencia se incorpore a nuestra cultura. Para eso hace falta la consolidación de grupos estables de investigación con líneas propias en la frontera del conocimiento, la consolidación del postgrado a nivel del doctorado y la creación de comunidades científicas fuertes, que además de críticas, sean también la base para la confrontación de tesis y el seguro de la rigurosidad del trabajo científico. En este sentido puede mucho el apoyo del Estado, pero es fundamental la autoestima de la comunidad científica y el trabajo independiente que haga para ganarse el puesto que le corresponde en la sociedad. En las siguientes páginas haremos unas observaciones sobre la ciencia en general, lo que ocurre en Colombia en particular, las posibilidades futuras y las estrategias posibles para alcanzar metas con las que podamos comprometernos.

Angel Zapata, profesor universitario e historiador de la ciencia, ha definido la ciencia como "la construcción racional de hechos o estructuras físicas o abstractas destinadas a la comprensión del mundo", mientras que Thomas Huxley, el gran fisiólogo, la describe más simplemente como *sentido común organizado*. Detrás de estas dos definiciones está claramente el papel del hombre que raciocina a partir de la observación de los hechos, y que no se contenta simplemente con aceptarlos como tales, sino que busca una explicación satisfactoria para ellos. Durante siglos se aceptó que la palabra de Dios confiada a sus elegidos y la autoridad de algunos sabios de edades anteriores, era suficiente para explicar cualquier fenómeno. Pero Bacon consideró que era necesaria la manipulación experimental de los fenómenos y el análisis de los datos, además de la razón y la autoridad, para entender el mundo. Durante los cuatro siglos que han seguido a la publicación de sus ensayos, prevaleció el principio de la construcción racional de las teorías basada en la experimentación y en la cuantificación. Y el siglo pasado vio la consolidación del paradigma positivista de la ciencia, que partiendo de la observación, formula una hipótesis que somete a experimentación para validarla o rechazarla, y de allí surgió una segunda hipótesis para validar y así sucesivamente para llegar a la verdad en pasos sucesivos, como quien pela una a una las capas de una cebolla.

La experimentación no es siempre posible, aun cuando la cuantificación sí, por lo que a partir de los fenómenos naturales se pueden formular modelos matemáticos que describen el fenómeno. El modelo será de éxito en la medida en que si se altera alguna condición prevista en el modelo, las ecuaciones predecirán adecuadamente el comportamiento final. A estos modelos matemáticos de éxito se les da el nombre de leyes físicas. Naturalmente, esto

será posible cuando los parámetros por considerar en el modelo sean pocos, y entonces será prácticamente imposible si los parámetros son muchos. Esto explica que, a pesar de las distancias e incertidumbres intrínsecas a la observación astronómica, se hubiera podido construir un modelo bastante bueno de la mecánica celeste. Sin embargo, el problema se hace casi insoluble cuando nos aproximamos a la descripción de un sistema molecular real en el que las partículas interactúan en presencia de atracciones y repulsiones cuya fuerza es función de una potencia de la distancia. No obstante, la mecánica cuántica, la mecánica estadística y últimamente el concepto de redes de cuasipartículas para sistemas con un número infinito de componentes y las últimas teorías del caos permiten obtener soluciones aproximadas que parecen describir bastante bien los sistemas observados.

Durante el siglo pasado y comienzos del presente se formularon leyes fundamentales en física que nos aproximaron a una visión de conjunto del mundo real. La concepción de un átomo conformado por un núcleo compuesto de protones y neutrones y una nube de electrones a su alrededor, el descubrimiento de los *quarks* que junto con los electrones parecen ser las partículas másicas últimas de que está hecha la materia, el intento de unificación de campos para entender las cuatro fuerzas fundamentales que rigen la interacción entre los cuerpos nos han permitido comprender mejor la naturaleza. A partir de este entendimiento se han podido manipular las moléculas naturales para obtener otras con propiedades útiles. La química ha llegado a producir catalizadores que remedan, aunque ineficientemente las enzimas, compuestos orgánicos que transportan una corriente eléctrica, cerámicas capaces de resistir altísimas temperaturas, o ser superconductoras a temperaturas muy bajas, o eficientemente transportar iones, compuestos que reproducen y controlan los mismos compuestos que forman el ser vivo, en fin, nos ha dado la posibilidad de utilizar la materia para nuestro bienestar.

Por otro lado leyes fundamentales de la electricidad y el magnetismo, que Maxwell logró intuir, han permitido crear aplicaciones en telecomunicaciones y en el manejo rápido de la información que no por ser hoy cotidianas dejan de ser maravillosas.

Pero, a pesar de los avances en todos los campos, no hemos tenido saltos importantes en teorías unificadoras desde principios de siglo, y no hay una teoría unificadora en biología, como sí trató de formularla Einstein para la física. La propuesta de Darwin sobre la evolución de las especies y la supervivencia del mejor adaptado dio un vuelco total a nuestra concepción de los seres vivos y rompió de un tajo con la tradicional visión antropocéntrica del Universo. Sin embargo, no nos dijo nada, porque no era su propósito decirnoslo, sobre qué principios se fundamentaba la vida.

A pesar de lo anterior, en el mundo de la biología el descubrimiento fundamental en este siglo fue la descripción del DNA y la forma como se replica. De allí ha sido posible todo un desarrollo que actualmente se mani-

fiesta en la biología molecular y en la biotecnología. La biología molecular es la descripción a nivel de moléculas y átomos de la química de la vida, y tiene como base el conocimiento de los catalizadores biológicos, las enzimas, que forman parte de una clase de moléculas sin las cuales no es posible la vida, las proteínas. Los últimos avances tienen que ver con la predicción de la estructura tridimensional de las proteínas a partir del conocimiento de su secuencia de aminoácidos, lo que permitirá en un futuro próximo predecir no sólo el tipo de reacción que llevarán a cabo, sino diseñar los compuestos sobre los cuales van a actuar.

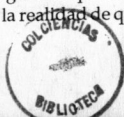
A partir de estos desarrollos tenemos actualmente una visión relativamente clara de la forma como las células obtienen energía para balancear el aumento de la entropía y llevan a cabo procesos ordenados; entendemos parcialmente la forma como se controlan los procesos metabólicos y hemos llegado a comprender, así sea superficialmente, los mecanismos íntimos de interacción entre las células de un organismo y los sistemas que garantizan su homeostasis ante las agresiones físicas, químicas y microbiológicas que lo amenazan continuamente. De aquí se ha partido para el desarrollo de drogas específicas para el tratamiento de cada enfermedad, y el diseño de vacunas naturales o artificiales para la prevención de diferentes patologías.

El conocimiento de la biología celular está limitado a organismos unicelulares y a ciertos tipos de células en organismos complejos. Sin embargo, desconocemos los mecanismos fundamentales que controlan el ciclo celular, particularmente en eucariotes, y continúa siendo un misterio la forma como se regula la diferenciación celular y los procesos metabólicos propios de cada etapa de diferenciación. De la misma manera, es prácticamente desconocida la biología molecular de células diferenciadas tales como neuronas, miocitos, etcétera, aunque tenemos un conocimiento mejor de los hepatocitos y comenzamos a entender el sistema neuroendocrino e inmunológico. Pero aún así, sólo se conoce la superficie del fenómeno en los casos.

Las fuentes vegetales y animales de alimentos continúan siendo las tradicionales. Poco o nada se ha logrado en la búsqueda de fuentes alternas de alimentación, aunque es mucho el avance de mejorar las condiciones de cosecha y poscosecha, y de valor nutricional de tales cultivos. Se conocen y se han descrito muchas especies de vegetales, pero es muy poco lo que se sabe de bioquímica vegetal, y acerca de la existencia y uso de la cantidad de metabolitos secundarios que las plantas producen.

Pero a falta de grandes teorías que hagan temblar el edificio del conocimiento y marquen hitos a partir de los cuales cambia el modo de pensar de la humanidad, infinidad de personas se dedican a dilucidar preguntas específicas con cuyas respuestas, a paso lento, van corriéndose más y más las fronteras del saber.

Este es un fenómeno del siglo XX que ha venido acompañado de un despertar del mundo político a la realidad de que la ciencia tiene una utilidad



práctica. No se trata del patronazgo de un príncipe al alquimista que le promete convertirlo todo en oro, o darle la juventud eterna. Se trata de que personas como Guillermo Humboldt encuentran que le conviene al Estado tener un cuerpo de personas que obtengan conocimientos en todos los campos, y que los trasmitan a la juventud en la universidad donde se crea ese conocimiento. A partir de estos principios el mundo germánico primero, y luego el anglosajón se colocan a la vanguardia no sólo de la ciencia sino de la técnica, y con ello adquieren un singular bienestar para su población. Si durante siglos se mantuvo el axioma de que la riqueza era función del capital, la tierra y el trabajo, aparecerá últimamente el conocimiento como parte cada vez más importante de esta ecuación.

El llegar a este punto no fue sencillo. Realmente fue el resultado de una serie de avances técnicos o tecnológicos de los que la ciencia como ciencia estuvo ausente, pero que lideraron cambios fundamentales en la organización y bienestar de la sociedad. El primero de ellos fue, quizá, la revolución agrícola que después de domesticar los cereales liberó al hombre de las necesidades y alures de la caza y la recolección de alimentos, y al asegurar su subsistencia dio por primera vez ocasión al ocio creativo. Tendrían que pasar cerca de 8 000 años para que ocurriera la siguiente gran revolución que fue la industrial. Pero se requerirán apenas dos siglos para que lleguemos a la revolución informática que hoy vivimos. El profesor Umberto Colombo, presidente de la Agencia Italiana de Energía Atómica, enumeraba recientemente los avances que habían permitido llegar a la revolución industrial así: "El proceso de crecimiento se concentró sucesivamente en la máquina de vapor, los textiles, el hierro y el acero, la electricidad, los productos químicos, el petróleo y el automóvil. Todas ellas fueron tendencias largas que dominaron el desarrollo por varias décadas, y generaron proceso de producción relativamente rígidos". Se podría añadir que los siguientes impactos fueron el aeroplano y el transistor que achicaron el planeta en tal forma que acabamos de asistir sentados cómodamente en una poltrona de nuestra sala a otro más de los más crueles eventos, casi consustancial con la humanidad, la guerra del golfo, con toda la tecnología posible aplicada al arte de matar.

Teniendo todo lo anterior en cuenta, se podría anotar que los eventos tecnológicos descritos, domesticación de cereales, utilización de metales, construcción de máquinas, utilización del vapor, manipulación de sustancias naturales, desarrollo de medios de transporte terrestre y aéreo rápido y capacidad de comunicación instantánea con cualquier parte del planeta, surgieron independientemente de la ciencia y lejos de ser producto de su aplicación, han precedido al cuerpo de conocimientos que explican el hecho tecnológico. Sin embargo, a partir de la segunda revolución industrial, y más particularmente durante el presente siglo, este fenómeno se está haciendo cada vez más raro, y la mayor parte de los descubrimientos tecnológicos se basan más y más en conocimiento científico previo. Colombo caracteriza

nuestra presente fase de desarrollo como la *cientificación* de la tecnología. Y esta *cientificación* comienza a crear problemas de conceptualización en cuanto al papel de la ciencia y de la tecnología en la sociedad.

Para Bacon, "la verdadera y legítima finalidad de las ciencias no es otra que: dotar a la humanidad de nuevos conocimientos y poderes". Nótese que en esta concepción el conocimiento está directamente relacionado con el poder, y en este sentido Bacon se adelantó a los economistas contemporáneos. Pero allí mismo aparecen claramente dos fines de las ciencias: conocimiento y poder, y es perfectamente posible fundirlos como lo hacía el Bacon estadista, o separarlos como algunos pretenden hoy.

En efecto, en el mundo de hoy se habla de ciencia pura, de ciencia aplicada y de tecnología, ya como cuerpos aislados con finalidades y estrategias propias, bien como partes de un continuo que comienza con lo básico, para pasar a lo aplicado y llegar finalmente a un resultado tecnológico. Morris Leikind y Wyndhan Miles las definen así: "Queremos decir por ciencia pura, que a veces identificamos con investigación básica, el estudio de la naturaleza para satisfacer la necesidad de saber. La necesidad de saber es independiente de si los hechos descubiertos son útiles en cualquier forma diferente al avance de la ciencia misma. La ciencia aplicada, por otro lado, es la aplicación de los resultados de la ciencia pura a algún propósito humano práctico". Esta definición parece sintetizar el sentir de la mayoría de los miembros de la comunidad, pero posiblemente es mejor la máxima de Bernardo Houssay, premio Nobel de Medicina y Fisiología, quien decía: "No hay ciencia pura y ciencia aplicada, sino ciencia por aplicar".

Pienso que esta es una importante contribución para el científico de finales del siglo XX bombardeado por todas partes con demandas de tipo práctico si quiere ser financiado por el Estado o por el sector privado, pero que sabe íntimamente que lo más importante, lo fundamental, no es resolver problemas coyunturales del momento, sin ignorarlos, sino conocer lo suficiente para poder dotar a las futuras generaciones con armas suficientes para afrontar con éxito el problema de satisfacer sus necesidades básicas en un mundo cada vez más ultrajado por los *hacedores* de progreso.

El objeto es pues la búsqueda de la verdad y formar individuos en la búsqueda de la misma. Desde ese punto de vista, el espacio lógico para la ciencia básica, su nicho natural, es la universidad, porque la universidad es la única empresa humana cuya función es la de producir conocimiento y transmitirlo a las nuevas generaciones. Sólo en la universidad puede encontrar el científico la paz y la tranquilidad necesaria para discurrir libremente por las avenidas del pensamiento, sin falsas presiones confesionales, ni condicionamientos para que su esfuerzo se traduzca en dividendos económicos cuantificables en términos de pesos o dólares. Pero, de todas formas, su trabajo investigativo produce un dividendo infinitamente más grande: el entrenamiento de estudiantes en la práctica del método científico y la formación de

nuevos investigadores que multipliquen su esfuerzo tanto en la universidad como en el sector económicamente productivo. En este sentido la ciencia básica se justifica por sí sola y no necesita ninguna otra justificación económica.

Entonces, la pregunta no es si la universidad debe hacer ciencia básica, sino más bien si la industria debe también hacerla y si la universidad debe hacer ciencia aplicada y tecnología. Lejos están los tiempos cuando Jenofonte decía que las artes mecánicas conllevan un estigma social y son merecidamente deshonradas en nuestras ciudades. Y también cuando Rodrigo Enrique de Andrade, quien obtuvo permiso para abrir la primera cátedra de medicina en nuestro Nuevo Reino de Granada en 1636, no pudo obtener los privilegios ni el sueldo que se les daban a los profesores de teología y derecho, por ser la medicina una profesión ruin y baja o cuando el cultivo de las ciencias y las profesiones se dejaban en la península ibérica a moros y judíos por ser manuales y por debajo de la dignidad del hijodalgo.

En los países industrializados la universidad tan sólo hace el 14% de toda la investigación, y esto particularmente en las ciencias básicas, mientras que en Latinoamérica entre el 80% y el 90% de toda la investigación científica se hace en la universidad. Esto implica que a la universidad latinoamericana le ha tocado asumir una función cuantitativamente más grande en condiciones económicas extraordinariamente precarias. Se desprende de allí, naturalmente, que a la industria le correspondería tomar parte del peso que esto implica. Sin embargo, pocas son las grandes empresas latinoamericanas de capital nativo y casi ninguna afronta la competencia que demanda innovación y modernización. Esto, que fue cierto hasta hace poco debido a la visión cepalina de la economía, está cambiando rápidamente con la idea de la apertura económica que deja sin protección alguna a empresas acostumbradas a un mercado cautivo.

Esta situación puede ser buena o mala, según la manera como la afronten los industriales. En caso de que ellos entiendan que la modernización de la administración y de los procesos de manufactura y la innovación en los productos pasa necesariamente por la ciencia, nuestros países podrán competir efectivamente en un mercado mundial sin barreras diferentes a las que resultan de las distancias y de los recursos naturales de cada región. El recurso más importante de todos, el hombre educado, el investigador en tecnología y en ciencia aplicada, es formado a través de la práctica de las ciencias básicas. En esto no puede haber ningún engaño. Por tanto, los científicos básicos tienen que estar conscientes de su papel fundamental: no sólo les incumbe crear conocimiento fundamental sino que es necesario que esta creación vaya acompañada de la formación de nuevos científicos que multipliquen esa búsqueda eterna del conocimiento y la verdad.

Esta conciencia tiene que hacerse aún más grande por cuanto no ha habido fronteras para la difusión de la ciencia básica, como sí las hay para el libre intercambio de ciencia aplicada o de productos. La ciencia básica tiene la

característica de ser universal y universalmente aplicable. Y con las técnicas modernas de comunicación, los hallazgos de un laboratorio en cualquier parte del mundo pueden ser conocidos casi que simultáneamente en cualquier otro laboratorio del mundo. Una observación científica, para ser considerada valedera, debe ser independientemente reproducida en otro laboratorio, por otro grupo de investigadores. La verdad que sólo puede reproducirse en el laboratorio de quien la publica, no es verdad, así la prensa glorifique sus hallazgos. La característica más importante de la ciencia de finales del siglo XX es, quizá, esta capacidad de confrontación y validación mundial casi inmediata. Y es importante reconocer que existen desde las revistas tradicionales de sociedades ilustradas, algunas de las cuales han adquirido prestigio mundial a pesar de lo limitado de su procedencia, hasta el correo electrónico que pone en contacto inmediato a científicos separados por miles de kilómetros, pasando por las *newsletters*, los congresos nacionales e internacionales, los simposios y demás encuentros.

El momento actual es particularmente interesante. Los conocimientos se están acumulando en una forma como nunca antes había ocurrido en la historia de la humanidad. En algunos casos se han tomado decisiones políticas que implican esfuerzos combinados grandísimos entre científicos de diferentes nacionalidades, hermanados por su interés en el progreso de la ciencia, y adecuadamente financiados para obtener una meta. Tal es el caso de los estudios epidemiológicos que han involucrado a miles de personas, el programa del genoma humano en el que muchos científicos están tratando de hacer un mapa de los genes conocidos y adscribirlo a regiones específicas de los cromosomas y la década del cerebro que busca conquistar esta última frontera.

No obstante, los principales enigmas de la naturaleza continúan sin dilucidar. Sabemos de la existencia de fuerzas entre cuerpos y podemos describir con precisión la manera como actúan; pero no sabemos cuál es su naturaleza íntima. Podemos describir las fuerzas entre campos ejercidos por partículas cargadas en movimiento, pero no sabemos qué son esos campos. No podemos describir con precisión las fuerzas que permiten la interacción de las moléculas responsables de la existencia de los organismos vivos, aunque producimos teorías que permiten visualizar las posibles formas como se integran para producir estructuras fundamentales. No se trata de reducir la vida, la biología a la física, ni tampoco el intelecto a su sustrato orgánico de simples circuitos neuronales. Sin embargo, en la medida en que nos acercamos más y más a una explicación física del mundo a nivel de sus partículas fundamentales, estaremos colocando los cimientos de un mundo mejor.

A nivel mundial la situación no es tan halagüeña como los párrafos anteriores parecerían implicar. En efecto, el interés por la ciencia en los estudiantes es cada vez menor, porque las carreras científicas no son bien remuneradas como debería suponerse y los profesores de secundaria no están preparados para introducir a los niños y a los jóvenes en la aventura del

conocimiento. Repetidamente se dice en los Estados Unidos que cada vez son menos quienes se dedican a las labores científicas, pero también es cada vez menor el presupuesto que se dedica a la educación y a la ciencia. Se ha hablado que los científicos no han cumplido la promesa de hacer mejor el mundo, y que de hecho, sus hallazgos han sido utilizados para aumentar en forma monstruosa la muerte y la destrucción masiva. Es posible que esto haya causado desencanto con la ciencia entre el gran público, que precisamente por eso busca satisfacer su necesidad de conocerse a sí mismo en sistemas y escuelasseudocientíficos.

El hallazgo científico es moralmente neutro. Y generalmente no ha dependido de los científicos básicos lo que otros han hecho de sus hallazgos. Por eso es importante recalcar que la búsqueda del conocimiento por el conocimiento mismo es una legítima actividad del hombre que podrá ser utilizado para bien o para mal. Y que no se puede esperar que el conocimiento fundamental resuelva de un momento a otro todos los males que han acompañado a la humanidad, aunque seguramente sin ese conocimiento básico será mucho mayor el tiempo que deberemos esperar antes de que el mundo sea un lugar adecuado para la vida de todos los hombres.

En este contexto en el que se inscribe la ciencia colombiana, pues somos parte de Latinoamérica, y participamos de sus ventajas y sus atrasos, y somos parte del mundo y tenemos derecho a ocupar un lugar en él, ganado con nuestro propio esfuerzo.

Al comienzo de este ensayo afirmábamos que la ciencia era ajena a la cultura colombiana. Las razones de esta afirmación son múltiples y su simple enunciado puede suscitar controversia. Sin embargo, como es esta una característica iberoamericana, debemos encontrar su origen en esta ascendencia común. Algunos hemos sostenido que el talante español que trajo a estas tierras la cruz a través de la espada y que consideró el más allá como la razón de vivir en este mundo llevó al conformismo y a la sumisión a lo establecido. La ciencia es todo lo contrario. La formulación misma de una hipótesis pone en duda todo conocimiento previo. La misma idea poperiana de que toda verdad científica es provisional, y que se mantendrá sólo mientras aparece una nueva verdad provisional es contraria al dogmatismo y el despotismo.

Infortunadamente para nosotros, la educación que recibimos desde los tiempos de la colonia hasta el presente ha estado signada por el confesionalismo político y religioso, y se ha desarrollado bajo la tutela de la Iglesia y del Estado. Esto no ha desaparecido ni aun en la nueva Constitución que mantiene para el gobierno la suprema dirección y vigilancia de la educación superior.

No es pues, extraño, que en las colonias españolas y en las repúblicas que surgieron en ellas no floreciera la ciencia. Sin embargo, a pesar del autoritarismo estatal, surgieron en nuestro medio espíritus que batallaron contra

todo y contra todos en la búsqueda del conocimiento y dejaron escuelas que han influido en la construcción de nuestra nacionalidad. No es posible mencionar este tema sin que venga a nuestra mente la memoria de Mutis, el científico que tuvo que suplicar durante 20 años para que el rey le permitiera iniciar su Expedición Botánica, mientras que era condenado por sus mismos pares por transmitir los conocimientos copernicanos.

Desde esos inicios, y hasta hace corto tiempo, la ciencia en Colombia ha sido una labor individual de personas que a través de su vinculación con una universidad u otra institución, fueron soportados en lo que para la sociedad debió parecer excéntrico. A pesar de esto, se han hecho hallazgos muy importantes que Efraín Otero ha resumido magistralmente, pero que no son realmente hechos aislados, sin consecuencias permanentes en nuestra sociedad.

Lo importante, quizá, de recalcar, es el hecho de que a la sociedad civil poco le importó el quehacer científico en las colonias hispánicas del Nuevo Mundo y en las repúblicas que de ellas surgieron. Para Fernando Chaparro, director del CIID, existe una estrecha relación entre el progreso de la investigación universitaria y su vinculación al proceso productivo. Chaparro observa la estrecha relación entre el desarrollo de la industria química alemana entre 1870 y 1914, y el desarrollo de la investigación en las universidades ligado a los estudios de postgrado. Este proceso se refuerza con la creación de carreras técnicas y la contratación de químicos para dirigir las empresas. El triángulo de Sábado, Estado, universidad, sector productivo, tiene también que aparecer en esta discusión. No obstante, ni la universidad colonial ni la universidad republicana cumplieron un papel de soportar con sus conocimientos al sector productivo. De hecho, estas universidades se caracterizaron por ser simples trasmisoras de conocimiento, aun cuando esa transmisión era necesaria para efectos útiles, como es el caso Moreno y Escandón cuando preconizaba que en la educación debían incluirse asignaturas *útiles*, o como cuando se creó la Escuela de Minas para formar los grandes ingenieros que hicieron posible el despegue moderno del país.

Como consecuencia de la falta de un ambiente de creación en la universidad tradicional colombiana, no existen actualmente escuelas de pensamiento propio en ciencia, y posiblemente en ningún ámbito del saber, en nuestro país. Nuestra incipiente comunidad científica basa su pensamiento y trabajo en los descubrimientos norteamericanos o europeos y tiene a esas comunidades como el estándar por medio del cual se mide cualquier avance o producción nativas. La validación de cualquier hallazgo pasa por la publicación en una revista de esas comunidades extranjeras, porque no existe aún la masa crítica de científicos colombianos capaz de revisar críticamente y validar experimentalmente lo que se hace en Colombia, ni tampoco una revista propia de prestigio internacional.

A pesar de esta falta de tradición y ausencia de inserción de la ciencia en nuestra sociedad, se han venido consolidando algunos grupos de investiga-

ción en algunas de las más grandes universidades del país en ciencias básicas médicas y en ciencias básicas. Esos grupos han permitido tener una sistematización y descripción de parte de nuestra flora y fauna, en una labor en donde hay muchos científicos empeñados, y que dará aún para varios lustros de trabajo básico. Este es un esfuerzo importante que permitirá establecer nuestra identidad como país en la medida en que nos conozcamos. Hay grupos que trabajan en inmunología básica, genética molecular, en genética de poblaciones, en biotecnología, en mejoramiento de especies útiles, en biofísica, en metabolismo, en entomología y en parasitología, y en las consecuencias que estas disciplinas básicas tienen para la salud y la enfermedad de los humanos y los animales domésticos. Por el lado de la física hay grupos importantes trabajando en superconductividad, en películas delgadas, en óptica, en láseres, en física teórica, mientras que en química trabajan en mecanismos de reacción, en analítica, en catalizadores, en lectinas, en compuestos bioinorgánicos, en organometálicos, en nuevos materiales, etcétera. La característica principal de estos grupos es que se hallan conformados por profesores entre los 35 y 50 años, casi todos con dedicación de tiempo completo a su institución, y jóvenes estudiantes de postgrado que están tratando de obtener su magíster, para luego tratar de incorporarse a la universidad para engrosar estos grupos. Una situación, que deberá ser transitoria, es que no existen plazas universitarias que absorban a los jóvenes egresados del postgrado.

Un problema importante que hemos detectado en la consolidación mundial es la escasa cultura que tenemos en escribir nuestras experiencias. Podría decirse que nuestra cultura de comunicación es de tipo oral. Aun en la universidad no se entrena a los estudiantes a escribir reportes ni ensayos ni siquiera en castellano. Si a esto se añade la casi nula capacidad de escribir en inglés, y la falta de instancias de ayuda institucional para la redacción en los dos idiomas, tenemos una situación real que impide la publicación. No sobra decir, como señalábamos más arriba, que tampoco existen suficientes revistas colombianas de alta calidad científica que identifiquen nuestra ciencia en el contexto mundial.

Sin embargo, a los científicos básicos colombianos se les está exigiendo últimamente que quemen la etapa de buscar el conocimiento por el conocimiento mismo y que trabajen en algo que sea *útil* para el país. Arriba argumentábamos que esto no es necesario, y puede que incluso no sea conveniente. Pero de todas formas debemos señalar que una mirada, así sea superficial, a la mayor parte de los grupos de investigación básica muestra que el trabajo de ciencias básicas en Colombia en alguna forma está ligado a su posible utilización.

En lo anterior han influido dos factores importantes: primero el establecimiento de Colciencias como organismo estatal financiador de la investigación, en cuyos formularios siempre apareció un acápite pidiendo una

justificación del proyecto, práctica que también se encuentra en los formularios de la mayor parte de las agencias financiadoras extranjeras, ya que esto obligó a quienes buscaban apoyo para su trabajo a idear aplicaciones potenciales del mismo, y al mayor acercamiento que se ha dado en las dos últimas décadas entre la universidad y el sector privado. Teniendo en cuenta estos factores están surgiendo en las universidades grupos interdisciplinarios que permiten que a través de la interacción de personas de varias disciplinas y con intereses diversos, se den las condiciones para que los hallazgos básicos puedan tener una salida importante con fines prácticos; también se están diseñando las estrategias administrativas y organizativas que pongan a estos grupos interdisciplinarios a interactuar con el sector empresarial.

Presento sólo uno de varios posibles futuribles, que creo es deseable.

Para esta visión del futuro cercano, el primer requisito es tener una universidad adecuadamente financiada en la que haya muchos grupos de investigación que tengan como vocación la tarea de crear una cultura científica colombiana. Como base para estos grupos debemos haber tenido la creación de escuelas de pensamiento propio, escuelas que hayan tenido confrontación a nivel internacional y hayan logrado imponer sus puntos de vista. En cada una de las disciplinas deberán existir centros de excelencia que interactúen con otros grupos universitarios de investigación aplicada y éstos a su vez con el sector extrauniversitario, creando una dinámica que permita que la sociedad se apoye en esta universidad para nuevos desarrollos técnicos que tengan consecuencias económicas.

Esta visión presupone una serie de condiciones que tienen que irse dando para hacerla posible, condiciones que deben surgir de políticas claras establecidas por la universidad, el gobierno y las mismas comunidades científicas.

La primera de estas políticas, por lo menos para las ciencias básicas, es que el profesorado universitario en este campo debe tener entrenamiento como investigador al más alto nivel. En este sentido, debería establecerse como meta para cuando la actual generación de profesores se haya jubilado, que todos los que nos replacen posean el título de doctor (PhD o equivalente). Para que esto sea factible, será necesaria una política combinada de estudios doctorales y posdoctorales en el extranjero y en el país. Lo anterior implica la creación de programas doctorales en las ciencias básicas y en las ciencias biomédicas, en aquellas universidades de tradición investigativa, y el apoyo efectivo a tales programas. La creación de doctorados en ciencia en Colombia no debe implicar que no se puedan y deban mandar jóvenes profesores y aun recientes egresados al extranjero, ya que no es previsible que aún con doctorados en las seis universidades de mayor tradición investigativa del país, se logre llegar a tener el número de doctores que requieren las ciencias básicas en el país. Esta política debería complementarse con una exigencia para que los egresados de los programas de doctorado hagan uno o dos años de práctica posdoctoral en universidades diferentes a aquellas en donde

obtuvieron su doctorado. Esto evitará el *incesto académico* y la complacencia que resulta de la no confrontación con nuevas ideas y nuevos grupos.

Como política complementaria, con la cual se debe comprometer tanto la universidad como el Estado, deben existir también programas de compra de equipos basados en planes de desarrollo investigativo elaborados por los mismos grupos de investigación. Es necesario darse cuenta de que no es posible ser competitivo en producción de resultado si nos hacen falta herramientas más modernas para cuantificar confiable y rápidamente nuestras observaciones.

Una tercera política, también basada en planes de desarrollo por áreas de cada universidad, y a nivel regional y nacional, debe ser el incremento orgánico y armónico en el número de profesores investigadores. Lo anterior implica la identificación de áreas en cada disciplina y subdisciplina en las que no existen líneas de investigación, y la contratación de profesores-investigadores nuevos que desarrollen esas líneas. De la misma manera, se debe diseñar una política que incentive a que las empresas empleen científicos básicos, no sólo en laboratorios de investigación que las empresas deberían crear, sino en sectores de la producción y de la administración.

Una cuarta política tiene que ver con lograr cambios cualitativos y cuantitativos en relación con las ciencias básicas en la educación en todos sus niveles. Para llegar a ese fin sería bueno que todos los estudiantes universitarios recibieran un curso general en cada una de las ciencias básicas que les permita entender mejor su propio cuerpo y el entorno físico que los rodea, y los sensibilice a la utilización del método científico. Esta educación general en ciencias debe estar contextualizada en relación con la historia y los factores étnico-geográficos que han plasmado nuestras condiciones socioeconómicas actuales. Será necesario que los profesores de secundaria y aun de primaria tomen cursos avanzados de ciencia en las facultades de ciencia, permitiendo así que las facultades de educación se dediquen a la docencia y a la investigación pedagógica.

Una quinta política tiene que ver con la culturización de nuestro pueblo en ciencia, y su inserción real dentro de nuestra cultura haciendo que el ciudadano común tenga acceso a los últimos avances a través de revistas popularizadoras no sensacionalistas que sin transitar por las fronteras entre lo científico y lo paracientífico, contribuyan también mediante la descripción de experimentos sencillos y al alcance de los niños a lograr que estos últimos se interesen por el método experimental.

Finalmente, es necesario un compromiso de los científicos básicos actualmente en ejercicio de conformar líneas estables de investigación y de compartir su trabajo con otros científicos nacionales y extranjeros, a través de la conformación de redes formales e informales en las cuales se inserten a través de sus resultados. Será importante la confrontación de hipótesis dentro de los principios de la sana crítica, y el airear públicamente su trabajo a través de la

popularización del conocimiento que logren en revistas de difusión al público en general. También es necesario que los científicos venzan su tradicional antipatía a acercarse al sector industrial, y participen en la culturización del sector, mostrando el valor intrínseco de su labor, y buscando junto con los industriales maneras de que tenga beneficios inmediatos para la sociedad, sin que esto necesariamente implique una alteración en su método ni en sus propósitos.

Aun cuando la puesta en práctica de estas políticas en el inmediato futuro no garantiza la existencia de una ciencia básica fuerte, sí serán indispensables para esa visión con la que comenzamos este capítulo de una sociedad en la que la universidad y el sector productivo se encuentren íntimamente ligados y se apoyen mutuamente. En esta sociedad futura cada departamento tendrá varios grupos de investigación que estarán en continua efervescencia produciendo nuevos conocimientos que se publicarán en forma casi continua, utilizando para ellos las revistas extranjeras de mayor prestigio, pero al mismo tiempo escribiendo para revistas colombianas de circulación internacional que se cotizaran en la medida en que sus artículos tengan la misma seriedad, rigurosidad y calidad de los que se envían para publicación al extranjero. A su vez las universidades y los sectores industriales estarán ligados a través de comités permanentes a través de los cuales se buscará la aplicación de los hallazgos de la universidad al mejoramiento y a la innovación de la producción empleando para ello a científicos e ingenieros que apliquen el nuevo conocimiento. De esta relación surgirán parques industriales tecnológicos en cuyos predios se ubicarán empresas que han surgido y se han consolidado en incubadoras de empresas construidas en la misma universidad.

Esta visión utópica debe tener relación con las condiciones de nuestro país. Más arriba insistíamos en la necesidad de no sólo permitir, sino también apoyar, la investigación básica o fundamental que no busca una utilidad inmediata, sino solamente conocer más acerca del entorno que nos rodea y el mundo en que vivimos. Así, mientras que es perfectamente legítimo trabajar en física teórica o en las más abstractas elucubraciones matemáticas, también es necesario conocer nuestros recursos naturales renovables y no renovables reales, y buscar a través de principios generales la forma de explotarlos de modo racional para que se conviertan en fuente de bienestar para nuestra sociedad sin dejar una deuda ecológica o social que deban pagar las generaciones futuras. En este sentido, se debe formular una política que permita incentivar lo segundo sin interferir con lo primero. Debemos estar absolutamente seguros de no caer en la trampa que nos presentan generalmente de buena fe tanto nacionales como extranjeros, quienes nos aconsejan dejar la ciencia no aplicable a los países industrializados y concentrarnos en utilizar nuestros recursos científicos para mejorar las condiciones del sector productivo. Nada nos haría más mal, puesto que esto sería condenarnos a continuar

bebiendo del conocimiento que otros producen, sin que jamás podamos consolidar nuestras propias escuelas de conocimiento que compitan en igualdad de condiciones con las de otros países.

Papel del Estado

El Estado colombiano comienza a reconocer que la investigación en ciencia y tecnología es fundamental para la economía del país y para su desarrollo social. En este sentido es importante señalar que en la Constitución de 1991 se establecen algunos principios rectores que deberán ser desarrollados por medio de leyes adecuadas: "El Estado fortalecerá la investigación científica en las universidades oficiales y privadas y ofrecerá las condiciones especiales para su desarrollo" (artículo 69). "La producción de alimentos gozará de la especial protección del Estado... el Estado promoverá la investigación y la transferencia de tecnología para la producción de alimentos y materias primas de origen agropecuario con el propósito de incrementar su productividad" (artículo 65). "El Estado promoverá el acceso de todos los colombianos a la cultura, en sus diversas manifestaciones, como fundamento de la nacionalidad. Con tal fin promoverá las actividades de formación científica, humanística, técnica y profesional..." (artículo 70). "La búsqueda del conocimiento y la expresión artística son libres. Los planes de desarrollo económico y social incluirán el fomento a las ciencias y, en general, a la cultura. El Estado creará incentivos para personas e instituciones que desarrollen y fomenten la ciencia y la tecnología y las demás manifestaciones culturales y ofrecerá estímulos especiales a personas e instituciones que ejerzan estas actividades" (artículo 71).

Los anteriores mandatos constitucionales constituyen un derrotero claro y preciso hacia un futuro mejor. Es importante que la Constitución reconozca que la ciencia y la tecnología que un pueblo produce son parte de su propia cultura. De aquí ese énfasis especial en la cultura como base de nuestra nacionalidad, y la ciencia, las humanidades, las técnicas y las profesiones como actividades fundamentales de la cultura, y el mandato constitucional de promover la formación de los colombianos en estas áreas, dándole a la universidad un papel esencial en estos desarrollos.

Debemos recalcar que en estos mandatos no se percibe el afán cortoplacista de algunos funcionarios que pretenden que el papel de la ciencia y la tecnología en un país tercermundista pobre es resolver problemas del momento, para ayudar a apuntalar teorías económicas de moda. Así, uno era el papel que quería dársele a la ciencia en la visión cepalina de protección de las empresas y sustitución de importaciones, y otra cuando se maneja la visión neoliberal de la apertura económica y la reconversión industrial.

El mandato constitucional de promover la ciencia como parte de la promoción de la cultura y la formación de una identidad nacional les da un papel

de importancia fundamental a las ciencias básicas, pues no las condiciona a nada diferente al de ayudar a hacer la patria. En este sentido es fundamental que ahora se creen los mecanismos necesarios y adecuados para que el mandato constitucional pueda cumplirse. Señalaremos algunos.

Es necesario que la investigación universitaria tenga una financiación adecuada, segura y a largo plazo. Aunque debemos reconocer el interés de los últimos gobiernos en este sentido que permitió la contratación de préstamos con el BID para el desarrollo de la ciencia a través de los mecanismos diseñados por el Icfes y por Colciencias, vemos con preocupación que la utilización de préstamos, así sea a largo plazo y con intereses moderados, no sustituye la asignación de recursos suficientes del presupuesto ordinario. Se puede argumentar que esta es una manera de financiar la actividad científica de hoy con los impuestos del mañana, pero surge la preocupación acerca de la forma como se podrá financiar luego tanto los gastos corrientes como el pago de la deuda y su servicio. Además, tenemos que señalar que los préstamos están condicionados y que las prioridades de los prestamistas no siempre coinciden con las de los usuarios, como ocurre con el préstamo corriente para Colciencias en el que las prioridades son diferentes a las que la Constitución señala.

Para no cometer los mismos errores, es necesario analizar nuestra experiencia reciente. En efecto, la Ley 80 de 1980 significó un avance importante sobre la existencia en esa época en materia de investigación. En efecto, consagró que el 2% del presupuesto ordinario de la universidad debía dedicarse a la investigación, y sus decretos reglamentarios ordenaron que este monto debía invertirse en sufragar costos directos de la investigación, y no simplemente en pagar salarios de investigadores, ya incluidos en el presupuesto. Este fue un mandato legal imposible de cumplir por cuanto no se arbitraron recursos adicionales para las universidades públicas, ya de por sí presupuestariamente asfixiadas, para cubrir el nuevo rubro. Confrontados con la difícilísima disyuntiva de pagar salarios, único rubro cubierto, y aún así en forma parcial, por las trasferencias del gobierno y dedicar una parte de esos recursos para la investigación, las universidades estatales tuvieron que optar por pagar los sueldos de sus empleados. Esta es una lección clara y patente de que la Constitución y las leyes son letra muerta mientras no se destinen los recursos necesarios para permitir que se cumplan.

Por el otro lado, la Ley 80 obligó de la misma manera a todas las universidades, suponiendo que todas poseían las condiciones necesarias para hacer investigación científica, infraestructura, biblioteca, profesores de tiempo completo y administración ágil. Es importante reconocer que las funciones de la universidad de docencia, investigación y extensión no tienen que ser cumplidas, así sea ineficientemente y a regañadientes, por todas las instituciones del sistema universitario colombiano. Se podría sugerir que es al sistema al que le compete cumplir con tales funciones, y no a una universidad

en particular. De esta forma, se podrían encontrar instituciones especializadas en docencia y algo de extensión, mientras que otras podrían cumplir con las tres funciones, dependiendo de su tradición, objetivos y recursos. Si esto se aceptara, la financiación estatal para investigación debe dirigirse principalmente a las universidades de mayor capacidad investigativa, sin desentender institutos especializados y sin negar ayuda específica que pidan otras universidades para desarrollar su propio sistema investigativo.

La financiación estatal a la universidad debe cubrir varios renglones:

- a. Inversión, principalmente para la reposición de equipos de laboratorio para docencia de pregrado y de postgrado, y compra de nuevos equipos para investigación. La ciencia moderna tiene requisitos de infraestructura que son muy especializados y costosos. No se trata de ponernos a competir con las superpotencias para comprar equipos excesivamente onerosos como aceleradores de partículas, etcétera. Esto no quita el que podamos hacer algo similar a lo hecho por la Comunidad Económica Europea en el sentido de establecer laboratorios grandes y costosos sufragados por los miembros de la comunidad y a la disposición de todos. Algo semejante podríamos hacer entre países vecinos interesados en programas imposibles de sufragar por un solo país.

Al tratarse la financiación para equipos de laboratorio es necesario tener en cuenta un balance preciso entre comodidad de trabajo y tendencia a no duplicar. En efecto, ha sido frecuente en el pasado el intento de planificadores centrales de impedir que los investigadores de una misma región aun del país tengan más de un equipo muy costoso, y se han escuchado sugerencias muy bien intencionadas para establecer un único instituto o centro con todos los equipos, en cualquier lugar del país, y con exclusión de los demás, argumentando el problema de duplicación de esfuerzos para obtener los mismos fines. Vale la pena aclarar que, en el caso de las ciencias básicas, cada investigador, o grupo de investigadores propone su propia investigación, y aunque pueden necesitar equipos semejantes si se trata de grupos de la misma disciplina, casi nunca coinciden en la investigación de un mismo problema, y si lo hacen, lo están mirando desde perspectivas diferentes y están ejecutando facetas independientes del mismo enfoque. Por consiguiente, cada grupo requiere equipo suficiente y necesario para sus propósitos, independientemente de si hay equipos semejantes en localidades geográficamente alejadas, aun de la misma ciudad. Hay que tener en cuenta, además, la posibilidad de que la demanda sobre un equipo sea tan grande que se necesiten, independientemente de sus costos, dos o tres unidades del mismo equipo en el mismo laboratorio. Esto es cierto de algunos aparatos tales como ultracentrífugas, microscopios electrónicos, etcétera.

El investigador no puede encontrarse separado de su mundo. Por consiguiente, es necesario financiar adecuadamente la biblioteca de la univer-

sidad con el objeto de que reciba todas las publicaciones periódicas importantes del área. Nada sustituye la posibilidad de hojear una revista corriente que llega a la biblioteca y encontrar *de casualidad* algún nuevo avance que incide sobre nuestro trabajo, pero que no se pueden intuir por un simple título. En este sentido, la idea de la hemeroteca nacional propuesta por el Icfes en ningún momento puede entenderse como un sustituto para la biblioteca de la universidad, aunque sí claramente puede complementarla. Una biblioteca adecuada, complementada con una buena base bibliográfica local en disco óptico y el acceso a bases de datos disciplinarias internacionales, facilitaría inmensamente la tarea del científico colombiano, y es algo que se puede instrumentar con un costo inicial alto, pero con costos de operación muy pequeños.

- b. Plazas para profesores, investigadores y personal técnico de apoyo. Es necesario descongelar las nóminas de la universidad pública y de los institutos descentralizados que necesitan contratar investigadores para permitir absorber parte del recurso formado al nivel de doctorado y del postgrado en general. En este sentido se debería estatuir que para llenar las plazas que se creen, sea necesario que los candidatos tengan un título de postgrado, preferiblemente de doctor, y que se comprometan a presentar dentro del primer año de vinculación, y como compromiso para una vinculación definitiva, un proyecto de investigación que se inscriba dentro de las líneas ya existentes, o que permita la creación de una nueva línea. Es fundamental que las universidades establezcan planes de desarrollo con objetivos precisos y un cronograma que los haga posibles.

Por otra parte, la comunidad científica tiene que desempeñar un papel protagónico en la formulación de estos planes. Corresponde a los investigadores detectar las fortalezas y debilidades de sus respectivos departamentos, confrontarlos con la realidad nacional en otras instituciones, y compararlas con las realidades mundiales y las tendencias que se observan hacia el futuro. De esta confrontación debe resultar un plan, ojalá complementario con otras instituciones de su región, en el que se precisen las necesidades de personal durante los próximos 10 años, basados en las áreas que se quieren fortalecer y a aquellas que necesariamente se deben crear para responder a las necesidades regionales y nacionales. Y debe haber un compromiso real de los investigadores con estos planes de desarrollo, con los que no solamente se pretende formular derroteros investigativos para cada institución articulados con los planes nacionales, sino que deben incluir programas reales de formación de investigadores.

- c. Formación de investigadores. La formación de investigadores supone la conformación de verdaderos grupos de investigación que se consoliden en el tiempo a través del trabajo sistemático en un área determinada del conocimiento. Es necesario definir qué queremos decir por grupos consolidados de investigación. El sistema de escalafón colombiano, similar al que

rige en la mayoría de los países, tiene como tope el profesor titular, que debería ser la cabeza de un equipo compuesto por profesores asociados al titular, asistentes de los asociados y profesores auxiliares. En esta pirámide se supone que van llegando a los más altos escalones quienes hacen méritos suficientes para ello. Sin embargo, este sistema que rige claramente en Europa, donde el título de profesor se reserva para el titular y es motivo de orgullo y reconocimiento social, de ninguna manera aplica en Colombia, donde simplemente se trata de un escalafón individual que no implica la asociación con otros profesores, y sólo permite que haya reconocimiento salarial por motivos diferentes al simple paso del tiempo. En este sentido, a pesar de la existencia de algunos grupos aislados con un número limitado de profesores que trabajan en un mismo proyecto, hemos adoptado más bien el sistema norteamericano que implica la existencia de un profesor de postgrado con una línea a la cual se unen por períodos de hasta cuatro y cinco años estudiantes de doctorado, apoyados por técnicos de laboratorio, generalmente pagados por los mismos proyectos de investigación. En el verano es frecuente ver a estudiantes de último año o de carreras tales como medicina, unirse al grupo para llevar a cabo proyectos puntuales que se incorporan al conocimiento total que está generando el grupo.

Pienso que este es un buen sistema, que se puede complementar con la incorporación al grupo de profesores jóvenes, a nivel de auxiliar y aun de asistentes, que trabajen en el grupo mientras preparan sus propias líneas de investigación, tienen estudiantes de postgrado, y de esta manera generan su propio grupo. En Colombia hemos detectado un buen número de estos grupos consolidados, definidos en esta forma, sin quitar que en algunas áreas se han establecido institutos y centros que trabajan sobre un mismo tema bajo la dirección de un líder.

El establecimiento y funcionamiento normal de estos grupos necesariamente requiere fondos adecuados para becas de sostenimiento para estudiantes de doctorado, sueldos para investigadores asociados y para personal técnico, y fondos para asistencia a congresos tanto nacionales como internacionales. El primer punto es absolutamente fundamental. El estudiante de postgrado es un profesional, muchas veces con una familia que sostener, que en el caso de las ciencias básicas debe dedicarse de tiempo completo exclusivo a su investigación, única garantía de que la hará bien y en un tiempo razonable. Por esta razón, es necesario que este profesional reciba una beca que compense en buena parte lo que está dejando de ganar si estuviera contratado por alguna institución. Aquí vale la pena recordar la existencia de fondos tales como el establecido por Colciencias, el Icfes y el Icetex. Cualquier fondo debe tener la modalidad de hacer préstamos condonables por años de servicio a instituciones universitarias o a institutos de investigación. La razón para que estos préstamos no se cobren en tales circunstancias es que los egresados han aceptado

ganar poco al dedicarse a servir a su país como profesores universitarios. Cuando esto no es cierto, y el egresado se emplea con una compañía, es justo que bien el egresado personalmente, bien la compañía paguen el dinero que en él ha invertido el Estado.

- d. La financiación que debe dar el Estado para cumplir con el mandato constitucional de promover la ciencia debe ser de dos tipos. Por un lado, se debe proveer a los grupos consolidados con partidas quinquenales que aseguren el adecuado funcionamiento del grupo sin sobresaltos. Por otro lado, los miembros del grupo deben competir por los fondos concursables de las instituciones financiadoras a través de proyectos y programas especiales concebidos para conseguir equipos nuevos o contratar nuevos investigadores.
- e. Tanto la experiencia en Colombia, como los ejemplos que podemos observar de países más adelantados, nos muestran que para que la investigación tenga éxito es necesario tener una adecuada administración y coordinación de la misma. Por consiguiente, compete a las universidades que tienen grandes programas investigativos crear las estructuras administrativas adecuadas y suficientes. Un ejemplo es la existencia de una vicerrectoría de investigación de postgrado, común en las universidades norteamericanas y aun en universidades como la de Costa Rica, pero que en Colombia sólo se encuentra en las universidades del Valle y de Antioquia, pero limitada únicamente a investigación, y en el caso de la del Valle, también al doctorado.

Sin embargo, la creación de estas estructuras administrativas requiere fondos para su adecuado funcionamiento. En los Estados Unidos las agencias financiadoras dan un 54% adicional a los fondos aprobados para un determinado proyecto como *overhead*, o sea, costos administrativos. En Francia, donde el Estado financia en forma permanente, no por proyecto, la investigación universitaria, de todas formas se reconoce un 2% sobre los fondos asignados para investigación para su administración.

En Colombia es necesario que se adopte una política intermedia. Así, Colciencias y demás agencias financiadoras deben proveer un porcentaje razonable, 15%-20% de los montos aprobados, adicional a los mismos, para la administración de la investigación.

No podemos, sin embargo, pretender que el Estado cubra todas las necesidades de investigación del país por sí solo. Diferentes países industrializados proveen fondos y otras oportunidades para mejorar las condiciones de países del Tercer Mundo. Creo que es muy importante que el Estado canalice a través de Colciencias, quitándole esta función a Planeación Nacional, los fondos de cooperación internacional que se ofrezcan para el efecto.

El sector privado también debe vincularse a esta financiación integrando grupos mixtos con la universidad con el objeto de estudiar a nivel de

laboratorio, y escalar a nivel de planta piloto y de fábrica procesos y productos de interés comercial.

El papel de las *fundaciones* en la financiación de la investigación es fundamental, y se deben incrementar las actualmente existentes para mejorar la disponibilidad de fondos. Las fundaciones son entes privados a las cuales deben contribuir los industriales y los gremios. Sin embargo, ante la falta de cultura científica que hemos señalado, esto no se logrará a no ser que represente un beneficio económico claro para el donante. Por consiguiente, el gobierno podría aceptar como parte del pago de los impuestos sobre la renta que correspondan, la donación en dinero que se haga a las fundaciones que financian la ciencia.

Formación

Considero que cometimos un error histórico al limitar nuestros postgrados al nivel de magíster. Es importante corregir ese error, y deberíamos de inmediato dar el paso para no tener sino programas de doctorado, dejando el nivel de magíster únicamente para quienes por cualquier razón no puedan optar al doctorado y hayan llenado parte de los requisitos para obtenerlo.

El apelativo de magíster, que etimológicamente significa maestro, y que difiere del término máster, que implica el dominio de un campo o de una técnica, fue escogido para quienes después de haber cumplido con un determinado requisito de cursos, haber aprendido a hacer investigación dirigida por un investigador independiente, y haber logrado una cierta capacidad pedagógica en docencia universitaria iban a ser profesores universitarios en las ciencias básicas. Debemos notar que el requisito de aprender a hacer investigación no necesariamente cumple en la mayoría de los programas que tienen el nombre de magíster, y que más bien son especializaciones o reorientaciones de tipo profesional, basadas en cursos iguales para todos los de una determinada promoción. En este tipo de programas de magíster que son los que han proliferado a lo largo y ancho del país, no se pretende ni formar docentes universitarios, ni mucho menos investigadores. El doctorado se concibió desde un principio como el programa que permitía formar investigadores independientes, con un currículo flexible diseñado en función de la investigación que debía llevar a cabo el doctorado, y que debía concluir con un aporte original al conocimiento universal.

Teniendo en cuenta estos conceptos, sería conveniente reorientar la formación de los magísteres en ciencias básicas con el objeto de que puedan llevar a cabo funciones de investigación dirigida en unidades productivas, mientras que el doctorado estaría dirigido a la formación de investigadores independientes capaces de impartir docencia universitaria.

Debemos, eso sí, asegurar su excelencia, impidiendo que en el caso del doctorado se repita la experiencia de los magísteres no basados en investiga-

ción, para lo cual es necesario que solamente las universidades que tengan grupos de investigación consolidados participen en este nivel de la formación. Pero también es importante desmitificar el doctorado. En el caso de las ciencias básicas, el doctorado es simplemente un programa por medio del cual se asegura que un profesional adquiere las destrezas necesarias para convertirse en un investigador independiente. Esto implica que tiene que aprender a hacer investigación realizándola bajo la dirección de un investigador avezado durante un lapso que generalmente es mayor de tres años. Ningún curso o conjunto de cursos o actividades de cualquier género puede sustituir esta investigación en la que están íntimamente involucrados el tutor y el estudiante. Y para lograr un buen desempeño el estudiante sólo requiere guía, una buena biblioteca y un laboratorio adecuado. Lo demás es su inteligencia y su capacidad de trabajo. Y el resultado debe ser un avance en el conocimiento que debe someter conjuntamente con su profesor al juicio de otros profesores que tienen un título de doctor.

Concebido de esta manera, sería bueno establecer un plazo máximo, digamos 10 años, para que todo nuevo profesor universitario tenga un doctorado o formación equivalente.

Por último, es necesario establecer mecanismos de financiación para la formación de profesionales en ciencias básicas. El establecimiento de crédito educativo suficiente, que incluya sostenimiento, es una necesidad cuya manera de satisfacerla debe ser estudiada.

Conformación y papel de una comunidad científica

Independientemente del apoyo estatal, la ciencia no puede consolidarse y formar parte de nuestra cultura a menos que exista un número suficiente de investigadores que la cultiven, se conozcan entre sí y puedan asumir un papel crítico pero positivo tanto frente a ellos mismos como frente a las políticas del Estado.

Una comunidad científica no se establece simplemente porque se apoya, individualmente o a través de los grupos de investigación consolidados, el esfuerzo investigativo aislado. Es necesario crear los mecanismos que permitan que tanto en la misma universidad, como a nivel regional y nacional se pueda dar un verdadero intercambio de pensamiento, de datos, de hallazgos.

El establecimiento de una comunidad científica pasa por una etapa de consolidación a nivel local. Es más frecuente que los compañeros de un mismo departamento no conozcan sino someramente lo que los otros están haciendo. Para lograr superar este aislamiento, cada departamento disciplinario de cada una de nuestras universidades e institutos de investigación debería establecer un seminario periódico de investigación, cuya frecuencia debe depender del mismo ritmo de trabajo del departamento. Se debería exigir, como requisito mínimo para la aprobación institucional de cada

proyecto de investigación que éste fuera presentado ante el departamento, lo cual además asegurará la ayuda de otros investigadores interesados en temas similares. Lo mismo debe decirse de un proyecto que termina y cuyo informe final debería ser discutido primero en un seminario del departamento, antes de enviarlo a las agencias financiadoras pertinentes. Estos seminarios deben ser abiertos, tanto a nivel de la propia facultad, como de la universidad y de otras universidades regionales.

Lo anterior presupone la existencia de un boletín en el que se anuncien los seminarios y conferencias de actualización que un determinado departamento ofrece. El boletín puede llevar también otras noticias que ayuden a crear un espíritu de pertenencia a la comunidad científica de la que es miembro de facto.

El fortalecimiento de las sociedades científicas es fundamental. Existen y funcionan bastante bien sociedades científicas en química, física, matemáticas y ciencias biológicas, incluyendo en esta última las ciencias básicas médicas. Hasta el momento estas sociedades han desempeñado un papel fundamental no sólo en la creación de la comunidad científica sino en el desarrollo de la investigación en ciencias básicas. Este papel se ha cumplido por medio de los dos mecanismos básicos: los congresos nacionales y la revista.

Los congresos nacionales son actualmente verdaderos foros científicos donde se ha dejado la vieja costumbre colombiana de presentar ponencias teóricas y hacer planes grandiosos que una vez se han discutido en comisiones y luego en plenarias, se presentan a la sociedad misma y a las instancias pertinentes para que después duerman el sueño de los justos en anaqueles o archivadores. Esta actividad ha sido sustituida por la presentación de resultados de trabajo científico con toda la rigurosidad del caso. Los recientes congresos de física y ciencias biológicas en Barranquilla y de química en Cali así lo atestiguan. En cada uno se presentaron más de 100 trabajos de investigación, y de acuerdo con lo consignado en las memorias representan un retrato bastante bueno de la ciencia que actualmente hacemos en Colombia.

Sin embargo, hay fallas que debemos señalar. Quien asiste a cualquier congreso notará que la mayor parte de los presentes proviene de la ciudad, y máxime de la región donde se celebra el congreso. Son pocos los científicos que pueden asistir a todos los congresos, generalmente no por falta de trabajo sino de financiación. A pesar de que es mucho lo que se ha avanzado en este sentido, las universidades todavía no consideran importante la asistencia a congresos y no prestan el apoyo económico necesario. Tanto el Icfes como Colciencias dedican cantidades pequeñas para el transporte y estadía de algunos científicos, en ningún caso suficientes. Pero tampoco existe una cultura entre los científicos que haga que coloquen en sus proyectos de investigación el rubro de asistencias a congresos, como lo hacen nuestras contrapartes internacionales, ni tampoco están dispuestos a gastar de su

propio, generalmente menguado, presupuesto, una cantidad para desplazarse al sitio del congreso. Entiendo que Colombia es un país muy grande, con vías de comunicación terrestre muy limitadas, pero la comunidad científica que adquiera la conciencia de que la asistencia a congresos satisface una necesidad de expresión y forma parte de su propio trabajo, seguramente conseguirá mecanismos que le permitan su asistencia sistemática a estas reuniones, sin esperarlo todo directamente del Estado.

Por el otro lado, la revista de las asociaciones ha cumplido el excelente papel de ir creando una memoria colectiva escrita de nuestros esfuerzos. La publicación de una revista en nuestro medio es una tarea de titanes, no tanto por el desgaste administrativo y las innumerables trabas financieras y burocráticas para la publicación, como por la falta de material para publicar de acuerdo con cronogramas establecidos. Esto nos trae de nuevo a la falta de cultura escrita en nuestra sociedad. Es, por tanto, fundamental, lograr que el científico colombiano escriba. No se trata sólo de hacer presencia aislada y esporádica en revistas extranjeras que la mayoría de las veces son revistas de sociedades científicas locales que han ganado un merecido reconocimiento internacional, sino de fabricar a base de calidad y excelencia científica una revista colombiana de cada una de las ciencias básicas que gane un puesto de importancia en el consorcio de las publicaciones internacionales.

Las sociedades científicas deben preocuparse, además, por regionalizar la ciencia. En este sentido, es necesario que ellas tomen a su cargo la coordinación de las actividades que se hacen en forma dispersa en las diferentes ciudades del país. Se deben presentar planes anuales de simposios regionales, cursos de actualización, intercambio de científicos y estudiantes, que tengan una financiación parcial por parte del Estado, y el resto se consiga a través de los esfuerzos de la misma sociedad.

Es conveniente adoptar una política de establecimiento de vínculos de cooperación entre científicos colombianos que se encuentran en el país, con quienes han emigrado y actualmente ocupan puestos de importancia en universidades extranjeras. Para lograrlo se deben diseñar planes que incluyan visitas periódicas a otros laboratorios, y enfrentamientos cortos de los estudiantes de postgrado en diferentes laboratorios, a través de un gran programa nacional administrado por Colciencias. Estos intercambios deberían incluir tanto a las universidades colombianas como a las extranjeras, y en esto es interesante contar con redes ya existentes tales como la Universidad Iberoamericana de Postgrado, con su programa de acreditación e intercambio de investigadores Sur-Sur.

Recomendación final

La consolidación de la ciencia como parte de nuestra cultura exige mucho más que financiación adecuada, formación de científicos y conformación de una

comunidad. Exige un esfuerzo concertado entre el gobierno, tanto nacional como local, las universidades e institutos de investigación, el sector productivo y los científicos. Son estos últimos responsables de que esta concertación exista, y deben darse cuenta de que a ellos les corresponde el papel de orientar y promover el proceso.

Faltan por reglamentar algunos artículos importantes de la Ley 29 de 1990 y queda la magna tarea de promulgar las leyes que permitan poner en práctica los mandatos constitucionales nuevos. En esto, las comunidades científicas tienen una responsabilidad muy grande de trabajar hombro a hombro con Colciencias para que el régimen legal que se establezca permita, como todos lo queremos, promover, fomentar y consolidar la ciencia colombiana.

UNA REFLEXION ACERCA DEL FUTURO DE LAS CIENCIAS BASICAS EN COLOMBIA

Sergio Fajardo

Introducción

La proximidad del nuevo siglo ha puesto a pensar al país. En esta última década Colombia tiene que modernizarse para asumir los retos que afrontará a partir del año mágico: el 2000. Con la apertura económica nos vincularemos de manera activa a un nuevo orden mundial que sin reconocer barreras territoriales, pretende hacer del mundo un inmenso mercado. El gran reto que enfrentamos es el de adecuar nuestras instituciones a la competencia internacional. En consecuencia, el país tendrá que modificar radicalmente su esquema productivo y así surgirá una nueva Colombia.

Uno de los motores que impulsa este ritmo vertiginoso de cambio es el espectacular grado de desarrollo científico-tecnológico que ha alcanzado una buena parte de la humanidad. Los países avanzados están enfrascados en una agguerrida competencia en la que luchan por llevar sus productos a todos los rincones del mundo. El éxito de sus políticas depende cada día más de su capacidad para traducir los nuevos descubrimientos científicos en desarrollos tecnológicos que eleven el nivel de vida de los ciudadanos. Por esta razón, nuestro país, en donde la ciencia ha sido una actividad marginal sin ningún reconocimiento social, se ve obligado a mirar seriamente su estructura científica-tecnológica. Hoy muy pocos dudan de que la suerte del proceso de modernización que se ha iniciado está indisolublemente ligada a la forma en que el país se adapte a los nuevos parámetros que impone la ciencia mundial.

El panorama de la ciencia en Colombia no es claro. Actualmente priman los grupos pequeños y dispersos, sumergidos en un ambiente científico pobre, sujetos a la buena voluntad de unos pocos líderes, algunos con mentes abiertas y modernas, y otros sin visión ni perspectivas. Después de vivir por

años sumida en el ostracismo, la comunidad científica colombiana se ha encontrado de repente con la obligación de buscar un nuevo rumbo para asumir la responsabilidad que le corresponde en este final de siglo, y no convertirse en un pesado lastre que retrase los intentos de modernización del país.

Son múltiples las razones que se pueden esgrimir para explicar el atraso científico de Colombia. Cualquier científico o persona culta es capaz de dar argumentos para justificar la relevancia de las ciencias en el desarrollo de una sociedad, y la importancia que tiene la vinculación efectiva del Estado en la promoción de éstas. El tradicional argumento, que muchas veces ha coartado el desarrollo de nuestro país, es la actitud de mirar y en muchos casos imitar lo que hacen en otras latitudes, en este caso estaría a favor de los científicos: en todos los países desarrollados hay una intervención decidida y sustancial del Estado en favor de la investigación científica. Incluso en los países del sudeste asiático, que para muchos se han convertido en el ejemplo para seguir, el gasto en investigación en ciencias es considerable. Otros países latinoamericanos con un grado de desarrollo social inferior al nuestro invierten más en su estructura científica.

Todas estas razones, tan válidas como pueden ser, han sido expuestas mil veces, sin mayor éxito. Uno de los motivos que explica este fracaso de los científicos para lograr un compromiso serio del Estado colombiano con su actividad, es el poco impacto que en nuestra sociedad han tenido como individuos. Nunca un científico ha tenido un liderazgo visible ante los ojos del llamado país político. Ni siquiera ha existido un reconocimiento amplio de la comunidad científica internacional para un compatriota, de forma que se despierte nuestro tropical orgullo patrio y sirva como excusa para lograr una mayor aceptación de la ciencia.

La coyuntura que atravesamos es la mejor oportunidad que se les ha presentado a los científicos colombianos para construir sobre bases sólidas una verdadera comunidad científica, que esté de acuerdo con los intereses de la sociedad y que recupere para la ciencia el papel que le corresponde. El proceso de reestructuración de Colciencias abre las puertas de la participación en la formulación de políticas científicas a un grupo más amplio de investigadores. Es imprescindible recoger las experiencias de aquellos individuos que dada la estrechez de los canales tradicionales de comunicación, no han tenido oportunidad de participar en los procesos de discusión, orientación y conducción de la política científica del país.

Las perspectivas del trabajo científico en Colombia pueden ser amplias. Hay que empezar por reconocer la debilidad de la estructura actual y plantear alternativas que sean consistentes con el desarrollo de nuestra sociedad; o también hay que romper el círculo vicioso que no trasciende la discusión simplista, siempre perdida, en la que se culpa al Estado por el subdesarrollo científico del país y que se limita a exigir la asignación de un porcentaje

determinado del producto interno bruto para la actividad científica. Es crucial luchar por ganar en la práctica un terreno que sin lugar a dudas le pertenece a la comunidad científica, pero que por la particularidad de nuestra evolución cultural nunca ha sido realmente ocupado. La única herramienta de la que se dispone es la solidez del compromiso de los científicos con la ciencia. Las exigencias deben ir de la mano de un trabajo que las sustente, para lograr un reconocimiento efectivo de la ciencia como un elemento determinante en la modernización del país.

En síntesis, hay que agrupar a la comunidad alrededor de unos criterios básicos, para actuar en forma conjunta y lograr que los científicos dejen de ser personajes esotéricos, sin voz ni voto, en la construcción del país.

Perspectivas

El principio fundamental que inspira la nueva actitud hacia la ciencia es muy simple: "Acercar la ciencia y la tecnología al sector productivo nacional para mejorar las condiciones de vida del pueblo colombiano". Como frase de promoción de una política es interesante, pero es tan amplia que prácticamente no dice nada. Naturalmente, el problema consiste en interpretar esta afirmación de forma que podamos pasar de unas buenas intenciones a plantear una política que integre de manera consistente, las necesidades del pueblo colombiano con los últimos avances tecnológicos, las peculiaridades de las diferentes ciencias y la idiosincrasia de los científicos.

En el campo de las ciencias básicas, la pretensión de *acercarlas* al sector productivo nos lleva a un terreno, en muchos casos ambiguo, en el cual se presentan como antagonicos desarrollos científicos teóricos —o puros— y aplicaciones de tipo práctico. Esta es una polémica inocua y dañina, particularmente en una situación como la nuestra, en donde el grado de desarrollo científico es mínimo desde cualquier punto de vista que se le mire.

El caso de las matemáticas es interesante. Desde kinder todos tomamos matemáticas. En la universidad los estudiantes tienen que tomar por lo menos dos cursos de matemáticas, llegando hasta ingenierías en las cuales se les exigen ocho cursos. Es común escuchar a investigadores que lamentan no tener un conocimiento más profundo de matemáticas para poder avanzar en su tema. Se llega incluso al caso de disciplinas en donde el reconocimiento de algunos trabajos es directamente proporcional a la complejidad matemática de sus construcciones y argumentos. En ciencias sociales es particularmente notorio el *poder* que tiene una teoría que se formula en términos axiomáticos y de la cual luego se extraen conclusiones y recomendaciones *prácticas* a partir de un teorema demostrado de acuerdo con los cánones matemáticos. En resumen, las matemáticas están en todas partes; el problema es que, en principio, nadie sabe cómo *acercarlas* al sector productivo nacional. Naturalmente ésta, y otras inquietudes similares, no se van, ni se pueden resolver en

abstracto. Sólo en el momento en que se empieza a dar una comunicación real entre investigadores de diferentes ciencias, técnicos, ingenieros y promotores industriales, podremos saber en qué medida las ciencias, y en particular las matemáticas, pueden ayudar a resolver las necesidades del país.

De acuerdo con la forma como vienen evolucionando la ciencia y la economía a nivel mundial, es claro que Colombia debe hacer uso de los inmensos recursos naturales que posee, pero ya no como un simple exportador de materias primas. En esta nueva época, será crucial que el país desarrolle herramientas científico-tecnológicas que le permiten explotar todas las dimensiones de las múltiples ventajas comparativas que nuestra localización geográfica ofrece. Bajo estas circunstancias, los científicos nacionales estarán más obligados que nunca antes a moverse en el ámbito internacional, para evitar duplicar experiencias, enriquecerse de los avances que otros investigadores han logrado, y al mismo tiempo abordar una de las tareas más interesantes que les ha correspondido a los científicos colombianos en toda la historia: trasladar de la esfera local a la mundial, problemas y desarrollos científicos que surgen de las condiciones específicas de nuestro país. Este proceso de inserción en la comunidad científica mundial permitirá que desde Colombia se amplíen los horizontes de la ciencia y que en consecuencia, el país se beneficie más directamente del cuerpo de conocimiento que a pasos agigantados esta comunidad construye día a día.

La ausencia de una cultura científica en Colombia ha permitido que en diferentes círculos se considere que el país fundamentalmente debe limitarse a adoptar una política de transferencia de tecnología desde los países industrializados, dejando que las ciencias, especialmente las ciencias básicas, las desarrollen en esos centros. Nosotros nos beneficiaríamos directamente de los avances obtenidos en esas sociedades, en donde sí tienen los recursos económicos necesarios para financiar la investigación científica. De esta forma se mira a la ciencia como una actividad *sui generis*, en la cual no se deben malgastar nuestros escasos recursos. Se ignora, entre muchas cosas, que las llamadas tecnologías de punta sólo se dan después de refinados avances científicos y que para hacer un uso adecuado y creativo que maximice la utilidad de estas tecnologías es indispensable tener una capacidad científica básica, que no se encuentra en los manuales de operación.

Son varios los frentes en los cuales se puede trabajar para avanzar y diseñar un verdadero programa nacional para las ciencias básicas; consolidar la comunidad científica, con el debido reconocimiento del país político, buscando con el sector productivo nacional formas alternativas de comunicación, que permitan un verdadero diálogo del cual surjan proyectos que beneficien al país. Y precisamente el tema de la comunicación sirve para introducir una institución sobre la cual deberá girar en gran parte el plan nacional de ciencia y tecnología: la universidad colombiana.

La universidad como protagonista central

Sin lugar a discusión, una de las tareas más importantes que le corresponde a la comunidad científica es la participación directa en la formación del capital humano del país. En ninguna parte del planeta se discute hoy el papel que desempeñan las ciencias básicas en las diferentes etapas del desarrollo intelectual de las personas y tampoco la relevancia que éstas han tenido, tienen y tendrán en los desarrollos científicos y tecnológicos más importantes. Este proceso de formación se inicia en la primaria y culmina en la universidad, y nos pone frente a un serio problema: la estructura educativa nacional, y en particular la universitaria, que resulta inadecuada para responder a las exigencias que el proceso de modernización actual plantea. Uno de los interrogantes más importantes que hay que responder en los próximos años es cómo la universidad colombiana de fin de siglo va a transformarse de modo que no se quede atrás en la construcción del nuevo país.

La universidad en los últimos años se convirtió en convidada de piedra de la sociedad colombiana. El país ha venido moviéndose en dimensiones ajenas a las que se desarrollan en las aulas y de esta forma, la universidad ha perdido su capacidad de influir en la toma de decisiones que están determinando el futuro de los colombianos. El tema de la ciencia y de la tecnología aparece en el momento indicado para revertir este proceso y abrir un nuevo capítulo en la historia de la universidad colombiana, que le devuelva la presencia que le corresponde en una sociedad como la nuestra.

El reto que se enfrenta es trascendental y con él, muchos los riesgos que se corren. En un proceso de modernización de la envergadura del que se ha iniciado en Colombia, es fácil caer en la tentación de avanzar precipitadamente, confundiendo el horizonte de los problemas, mezclando pragmatismo e inmediatez, en detrimento de la construcción de una estructura con bases verdaderamente sólidas, que sirvan para alcanzar en un plazo amplio y razonable los objetivos trazados. Se necesita una mezcla con las proporciones adecuadas de visión, ingenio, audacia y sabiduría para lograr que este esfuerzo culmine con éxito.

La universidad del futuro va a tener como eje central de su actividad la investigación en todas sus disciplinas. Consecuentemente, el primer paso que se debe dar es una revisión a fondo de su funcionamiento actual con el objeto de crear las condiciones adecuadas para que la investigación adquiera la dimensión que le corresponderá en los años venideros. Son muchos los factores que han de intervenir en este proceso, y acá me limitaré a mirar aquellos que están más ligados al posible sector de influencia de Colciencias; pero no puedo dejar de citar uno que es poco mencionado y que será crucial para lograr un desenlace satisfactorio de las políticas que se propongan: los administradores universitarios. Es imperativo que la conducción de las políticas universitarias esté en manos de personas para quienes la palabra

investigación sea más que un simple eslogan. Esto, claramente, significa que los científicos deben empezar a desempeñar un papel más activo en la formulación de las políticas educativas del país, tomando en sus propias manos la responsabilidad de elevar las ciencias al lugar que les corresponde.

Por esta época es común escuchar el siguiente comentario: "El sector empresarial no está preocupado por utilizar los recursos científicos tecnológicos que ofrece la universidad". Detrás de esta visión se encuentra una de las paradojas que ilustra lo obsoleta que está la universidad en Colombia: los empresarios que invierten en el sector productivo nacional, los ingenieros que trabajan en las grandes compañías, los funcionarios que orientan las acciones del Estado, y en general los profesionales vinculados a las empresas del país han pasado varios años en la aulas de las universidades colombianas. ¿Será que se les olvida lo que aprenden en la universidad una vez salen de los salones de clase? Esta situación simplemente desnuda una gran verdad: la instrucción que ofrece la universidad en gran medida desconoce el significado de la investigación, la ciencia, la tecnología y, en términos más amplios, todas aquellas actividades que tiene que ver con el proceso creativo de las personas.

El ejemplo anterior sirve para resaltar un punto que tiene que ser prioritario en la reestructuración de la universidad colombiana: un replanteamiento total de los programas de pregrado. Este es un tema crucial, que merece mucha más atención de la que se le ha prestado hasta el momento. La mayoría de los pregrados en Colombia fueron diseñados para épocas totalmente distintas a las que hoy vivimos. Antes no existían especializaciones ni maestrías, y por tanto, se buscaba enseñar en cinco años todo lo que el estudiante iba a necesitar para el resto de su vida profesional. Las innovaciones que este sistema ha sufrido en el tiempo han consistido principalmente en añadir cursos, más y más especializados, que poco le han aportado al estudiante a la hora de vincularse al sector productivo y que por el contrario, han ido en contra de su capacidad para enfrentar creativamente situaciones y problemas en los que no está entrenado.

Entre las muchas medidas que es necesario tomar para reformar los pregrados es importante recordar el tiempo de duración de estos programas y reforzar la enseñanza de las ciencias básicas —el apelativo de *básicas* no es gratuito— desde una perspectiva interdisciplinaria. Se dejan los temas más avanzados para programas de especialización y maestría, que pueden responder flexiblemente tanto a las necesidades de los diferentes sectores de la producción nacional a los requerimientos del sistema educativo.

En este esquema, los doctorados surgen naturalmente como las instancias en donde la investigación es la actividad central y es a través de estos programas como el país entra a formar parte de la comunidad científica internacional. En este nivel se mueven los científicos que ponen al alcance de la sociedad los beneficios que ofrece la ciencia, que aportan su capacidad crea-

tiva para ayudar a fortalecer la presencia del país en el plano mundial, y que al mismo tiempo ayudan a formar a los científicos de las nuevas generaciones.

El tema de los doctorados ha sido muy discutido pero en los que no debe haber dudas es en el hecho de que el futuro de la investigación en ciencias básicas va a depender, en un mediano plazo de la consolidación de estos programas. El problema central consiste en determinar qué tan cerca está ese mediano plazo y bajo qué condiciones se pueden iniciar los programas. No tiene sentido crear programas de doctorado si no hay una necesidad ni posibilidades reales de vinculación de los egresados a universidades en donde sean valorados en su condición de investigadores. Al mismo tiempo, no se puede ignorar, como lo he indicado anteriormente, que la ciencia no tiene fronteras y que, por tanto, los estudiantes que se gradúen de nuestros programas van a participar directamente en un nivel mundial y lo mínimo que se debe pedir es que ingresen en esta esfera en igualdad de condiciones.

Un cambio radical que tendrá que darse muy rápidamente, es una reforma profunda de la actividad docente en la universidad. En un futuro próximo no se discutirá acerca de las cualidades del profesor universitario, ni habrá distinciones artificiales entre docentes e investigadores. Surgirán nuevas formas de docencia, en las cuales el espíritu investigativo de los profesores será el hilo conductor de todo el proceso de aprendizaje.

Es pues, indispensable repensar la universidad colombiana, empezando por vincular de manera efectiva a la enseñanza los fundamentos y posibilidades de la ciencia y la tecnología, acabando con la especialización prematura y creando una estructura acorde con las nuevas realidades. Si estas observaciones no son tenidas en cuenta en una perspectiva de transformación a mediano plazo de la universidad colombiana, las políticas que se ejecuten para acercar la ciencia y la tecnología al sector productivo nacional, por más buenas que sean, nunca alcanzarán a generar los resultados que se esperan.

El papel del Estado

La nueva Constitución consagra en el artículo 69 la autonomía universitaria y al mismo tiempo establece que "el Estado fortalecerá la investigación científica en las universidades públicas y privadas y ofrecerá las condiciones especiales para su desarrollo". De una parte se abren las puertas que entre quien quiera a la educación superior colombiana. Las universidades tendrán libertad para abordar de acuerdo con sus intereses. Al desaparecer la intervención directa del Estado en las universidades se espera que sean las fuerzas del mercado, a través del mecanismo de oferta y demanda, las que eleven la calidad de la educación ofrecida a nivel universitario. Posición que no comparto, pero que no discutiré acá.

De otro lado, el mismo artículo abre una compuerta, que bien utilizada, le permitirá al Estado convertirse en la principal fuerza impulsora de la mo-

dernización universitaria. En el artículo aparece la expresión que, como dije antes, marcará el futuro de la universidad colombiana: investigación científica. El Estado, al ser la principal fuente de financiación de proyectos científicos en el país, tiene en sus manos la capacidad para influir decididamente en la transformación que va a sufrir la universidad y la comunidad científica en los próximos años.

Examinando los cambios ocurridos en los organismos gubernamentales que tradicionalmente han tenido a su cargo las políticas de educación, es claro que el Ministerio de Educación ya no tiene prácticamente nada que ver con la educación superior y que el Icfes está desapareciendo lentamente. Así pues, Colciencias va a ser la institución que cargará con la responsabilidad de hacer la presencia del Estado en este proceso de modernización. A continuación presento una serie de propuestas que, partiendo de la visión expuesta en los párrafos anteriores, señalan un posible camino para seguir en el desarrollo de las ciencias básicas en Colombia en los próximos años.

Hay tres principios elementales que considero importantes tener presentes al elaborar un plan de desarrollo como el que se quiere; son ellos:

- Primero: el plan debe ser progresivo.
- Segundo: todo proyecto que al ser evaluado sea calificado como científicamente importante debe ser financiado.
- Tercero: así como a nivel industrial el país abrió sus fronteras y se sometió a la competencia internacional, la actividad científica colombiana se debe regir por los parámetros de la ciencia mundial.

Antes de continuar voy a comentar un poco acerca de estos principios.

El carácter progresivo que debe tener el plan obedece a la situación planteada anteriormente, en donde el afán por *mostrar* resultados inmediatos, conduce generalmente a mayores frustraciones. No se puede pretender superar el atraso científico nacional en un abrir y cerrar de ojos. El primer paso consiste en desencadenar el proceso y mantener un ritmo equilibrado de desarrollo, siendo lo suficientemente flexibles para replantear objetivos para adaptarse a diferentes circunstancias. Es necesario respetar etapas lógicas, lo cual de ninguna manera significa que haya que limitarse a repetir modelos establecidos, en detrimento de un planteamiento original de parte de la comunidad científica colombiana. Este es precisamente el reto: responder creativamente a una situación como la nuestra, para la cual no hay quien tenga la fórmula mágica que garantice el éxito.

Los otros dos principios tienen varios puntos en común. Uno de los aspectos fundamentales para dar credibilidad al plan nacional será la forma como se ejecute el proceso de evaluación. Este tiene que ser exigente, serio y perfectamente riguroso. Se deben eliminar los factores no científicos en el manejo de la ciencia. Concretamente me refiero a aberraciones tales como el compadrazgo entre evaluadores, la visión seudonacionalista que no acepta

conceptos externos por atentar contra la identidad nacional, la presentación de proyectos con presupuestos inflados, la concepción que identifica como enemigo personal a aquel que difiere de la posición de un individuo, etcétera. Se debe acabar con la concepción artificial de una ciencia nacional, lo cual, obviamente, es completamente diferente de aportes científicos nacionales al avance de la ciencia mundial.

Otra implicación del segundo principio es que no se discriminarán a científicos que no estén encasillados en una línea de investigación específica. Toda persona que presente un trabajo de calidad y que tenga un compromiso serio y reconocido en el mundo de la ciencia debe ser apoyada. En este punto es oportuno hacer una aclaración. Cuando propongo una evaluación de acuerdo con criterios internacionales no significa que va a juzgarse la labor de los científicos colombianos en pie de igualdad con la de los investigadores de los centros académicos más prestigiosos del mundo.

Naturalmente, habrá que tener en cuenta factores específicos de nuestra sociedad, pero nunca desde una perspectiva paternalista, justificada por nuestro *subdesarrollo*.

El binomio Estado-universidad

En el momento actual, y por varios años más, el peso de la investigación en ciencias básicas en el país va a estar concentrado en las universidades. Todavía nos falta mucho terreno por recorrer en el proceso de concientización de los empresarios acerca de la posibilidad que las ciencias básicas ofrecen y, por tanto, es utópico pensar que en el corto plazo habrá un nivel significativo de investigación en el sector productivo.

Si partimos de la premisa de que el desarrollo del plan debe ser gradual, debemos empezar por revisar la relación entre el Estado y la universidad pues, como bien sabemos, hasta hoy, bien o mal, ha sido Colciencias, en representación del primero, el organismo que se ha encargado de financiar el mayor número de proyectos de investigación en el país. En esta primera aproximación al tema no hago distinciones entre universidades públicas y privadas; pero naturalmente en la elaboración de un plan detallado hay que entrar a analizar cuidadosamente las diferencias que surgen entre dos tipos de universidad, especialmente a la luz de las medidas tomadas recientemente, que van a tener implicaciones muy serias en el funcionamiento de las mismas.

La forma más elemental, practicada universalmente, de apoyo a la investigación en ciencias es aquella en la que un investigador o grupo de investigación presenta un proyecto ante alguna entidad que lo evalúa y decide la forma como ayuda a que éste pueda realizarse.

En Colombia es muy pequeño el número de entidades que están interesadas en apoyar la investigación en ciencias y las pocas que lo hacen tienen

unos recursos ínfimos. Los fondos que ofrecen organismos internacionales son muy competidos y pocos científicos colombianos tienen las conexiones para hacer uso de ellos. Este panorama no va a cambiar en un futuro cercano. Así, Colciencias seguirá cargando con el mayor peso en la financiación científica en el país.

Bajo estas circunstancias, el primer paso que se debe dar es el establecimiento de un sistema nacional de apoyo directo a los investigadores, que esté bajo la dirección de Colciencias. El éxito del plan nacional de ciencia y tecnología estará determinado por la forma como se conciba y funcione este sistema. En él deberán quedar perfectamente explícitos los criterios que van a regular la investigación científica en el país en los años venideros. Básicamente estos criterios deben ser: potencial, excelencia y seriedad, evaluados con los parámetros y el rigor de la ciencia internacional. No sobra agregar que todo lo que se diga y proponga será inútil, si Colciencias no ejecuta un proceso de adecuación interna que lo ponga a tono con la nueva época, de forma que la burocracia no se convierta en un estorbo que desestime la actividad científica que se pretende impulsar.

Diseñar el sistema no es el propósito de este trabajo, pero vale la pena señalar algunos puntos relevantes. Antes de presentarlos, es necesario aclarar que siempre habrá casos particulares que merecerán un tratamiento especial:

1. Los investigadores se clasifican inicialmente de acuerdo con su trayectoria como científicos. Esta clasificación sirve para fijar unas categorías y determinar el tipo de apoyo correspondiente a cada una. Sólo se dará apoyo a proyectos presentados por investigadores inscritos. Las propuestas serán evaluadas por árbitros anónimos con reconocida autoridad científica. Esta evaluación será igualmente rigurosa para todos los proyectos.
2. Todo proyecto debe estar respaldado por la institución a la cual el investigador está adscrito. Este punto debe ser utilizado para empezar a redefinir la universidad del futuro. Es usual que en las universidades se hable pomposamente de lo valiosa que es la investigación científica, pero a la hora de la verdad esas palabras no pasan de ser una propaganda vacía. Es importante que se abandone de una vez por todas la idea de que la investigación se hace en las noches y los fines de semana. Se puede proponer un esquema en el cual Colciencias hace un aporte que debe ser replicado, en proporciones y condiciones que determinará la universidad. Los administradores universitarios tienen que ingeniar formas para conseguir recursos económicos si es que de verdad están interesados en apoyar la investigación. Hay que revisar el manejo burocrático en el interior de las universidades, pues administraciones ineficientes llevan a que se inflen presupuestos y de esa forma se pierden recursos valiosos para las actividades verdaderamente académicas.

3. Los investigadores tienen que asumir su responsabilidad en el proceso de difusión de sus resultados, y en la medida en que sea posible, ayudar a la consecución de recursos económicos para financiar sus proyectos. Es crucial buscar el reconocimiento de la comunidad científica internacional, y la única forma como esto se puede lograr es publicando trabajos que muestren la calidad de la investigación. Este proceso de inserción en el panorama científico mundial no es sencillo, pero una vez que se logra, abre las puertas a una gran cantidad de opciones que sólo aparecen en ese nivel. En la medida en que sea posible, se deben impulsar proyectos en los cuales intervengan científicos de diferentes naciones. Colciencias puede colaborar en este proceso, presionando para que dentro de la agenda de relaciones internacionales del país se incluyan acuerdos concretos de colaboración científico-tecnológica con otros países. Desde un punto de vista meramente político, en las delegaciones que tradicionalmente acompañan al presidente cuando visita países, deberían formar parte de éstas miembros de la comunidad científica colombiana, como representantes de una comunidad que tiene que estar inmersa en el plano internacional, y que urgentemente necesita ampliar sus contactos en ese nivel.

Naturalmente, es más fácil vincularse si uno entra en contacto directo con aquellos científicos que son líderes en sus respectivas disciplinas, que dicho sea de paso, es una de las ventajas que se tienen cuando se adelantan estudios de postgrados en el exterior. Hoy, gracias a los últimos adelantos técnicos, es más sencillo establecer estos contactos; pero la forma más expedita de lograrlo es cuando en las propias universidades del país trabajan personas que ya han superado estas etapas y han alcanzado un reconocimiento internacional dentro de sus disciplinas.

Estas son personas que pueden ejercer un liderazgo efectivo, empezando por la forma más elemental de todas: dando ejemplo. Igualmente, un científico reconocido, dispone de bastantes privilegios, en particular uno que es muy significativo y útil para sus estudiantes: una recomendación suya es garantía de respeto y consideración, que abre puertas tradicionalmente cerradas para estudiantes de países como el nuestro.

4. Ya todos sabemos que el propósito de la apertura es forzar la modernización de la estructura productiva del país, buscando hacerla más eficiente, obligándola a incorporar los últimos avances tecnológicos para competir en la esfera mundial. Por eso Colciencias ha diseñado una serie de instrumentos de tipo jurídico y económico para incentivar este proceso. Sin embargo se puede ejecutar un plan similar en relación con las universidades, algo que se podría denominar *plan de reconversión universitaria*. Un tema que siempre se plantea cuando se discute acerca del futuro de la universidad es la necesidad de ampliar la nómina profesoral. Es claro que el número de posiciones vacantes es muy reducido y que prácticamente no hay capacidad para vincular nuevos profesores.

La primera pregunta que habría que hacerse es si la estructura actual es sólida para construir sobre ella. Hay que empezar por revisar las nóminas para determinar hasta qué punto funcionan eficientemente y qué futuro tienen, si se piensa enfatizar en la condición de investigadores que deben tener los profesores para dirigir el proceso educativo. Es muy posible que se llegue a la conclusión de que el problema no es tanto de número sino más bien de eficiencia y calidad. Este es el momento adecuado para pensar en qué forma van a remplazarse los profesores que están próximos a su retiro, e incluso aquellos que sin tener la edad suficiente para el retiro, no están interesados en incorporarse en el proceso de modernización de la universidad.

Esta es una circunstancia en la cual puede ser importante Colciencias. Las universidades que presenten planes de restructuración de sus unidades académicas, con base en el desarrollo de la investigación, podrían hacer propuestas y recibir créditos blandos, u otras clases de crédito, similares a los que se les están ofreciendo a los industriales. Este sería un mecanismo que se podría utilizar para lograr el retorno de *cerebros fugados*, que vendrían contratados por universidades en una perspectiva a largo plazo, con proyectos aprobados y unas garantías mínimas, financiados de antemano. Por ejemplo, universidades que no tienen ninguna tradición investigativa podrían aprovechar estos créditos para empezar a construir grupos de investigación en algunas líneas. Este mecanismo también servirá para iniciar un proceso de descentralización, de manera que científicos jóvenes empiecen a vincularse a universidades distintas a las dos o tres que tienen la mejor reputación en el país.

Igualmente, se pueden utilizar este tipo de créditos para ayudar en la implementación de doctorados. En lugar de abrir programas en forma precipitada, con las consecuencias negativas que señalé anteriormente, se puede acudir a financiación de tipo especial por parte de Colciencias y otras instituciones, para apoyar tanto la vinculación de nuevos profesores como la creación de un sistema de becas para estudiantes avanzados, que serían investigadores asociados a grupos de investigación reconocidos. Las universidades pueden complementar estas medidas, diseñando sistemas de asistentes graduados que, como la experiencia de otros centros mundiales muestra, se convierten en un valioso instrumento para reestructurar el significado de la actividad profesoral.

Colciencias ha puesto en marcha un plan de capacitación de recursos humanos que tendría que adecuar a los puntos descritos anteriormente; también es importante que Colciencias adelante una labor de coordinación con las otras entidades, como Colfuturo, Icetex y el Banco de la República, entre otras, que tienen funciones relacionadas con la actividad científica del país. De igual manera, hay que reforzar los vínculos internacionales con organizaciones que desempeñan tareas análogas a la de Colciencias en otros países.

En conclusión, en este momento se está jugando el futuro de la actividad científica en Colombia. Dadas las circunstancias políticas que atraviesa el país, hay un ambiente propicio para lograr el despegue definitivo de las ciencias. Colciencias va a desempeñar un papel definitivo en este proceso, y es de esperarse que con la participación activa de los científicos que hoy trabajan en el país se diseñe un plan de desarrollo realista, para lograr el indispensable reconocimiento de la comunidad científica por parte del resto de la sociedad, y en particular, para conseguir un incremento sustancial y permanente en el apoyo que el Estado, y la sociedad en general, les brinda a los investigadores nacionales.

La trilogía Estado-universidad-sector productivo

La situación de transición que atraviesa la economía colombiana ha tenido un efecto saludable: poco a poco la opinión pública empieza a familiarizarse con dos palabras que hasta hace un año eran prácticamente desconocidas en el país: ciencia y tecnología. Cada que hay una reunión de empresarios, Colciencias y el Ministerio de Desarrollo participan y enfatizan la necesidad de vincular los últimos avances científicos y tecnológicos a la industria colombiana. Se habla además de la posibilidad de utilizar la universidad como actor en este proceso. Es perfectamente claro que dada la premura con que se debe proceder en el frente económico y la ausencia de una cultura de la ciencia en nuestra sociedad, la posibilidad de vincular en una forma especial la universidad al plan de modernización, va a tomar una buena cantidad de años. De todas formas es importante dar pasos en esa dirección.

Ya se señalaron algunas de las modificaciones que se deberían dar en el interior de las universidades para adecuarse a las nuevas realidades que están enfrentando. Naturalmente, los cambios que se den tendrán que ir de la mano de una nueva relación de la universidad con el resto de la sociedad. Para empezar a propiciar el acercamiento de la universidad con el sector productivo, Colciencias podría adoptar un plan especial, dándoles un tratamiento preferencial a las empresas y universidades que presenten propuestas conjuntas. Se deben identificar unos proyectos bandera para que sirvan como ejemplos para emular. Estos son proyectos que, utilizando una expresión de la jerga política, muestren que *sí se puede*. En el momento, y durante los próximos años, estaremos pues en un período de transición, durante el cual Colciencias va a tener que adelantar una tarea de promoción, en esencia de tipo pedagógico, para poner en contacto a empresarios e investigadores, ayudando a crear mecanismos adecuados de comunicación.

Desde esta perspectiva, los esfuerzos se deben encaminar a promover la creación de institutos especializados de investigación, en los cuales trabajen conjuntamente investigaciones provenientes de las universidades y del sector productivo, incluyendo a entidades estatales. Estos institutos deben

tener un diseño flexible que permita maximizar sus beneficios. Especulando un poco, se puede pensar en un instituto asociado a la ANDI, en el cual se promuevan y desarrollen investigaciones de interés para las diferentes industrias que pertenecen a esta asociación. Estos serían centros de trabajo interdisciplinario, que propiciarían el encuentro de científicos procedentes de diferentes partes del país, dándole vida en la práctica a la idea de redes nacionales de investigadores. Es importante consultar las experiencias de institutos y empresas de investigación, como el LIQC (Laboratorio de Investigaciones sobre la Química del Café), el INS y Vecol, en los que las ciencias básicas, especialmente la biología y la química, son esenciales para la elaboración de los productos que éstas desarrollan y comercializan.

Otra posible alternativa para el impulso de avances científicos y tecnológicos que sean compatibles con desarrollo de tipo empresarial es la promoción y creación de *parques industriales y tecnológicos* adyacentes a las universidades. Los nombres son deslumbrantes, pero se puede empezar por crear grupos de microempresas con un alto contenido tecnológico, que inicialmente se encarguen de fabricar productos que están fuera del alcance de empresas colombianas. Este trabajo se haría en conjunción con la universidad en modalidades que se diseñarían, dependiendo de las características de las microempresas y de la complejidad de los conocimientos y técnicas que requieran. No es osado pensar que en un futuro, en un ambiente de fronteras industriales y científicas abiertas, este tipo de asociaciones permitan que la universidad, los científicos y técnicos colombianos se incorporen de manera activa a la producción en la esfera mundial.

Para finalizar, una conclusión muy simple: la tarea de incorporación de la ciencia y la tecnología como elementos centrales en el proceso de modernización de la sociedad colombiana es descomunal. Hay fórmulas, propuestas y planes para todos los gustos. Pero la única manera como eventualmente este proceso puede culminar con éxito es si se logra la participación y el compromiso de los científicos que trabajan en el país, en la elaboración del plan que guiará la actividad científica en los próximos años. En pocas palabras, y para utilizar el lenguaje de moda, tiene que darse, por fin, la democracia participativa en la ciencia.

HACIA EL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS BASICAS EN COLOMBIA

J. Virgilio Niño C.

*"El conocimiento será buscado y
adquirido de cualquier fuente y por todos
los medios de nuestra disposición
para nuestra grandeza y seguridad".*

Juramento del emperador Meiji del Japón (1870).

Introducción

La comunidad científica que existe en Colombia ha venido insistiendo a lo largo de muchos años en la necesidad de que el país se integre al desarrollo científico y tecnológico mundial. Este desarrollo debe conducir a mejorar el bienestar de todo el pueblo en el sentido más amplio, es decir en lo económico, en lo cultural y en general en todo lo relacionado con las condiciones de vida. Los protagonistas de este proceso deben ser por una parte el Estado como tal, las universidades, la industria, institutos y por otra el pueblo en general.

Especialmente durante los últimos 10 años se han realizado discusiones vigorosas sobre la importancia de que el Estado impulse el desarrollo científico y tecnológico. En múltiples foros y seminarios se ha planteado una y otra vez esta urgente necesidad. Quizá la primera vez, durante los últimos años, que a alto nivel político se reconoció la importancia estratégica de la ciencia y la tecnología para el desarrollo integral del país, fue durante el Foro nacional sobre política de ciencia y tecnología para el desarrollo organizado por Colciencias (1, 2) en 1987.

Parece que durante este proceso se ha conseguido ganar cierta voluntad política: se plantearon y ejecutaron los programas Colciencias-BID, Icfes-BID y Segunda Expedición Botánica. Más recientemente se expidió la ley marco de Ciencia y Tecnología (Ley 29 de 1990) y se creó la Misión de la Ciencia y Tecnología con el fin de evaluar el estado científico y tecnológico en el país y de formular recomendaciones para una reorganización institucional en el área. El trabajo de la Misión concluyó a mediados de 1990.

Como efectos inmediatos de lo anterior se convirtió a Colciencias en un establecimiento público adscrito al Departamento Nacional de Planeación. Igualmente se expidieron un conjunto de decretos (393 y 591 de 1991) que flexibilizan la acción del Estado al definir nuevas modalidades de asociación entre el sector público y el privado, así como nuevas modalidades de contratación para los establecimientos públicos que adelantan actividades de ciencia y tecnología.

Además, se creó el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Decreto 585 de 1991) y se definió una política (3) con el objetivo de integrar y organizar las labores de ciencia y tecnología en el país, tendientes a incrementar su contribución al cambio económico, político, social y cultural de Colombia.

Para ello se configuró un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología constituido por programas y estrategias. Uno de estos programas es el de ciencias básicas.

En este documento se da una caracterización de las ciencias básicas en el mundo y en Colombia y se plantean una serie de propuestas encaminadas a propiciar su desarrollo.

En la segunda sección se resalta la importancia de *hacer* investigación como una necesidad del hombre de conocer la naturaleza y dominarla para el mejo-

ramiento de la calidad de vida. Se señala también cómo en esencia el desarrollo científico-tecnológico es lo que separa a los países desarrollados de los que estamos en vías de desarrollo.

El tercer aparte describe el panorama nacional en cuanto a investigación básica. Se hace énfasis en el compromiso y voluntad política que debe tener el Estado y las universidades para salir del subdesarrollo. Se analizan aspectos relacionados con los recursos, con el aislamiento, con la cultura y difusión y en forma especial se trata lo pertinente al sistema educativo haciendo énfasis en la formación universitaria, incluyendo los postgrados y particularmente el doctorado. En todos los casos se plantean una serie de estrategias encaminadas a superar las dificultades que existen en el país en relación con esos puntos, que deben ayudar a proporcionar un desarrollo, en particular en ciencias básicas. En esencia se señala que los investigadores, como ejecutores de una política científico-tecnológica, deben participar en su planificación.

En el numeral 4 se propone una política encaminada a impulsar un desarrollo de las ciencias básicas en el país, la que estaría basada en facilidades para investigar y responsabilidades.

La última sección se refiere a tópicos que vienen tratándose en diferentes círculos con alguna insistencia.

Panorama mundial

¿Por qué investigar en ciencias básicas?

Quizá el logro más maravilloso de la mente humana ha sido el desarrollo científico. En la actualidad este desarrollo ocurre paralelamente con el avance de la tecnología. La ciencia necesita la tecnología y ésta la ciencia para progresar. A su vez el avance científico y tecnológico se apoya en el desarrollo del aparato productivo y contribuye a su progreso.

El vertiginoso avance de la ciencia y de la tecnología tiene incidencias directas sobre la sociedad. Vivimos en una época en la cual lo que hoy es ciencia ficción puede posiblemente realizarse mañana.

Desde épocas remotas este progresivo avance ha sido inducido por la necesidad innata que tiene el hombre de comprender y dominar la naturaleza para su propio beneficio. Curiosidad y supervivencia han sido móviles que han guiado al hombre a través de las edades. La primera está relacionada con el deseo de saber, de comprender lo desconocido, de descifrar los misterios a su alrededor y la segunda lleva implícita el deseo de sobrevivir, de lograr cada vez mayor bienestar ideando mecanismos para elevar el nivel y calidad de vida incluso tratando de prolongarla para vencer a la muerte.

Hace más de un millón de años, antepasados del hombre ya elaboraban herramientas para facilitar la consecución de alimentos y para defenderse.

Posteriormente el entierro de muertos con equipamiento y comida para una posible posterior existencia manifestaba el deseo de inmortalidad.

Algunos antropólogos sostienen que la magia condujo por una parte a la religión y por otra, generó los gérmenes de la ciencia (4). De todas formas, los hombres intentaban provocar lluvias y mayor fertilidad de la tierra imitando a la naturaleza mediante ritos mágicos. Otros, quizá no satisfechos con los resultados comenzaron a creer que la naturaleza estaba manejada por seres poderosos, por lo cual había que inventar fórmulas para ganar sus favores. Tal vez la observación de ciertos sucesos recurrentes condujo a la ciencia y aquellos cambios imprevisibles condujeron a la magia y a la religión.

Detrás de todo esto están implícitas la necesidad de satisfacer la curiosidad y el deseo de sobrevivir, que anotamos anteriormente, ya sea ideando fórmulas mágicas, haciendo plegarias o acumulando experiencias que a la postre generaron una tradición y una organización sistemática de conocimientos.

Estas mismas necesidades existen hoy día. Para satisfacer el deseo de comprender la naturaleza, para la más eficiente consecución de alimentos, para curar las enfermedades, para prevenirnos contra las inclemencias del tiempo, etcétera, es necesario adquirir conocimientos y éstos sólo se obtienen comunicándose, planteándose preguntas y tratando de resolverlas.

En el desarrollo individual del hombre se manifiestan también estos dos móviles. En la etapa infantil el hombre es supremamente curioso, se pregunta por qué y cómo, en la adolescencia empieza a buscar poder, algo más tarde comienza a sistematizar sus experiencias y conocimientos para posteriormente utilizarlos en la vida. Claro está que estas etapas no ocurren en forma completamente lineal. El resultado es que las personas que han sistematizado más conocimientos y experiencias y que han aprendido a usarlos tienen más posibilidad de triunfo en la vida. Lo mismo ocurre a nivel de sociedades: aquellas que han acumulado más experiencias, tradición y que han adquirido más conocimiento organizado y racional de los fenómenos naturales (ciencia) son las que tienen más alto nivel de vida y son a la vez las sociedades dominantes.

Sólo cuando el hombre puede satisfacer esas necesidades tiene las bases para una existencia más feliz con las consecuentes implicaciones a nivel de toda sociedad.

A través de la historia en cada sociedad ha existido cierta cantidad de desarrollo tecnológico sobre bases más bien empíricas originado por la necesidad de sobrevivir; también ha habido cierta cantidad de ciencia como un sistema de pensamiento que trata de comprender la naturaleza. La mayoría de las ciencias antiguas eran imprecisas y cualitativas ya que no existía un procedimiento de formar hipótesis matemáticas precisas ni de derivar consecuencias cuantitativas que pudieran ser comprobadas. Al no tener procedimientos para formular y validar hipótesis fue difícil que hubiera un progreso sistemático y también difícil refutar una teoría particular: todas las ideas plausibles podían coexistir. En este contexto uno de los descubrimien-

tos más importantes fue el llamado método científico, el cual no debe ser entendido como un conjunto de procedimientos rígidos que aparecen en algunos *manuals de investigación*.

Es difícil, y no nos ocupa ahora, analizar el problema de cómo el desarrollo científico-tecnológico fue diferente en distintas sociedades. Tampoco trataremos de entender los factores que hicieron que la llamada revolución científica ocurriera en Europa (entre los siglos XV y XVIII) y no en otra parte, incluso en sitios que tenían culturas milenarias. Igualmente, sería importante entender cómo en los Estados Unidos se pudo absorber ese proceso rápidamente. Más recientemente Japón y Corea también lograron romper la brecha científico-tecnológica. ¿Qué factores existieron para que los llamados países del Tercer Mundo y en particular Colombia hubieran quedado rezagados? ¿Será que algunos de esos factores inhibidores existen aún? Algunos historiadores atribuyen ese rezago al relativo aislamiento español de otros países europeos en lo intelectual y cultural durante los siglos XVI y XVII principalmente. Muchos de estos factores se pueden resumir en la falta de compromiso, de visión a largo plazo por parte del Estado, en la existencia de mercados relativamente pequeños. Otros aspectos son analizados en (5).

Es importante anotar, que hoy día estamos entrando en lo que se ha denominado una tercera fase de industrialización mundial llamada también *globalización o mundialización*. En ésta, los esquemas lineales de investigación básica, investigación aplicada, desarrollo experimental, ingeniería y producción final están siendo revaluados. La competitividad basada en la protección del mercado interno, en la disponibilidad de materias primas y energía, así como en el empleo de trabajo manual están perdiendo importancia. Por el contrario, las actividades creativas e innovadoras están adquiriendo cada vez mayor relevancia, requiriéndose un alto grado de conocimientos también para poder apropiar y desarrollar tecnología. Se tiende a la multinacionalización y a la internacionalización, lo que hace necesario la construcción de escenarios en los que participen, como dijimos en el primer párrafo de la introducción, el Estado, las industrias, las universidades y las gentes en general. Tal vez el ejemplo más claro es el Japón. En este estado de cosas la investigación básica, toma dimensiones gigantescas.

Es curioso observar cómo los países del Tercer Mundo apenas están comenzando a tomar conciencia de que la creación, el dominio y la utilización de la ciencia para la producción de bienes y servicios es fundamentalmente lo que los diferencia de los países industrializados. En principio, problemas demográficos e inestabilidad política, por ejemplo, parecen ser más secundarios en el sentido de que la mayoría de éstos surgen de los primeros.

Se hace entonces evidente que sólo mediante una política de Estado trazada a largo plazo que propicie la investigación en ciencias básicas y el desarrollo tecnológico podemos satisfacer nuestras necesidades e impedir en primera instancia que la brecha con los países industrializados se agigante

aún más. Sólo cuando las necesidades estén satisfechas y el equilibrio entre diferentes sociedades se establezca, tendremos las bases para asegurar la paz dentro de una sociedad y entre diferentes sociedades con lo cual podremos realmente tener un futuro asegurado.

Algunas tendencias de investigación en ciencias básicas

Se suele dividir la ciencia y la tecnología en varias categorías (6): ciencias básicas, ciencias aplicadas, tecnología tradicional y tecnología de punta o alta tecnología.

Las ciencias básicas comprenden (3) la biología (incluyendo las ciencias básicas médicas), la física (incluyendo la geofísica), matemática y química.

La tecnología de punta comprende: nuevos materiales (generado por el estudio de la química y de la materia condensada), microelectrónica (incluyendo desarrollo de *software*, microprocesadores, diseño asistido por computador, fabricación de *microchips*), fotónica (incluyendo láseres y fibras ópticas), química fina, biotecnología (generada por la genética, biología molecular y la microbiología), ingeniería genética, etcétera.

Las ciencias aplicadas y la tecnología tradicional comprenden varias áreas muy importantes relacionadas con: la energía, ambiente y polución, ciencias de la Tierra (incluyendo meteorología, oceanografía, explotación de minerales, etcétera), medicina y salud, ciencias agropecuarias (incluyendo pesquerías y bosques), tecnología del hierro, del acero y metales, tecnología del petróleo, generación y transmisión de electricidad, productos químicos a gran escala, etcétera.

Es importante hacer las siguientes anotaciones:

- Las divisiones que se acaban de plantear no son absolutas, ya que existen fronteras difusas entre ellas siendo prácticamente imposible predecir en una escala de tiempo cuál investigación es básica y cuál aplicada.
- El desarrollo de las tecnologías de punta necesita en forma absoluta el dominio de las ciencias básicas. Aún más: su desarrollo está condicionado por el avance en investigación básica dentro de esos mismos campos.
- Se cree que en lo referente a la tecnología tradicional no hay más avances científicos por descubrir. En cierto sentido se puede decir que esta tecnología usa la ciencia de ayer. Sin embargo, su desarrollo y adaptación son importantísimos.

Como indicamos anteriormente, la curiosidad y la supervivencia que manifiestan el deseo del hombre de comprender y dominar la naturaleza para su propio beneficio lo han guiado durante las diferentes etapas de evolución. Preguntas tan fundamentales como las que se plantearon en el pasado siguen siendo válidas hoy día.

Estas preguntas e inquietudes, que pretenden ser solucionadas por la ciencia y la tecnología están relacionadas con: el origen de la vida, el cono-

cimiento del hombre mismo, el aumento de la esperanza de vida, el control del envejecimiento, la cura y prevención de enfermedades, la evolución del hombre, el conocimiento y conservación de especies animales y vegetales, el abastecimiento de alimentos, la predicción y el eventual control de cambios atmosféricos, el conocimiento de la Tierra, los efectos y control de la polución, el desarrollo de fuentes de energía, el uso racional de la energía, el conocimiento y fabricación de diferentes materiales, la estructura última de la materia, el origen, evolución y conocimiento del universo, etcétera.

En la búsqueda de respuestas a estos interrogantes, el hombre está por vez primera entendiendo la realidad física, química y biológica de la naturaleza y de él mismo. La ciencia, en los países industrializados, se ha convertido en una profesión global institucional en el gobierno, en las universidades y en la industria.

Sería presuntuoso describir las tendencias de investigación de todas las disciplinas que integran las ciencias básicas a nivel mundial, así que en los siguientes párrafos señalaremos únicamente en forma breve algunas de estas tendencias.

En el proceso de entender la naturaleza el hombre ha buscado una serie de leyes que expliquen toda la variedad y complejidad con la cual se nos presenta. Hemos llegado a tener una descripción en términos de partículas elementales y de interacciones. Las interacciones entre partículas están descritas, en la actualidad, por cuatro tipos de fuerzas (débil, fuerte, electromagnética y gravitacional). De acuerdo con las nuevas teorías la débil y la electromagnética tienen una misma identidad. Quizá las tres primeras también. Se habla de unificación.

Por otra parte, los átomos, las moléculas, el hombre, los planetas y las estrellas parecen estar compuestos de tres partículas fundamentales (los *quarks up* y *down* y el electrón). Ellas, junto con el posible compañero *sin masa* del electrón, el neutrino, constituyen una primera familia de partículas. Sabemos que existen otras dos familias que se diferencian de la primera únicamente en su masa. ¿Por qué la naturaleza hizo esa réplica? No lo sabemos. Tampoco sabemos todo acerca de las otras familias de partículas, por ejemplo, el *quark top* de otra de las familias no ha sido aún detectado.

Mientras algunos investigan la realidad a escala subatómica otros escudriñan a distancias de millones de años luz para observar un universo compuesto de racimos (*clusters*) galácticos, pulsares, supernovas, estrellas, etcétera. La teoría del Big Bang que nos describe un universo en expansión originado de una explosión empieza a ser sustituida por una teoría cosmológica más precisa. Esta nueva teoría llamada inflacionaria comparte con la anterior el origen del universo por medio de esa explosión e incorpora entre otras cosas explicaciones sobre la temperatura de la radiación de fondo. En esta teoría, el universo observado es sólo una pequeña fracción del existente. Los cosmólogos intentan entender la historia del universo entre el momen-

to de la explosión y 10^{-45} segundos después. Se cree que para esos intervalos de tiempo habría que idear una nueva teoría: una teoría cuántica de la gravedad. Para tiempos posteriores a los 10^{-45} segundos la historia es en principio conocida.

La interacción electromagnética entre electrones y núcleos es responsable de las propiedades físicas y químicas de sólidos, líquidos y gases. El estado sólido, o mejor aún la física de la materia condensada y la química han abierto el camino hacia la tecnología basada esencialmente en el transistor y hacia los llamados nuevos materiales. Se están comenzando a fabricar materiales *sobre medida*, es decir con características predeterminadas, por ejemplo ciertas aleaciones, cerámicas y polímeros especiales, fibras ópticas, superconductores, etcétera. En este proceso han surgido una serie de interrogantes que desde el punto de vista físico son tan básicos como los que mencionamos anteriormente. Estos tienen que ver, por ejemplo, con el mecanismo físico responsable de la superconductividad de alta temperatura crítica, con el antiferromagnetismo cuántico, con el efecto *Hall* cuántico, con el estudio de las transiciones de fase y de fenómenos críticos, con el estudio de cuasicristales y cristales líquidos, etcétera.

Hasta hace algunos años el estudio de las enfermedades daba luces sobre procesos biológicos, hoy día la medicina aprende de la biología. Esta disciplina ha pasado de ser una ciencia descriptiva a una ciencia que intenta entender la vida como un conjunto de procesos bioquímicos. La física y la química moleculares conjuntamente con la biología están produciendo conocimiento acerca de las llamadas moléculas de la vida. La posibilidad de entender la biología con base en interacciones a nivel molecular permite que comencemos a descubrir y comprender las leyes que gobiernan la genética, el metabolismo, las funciones del sistema nervioso, etcétera. El panorama que aparece es un sistema de controles genéticos, ciclos metabólicos, sistemas de alarma, etcétera, tan adaptables que existen en miles de especies.

Se han encontrado la estructura y las funciones claves del ADN: perpetuar la información genética y guiar la fabricación de moléculas de proteínas, las cuales constituyen la estructura física de la célula. El ARN por su parte transmite las instrucciones llevadas en el ADN a las fábricas celulares comprometidas en el ensamble de proteínas.

Se comienza ahora a relacionar estructuras moleculares con funciones. Un paso decisivo en esta dirección fue haber podido determinar la estructura tridimensional de varias proteínas. Muchas preguntas quedan por contestar. Algunas se refieren a la forma como se especializan las células según el órgano en que se encuentren.

El avance en la biología molecular está también dando respuestas sobre el sistema inmunológico. Se han comenzado a investigar las bases químicas y fisiológicas de la memoria, la relación entre cerebro y mente, etcétera. Se ha descubierto también un método para fabricar copias de fragmentos de

ADN. Todo esto está desencadenando grandes progresos también en la biotecnología.

A su vez la Tierra ha sido objeto de continua investigación. Se trabaja arduamente en sismología con el objeto de entender los terremotos y eventualmente poder tomar medidas de prevención, igualmente sucede con la vulcanología. El movimiento de masas continentales y la circulación atmosférica son objeto hoy día de una activa investigación.

Este veloz desarrollo del hombre en la comprensión y en el manejo de la naturaleza está basado en el empleo cada vez mayor de la matemática, en un creciente refinamiento de la instrumentación y en el manejo de sistemas de información y comunicación los cuales se han convertido en recursos estratégicos para tener rápido acceso al conocimiento que se produce universalmente.

Los computadores le están dando a la ciencia en general una nueva forma de búsqueda de conocimientos: la simulación. Hoy en día se trabaja también arduamente en construir máquinas que puedan procesar mayores cantidades de datos y más rápidamente. Como portador de información se está comenzando a usar luz en lugar de señales eléctricas, este es el campo de la fotónica, donde se está comenzando a hablar de neurocomputadores. Por otra parte, la producción de *software* además de ser una industria dinámica se ha convertido en una disciplina.

En los últimos años ha venido investigándose en lo que se ha llamado *ciencia de la complejidad*, gracias al empleo de los computadores y al desarrollo de la matemática y/o de la físico-matemática, tales como teoría de catástrofes, teoría de singularidades, fractales, rompimiento de simetrías, estadísticas fraccionarias, etcétera. Los problemas que se atacan tienen que ver, por ejemplo, con circuitos neuronales, sistemas no lineales, sistemas dinámicos, autoorganización, fenómenos críticos, etcétera.

Panorama nacional

Consideraciones generales

Claramente la brecha científico-tecnológica entre los países industrializados y los países en vías de desarrollo está en aumento y seguirá creciendo si no hay un compromiso significativo, sostenido y coherente que impulse el desarrollo de la ciencia, especialmente por parte del Estado. La participación de la industria es naturalmente también necesaria. Como consecuencia de esa falta de compromiso se tiene un sistema educativo ineficiente, universidades débiles, comunidades científicas aisladas y sin una infraestructura tanto humana como física suficiente. Se tiene una industria que se quedó en el siglo pasado y no necesariamente debido a factores económicos o de competencia, sino también como producto de una mentalidad que impide comprender la importancia de aumentar la eficiencia y de invertir en nuevas tecnologías. Esto, a pesar de que es bien conocido que los avances en la biotecnología y

nuevos materiales, por ejemplo, hace que disminuya ventajas comparativas que alguna vez se tuvieron en cuanto a situación geográfica y producción de materia prima. Todo esto ha implicado problemas económicos y sociales de diversa índole.

En los últimos años se ha hablado sobre los problemas que acarrea la transferencia de tecnología sin una *transferencia de ciencia*, sobre si se debe hacer investigación básica o aplicada, sobre ciencia y cultura, sobre educación, etcétera.

Como mencionamos en el aparte *¿Por qué investigar en ciencias básicas?*, los países en vías de desarrollo apenas están comenzando a darse cuenta de la necesidad de *hacer* ciencias básicas (véase por ejemplo (7)). Curiosamente los países industrializados y en particular los financiadores internacionales también están comenzando a reconocer que no es suficiente tener programas de transferencia de tecnología o de ciencias aplicadas si no existen conocimientos profundos en ciencias básicas (8). La tecnología trasferida sin los conocimientos básicos necesarios, rápidamente queda obsoleta y no se puede proceder a mejorarla.

Para resumir esta situación trascribimos a continuación apartes de una declaración (9) del grupo interdivisional de física para el desarrollo de la Sociedad Europea de Física. Esta declaración, que a mi modo de ver resume bastante bien varios de los puntos anotados anteriormente, fue el fruto de una reunión en la Universidad de Twente (Holanda) en septiembre de 1990 a la cual asistieron personas de diversos países, desde los menos desarrollados hasta los más desarrollados. Aunque la declaración se refiere parcialmente a la física, las apreciaciones son válidas para todas las disciplinas que integran las ciencias básicas:

- Cualquier país, en vías de desarrollo o industrializado, que desee tener una sociedad estable en la cual pueda florecer la industrialización, la salud pública, la agricultura avanzada y otros campos usando ciencias aplicadas, necesita inevitablemente una educación altamente desarrollada y programas de investigación en ciencias básicas.
- El papel esencial de las ciencias básicas no es generalmente aceptado por el público en general ni por los políticos, especialmente en países del Tercer Mundo donde hay tantas necesidades urgentes. A menudo se asume que las ciencias aplicadas son suficientes. Esto no es cierto. El desarrollo o el intento de hacer transferencia de tecnología en forma directa debe estar precedido por la construcción de conocimiento básico.
- Como la física es la ciencia fundamental para la mayor parte de la instrumentación y tecnología, existe una especial necesidad por la educación e investigación en física con énfasis en actividades experimentales.
- Aunque la investigación fundamental puede no ser siempre factible inmediatamente, debe existir el propósito de incluirla como una actividad

esencial en cada país, incluso como medio de agudizar el poder analítico y aumentar la calidad de la educación.

- Se desperdicia una gran cantidad de talento especialmente en el Tercer Mundo. Construir un sistema adecuado de educación debe ser una prioridad política en cualquier país...
- Un progreso sostenido a largo plazo es sólo posible si un porcentaje adecuado de los fondos del gobierno y en particular de programas de asistencia para el desarrollo es empleado en la enseñanza e investigación en ciencias básicas.

Valdría la pena agregar a la anterior declaración que es necesario que la ciencia se integre realmente a la gente en general, como parte de una cultura universal. Es conveniente enfatizar, aunque es claro de todo lo anterior, que no debe esperarse que la investigación en ciencias básicas esté necesariamente atada a una aplicación.

Es importante insistir y resaltar lo siguiente (10): los planes de mejoramiento académico a todo nivel, incluyendo naturalmente lo relacionado con la investigación, son siempre obstaculizados por la falta de dinero, lo que impide desarrollar cualquier política académica. Además, hemos sido manejados por personas (técnicos de la planeación a nivel nacional e institucional) sin ambición, personas sin visión que no piensan en grande ni en el largo plazo, personas que no han percibido que en últimas lo que ha generado riqueza, en el sentido más amplio de la palabra, a los países desarrollados ha sido la inversión a largo plazo en educación en ciencia y tecnología. Esto no es un problema de leyes, pues éstas muchas veces no se cumplen, sino de compromiso.

Finalmente, anotamos que los investigadores, como ejecutores de cualquier política en educación, en ciencia y tecnología, deben desempeñar un papel protagónico en la concepción y planificación de ésta. No sobra decir que los administradores deben realmente estar al servicio de los ejecutores de una política académica. Debe entenderse que estamos en un momento en que justamente se está comenzando a plantear una política científica-tecnológica y que es un derecho, una obligación y una necesidad la participación de la comunidad científica en este proceso. Igualmente es importante que en este proceso se conozca y reconozca la situación actual del desarrollo de las ciencias básicas en el país.

Estado de la investigación en ciencias básicas en Colombia

En varios documentos (11-17) aparecen las más importantes áreas de investigación en ciencias básicas que se llevan a cabo en las universidades más desarrolladas del país. Estas se resumen en el anexo 2.1. Algunas de ellas son más bien aplicadas. Por las diferencias naturales entre las diferentes disciplinas que conforman las ciencias básicas, es natural que existan investigaciones

ancladas directamente dentro de la realidad nacional y otras de un carácter más universal.

Mirando esas áreas se tiene en primera instancia la impresión de que en Colombia se investiga en casi todo.

En varios casos se afirma explícitamente que en el transcurso de los años han ido consolidándose grupos de investigación y que algunos de éstos han alcanzado un grado de desarrollo aceptable incluso a nivel mundial.

Se debe anotar, paralelamente a lo anterior, que definitivamente existen una serie de factores que entorpecen el desarrollo investigativo. Se necesitan casi héroes para que la investigación se desarrolle. Por otra parte, la mayoría de las evaluaciones o diagnósticos existentes son demasiado generales. Todo esto imposibilita conocer con un grado de certeza razonable el estado real de las ciencias básicas en el país.

Para concretar lo anterior, es apropiado tener en cuenta lo siguiente: en algunos casos en las evaluaciones se ha acudido a encuestas, informes institucionales, conversaciones con investigadores y producción. En ocasiones se han tenido en cuenta otros parámetros que tienen que ver con la infraestructura tanto humana como física y la eventual formación de una tradición, por ejemplo, con estudiantes. En muy pocas ocasiones se tienen en cuenta parámetros que tienen que ver con eficiencia, por ejemplo tiempo empleado, etcétera.

En varios casos se evidencia un lenguaje ambiguo: bajo ciertas situaciones se dice que un grupo está consolidado y desarrollado, por ejemplo, al plantear solicitudes de financiación, al tratar de conseguir convenios, en informes institucionales, etcétera. Bajo otras circunstancias, el grupo parece no estar tan consolidado ni desarrollado, los investigadores se quejan de que casi no pueden hacer nada por falta de recursos, de apoyo o sencillamente se inculpa fácilmente a la reconocida ineficiente administración de algunas instituciones. Además, en otros casos, informes de avance o finales de proyectos, cuando existen o cuando es posible conocerlos, se refieren a la calidad de lo que se ha hecho, pero en algunas oportunidades esta calidad es más bien formal, es decir, se demuestra haber alcanzado un cierto dominio instrumental (en el sentido más general), metodológico y técnico (esto es naturalmente necesario). Sin embargo, no es suficiente mostrar *cómo se produce* sino *qué se produce*. Esto último es más evidente al leer algunos trabajos que se presentan en varios congresos de carácter nacional.

Obviamente una evaluación real debe tener en cuenta la calidad tanto de los procesos, incluyendo la tradición que se genere, como del producto. Respecto a esto último es conocido que hay revistas de revistas y que es posible publicar en *Proceedings* sin que la calidad importe demasiado. En otras palabras, no se tiene en cuenta si realmente ha habido una confrontación real de resultados. En particular, en ciencias básicas, esa confrontación debe ocurrir necesariamente ante la comunidad científica internacional: por el

carácter mismo de las ciencias básicas, no es posible hacer una ciencia para Colombia ni mucho menos una ciencia de carácter parroquial, aun cuando ésta puede tener desarrollos particulares por el estudio de fenómenos de ocurrencia local, por ejemplo, en biología. Más adelante, al hablar sobre programas institucionales de investigación discutiremos más de cerca los procesos de evaluación.

Las anteriores anotaciones deben tomarse en un sentido global, no se trata de hacer una crítica estéril sino más bien de tener en cuenta lo anterior para el futuro. Por otra parte, hay que reconocer que indudablemente en los últimos 20 años ha habido un avance importantísimo en la investigación en ciencias básicas en el país.

Dentro de estas consideraciones generales anotamos finalmente que la mayoría de grupos han tenido su origen en la iniciativa personal ya sea a partir de profesores que han estado siempre en el país, quizás han hecho uso de pasantías cortas al exterior o profesores que han realizado algún estudio en el extranjero. En este último caso vale la pena señalar que casi siempre estos profesores quieren continuar haciendo en el país lo que aprendieron en el exterior. Esto será un punto que más adelante analizaremos, pues aun cuando el número de investigaciones que se realizaban en el país era pequeño, la anterior situación no era de mayor importancia o incluso era bastante deseable; al aumentar el número de investigaciones y al no haber recursos suficientes habrá que buscar un balance adecuado entre fortificar lo que existe y generar cierta dispersión.

Consideraciones sobre factores que entorpecen el desarrollo de la investigación y posibles estrategias para su solución

Este punto ha sido tocado en innumerables ocasiones a lo largo de los años. La mayoría de soluciones que se han intentado tienen un carácter demasiado general. Pienso que ha llegado el momento de dejar las repeticiones de carácter retórico y de comenzar a actuar. Esta es una tarea que involucra al Estado y a las universidades en primera instancia y en forma muy particular al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y por supuesto a los Consejos Nacionales de Programas.

Vamos a suponer que se ha reconocido la importancia de las ciencias básicas y que existe un interés real y una voluntad política firme a corto, mediano y largo plazos para que éstas se desarrollen. A pesar de lo anterior, es fundamental estar siempre alerta e insistir para que la supuesta voluntad política se manifieste en hechos reales, por ejemplo, por medio de una financiación adecuada. Suponemos además que las instituciones van a conservar la memoria, es decir, que no cada vez que haya cambio de directivas vuelva a comenzarse como si antes nada hubiese sucedido y también que van a aprovecharse las experiencias del pasado para no caer en los mismos errores.

En este proceso es fundamental que la voluntad política que impulse el desarrollo de la investigación sea asumida también en forma clara y coherente por las universidades. En este sentido, es muy importante que las universidades comiencen a considerar las actividades de investigación como algo esencial que debe realizarse en forma natural y cotidiana y no como algo marginal como ha sido hasta ahora. Esto último ha originado cierta burocratización, incredulidad y apatía entre muchos profesores y ha desgastado a otros tratando de crear espacios adecuados en los que se puedan adelantar estas actividades. La investigación debe ser institucionalizada en las universidades lo que implica, además de aceptarla, crear los esquemas organizativos para que ella realmente se pueda desarrollar. La docencia ha sido considerada hasta ahora como actividad central, pero infortunadamente entendida en varios casos como repetición de textos. Lo anterior conduce a que a los estudiantes no se les infunda inquietudes y actitudes que permitan desarrollar creatividad y capacidades innovadoras con las consecuentes implicaciones en su desempeño profesional.

Además de lo anterior, señalamos también que en la mayoría de universidades no existe una jerarquía académica real, es decir no se resalta ni se reconoce en la práctica los logros de los individuos, sino que más bien se propicia el igualitarismo. Dentro de la academia, aquellos que están generando conocimiento deben, en principio, ejercer la autoridad.

Hablando globalmente, los factores que entorpecen el desarrollo de las ciencias básicas en el país son complejos, interconectados entre sí y de diversa índole. A manera de resumen estos factores tienen que ver con recursos, tanto humanos como físicos, con el aislamiento y la falta de información, con la inestabilidad de los grupos en cuanto a su conformación, con la falta de continuidad en algunos proyectos, con la poca participación de estudiantes, con la falta de cooperación nacional y extranjera, con el sistema educativo, con la cultura en general y con la falta de objetivos. A continuación mencionamos en forma desglosada varios de estos factores y a la vez hacemos algunos comentarios sobre ellos exponiendo algunas estrategias que faciliten la superación a estos problemas.

Recursos físicos

En general, no existe una suficiente financiación para el desarrollo de proyectos de investigación. La investigación en ciencias básicas no puede depender de que existan o no empréstitos o de los contactos que tengan los investigadores con sus homólogos de otros países o de solicitudes que se efectúen a agencias internacionales. Si la investigación se ha de institucionalizar realmente, es necesario que el gobierno aumente progresivamente los dineros que para este fin se destinan hasta alcanzar porcentajes del producto interno bruto equivalentes a los que destinan los países industrializados. Como

anotamos en el aparte *Consideraciones generales* y en particular en la declaración de la Sociedad Europea de Física, porcentajes significativos de los dineros provenientes de programas de asistencia para el desarrollo deberían invertirse en la enseñanza y en la investigación. Cualquier política en ciencia y tecnología sin el suficiente dinero queda sólo en el papel.

También existen problemas relacionados con la ejecución de dineros conseguidos. Igualmente los equipos de laboratorio son insuficientes y no existen mecanismos para asegurar su mantenimiento y renovación.

En general, el estado de las bibliotecas es lamentable; aún no se sabe con certeza las razones por las cuales no ha funcionado la Hemeroteca Nacional que estuvo impulsada por el programa Icfes-BID. Los gastos necesarios para la adquisición de revistas y libros, por ejemplo, deben tomarse como gastos de funcionamiento y no de inversión, pues una biblioteca bien dotada es tan importante como tener agua, luz o tiza. En cada disciplina existe un número crítico de revistas que de acuerdo con los proyectos que se realizan es indispensable adquirir e incluso traer por vía aérea. A pesar de que algún día se logre poner en funcionamiento la Hemeroteca Nacional es necesario que los investigadores tengan a la mano al menos las revistas más importantes.

Recursos humanos

Con base en los datos de (12) en las universidades existe aproximadamente el siguiente número de profesores con estudios de postgrado:

Química	73 doctores	135 magísteres
Biología	52 doctores	149 magísteres
Física	46 doctores	110 magísteres
Matemáticas	45 doctores	120 magísteres
Geociencias aproximadamente 15 investigadores activos		

Tomando en consideración este número como primera aproximación, como base para tener una idea del número de profesores con alguna experiencia investigativa se observa que este número es completamente insuficiente para impulsar un desarrollo de amplia cobertura de las ciencias básicas. Los anteriores números habría que aumentarlos siquiera en 10 veces para tener un grupo de científicos comparable con el de los países más desarrollados de América Latina. Además, un porcentaje relativamente alto de estos profesores, alrededor del 30% o más, están inactivos como investigadores, porcentaje que seguramente puede aumentar en los próximos años de seguir las cosas como van. Esta situación sumada al hecho de tener en la mayoría de los sitios plantas congeladas está provocando un *envejecimiento* de la comunidad científica sin que haya logrado generar, en la mayoría de casos, una tradición científica. Estamos llegando a un punto en el cual el esfuerzo realizado en la capacitación de personal corre el riesgo de perderse. Apoyando y estimulando fuertemente a aquellos que hacen esfuerzos por man-

tenerse como investigadores activos puede quizá, por emulación, hacer que los que alguna vez estuvieron investigando vuelvan a vincularse a los grupos existentes. Pasantías cortas (dos o tres meses) en grupos de investigación de otras universidades o institutos que trabajen en temas similares a los que existen en la universidad de origen pueden también ayudar a reactivar ciertos ideales y proyectos.

Los grupos de investigación en funcionamiento necesitan *oxigenarse* no solamente a través de pasantías para sus investigadores activos o mediante la visita específica de algún asesor, sino mediante la contratación de gente joven ya formada (por ejemplo que haya acabado de doctorarse o con alguna experiencia adicional) por unos dos años. Teniendo plantas congeladas, pienso que lo anterior puede llevarse a cabo mediante rubros adecuados en los proyectos de investigación y/o flexibilizando la planta de personal manteniendo un porcentaje flotante. Estos jóvenes de quienes estamos hablando pueden ser extranjeros o colombianos que estén llegando del exterior. En este caso es preferible que se vinculen a los grupos de investigación en funcionamiento para fortalecerlos, que permitir que formen *tolda* aparte aumentando la dispersión, a no ser que se trate de un tema completamente trascendental o prioritario.

De todas formas el país debe prepararse para un relevo generacional. Hay que preparar gente joven en nuestros programas de postgrado pero también hay que enviar gente a estudiar en el exterior, principalmente en temas afines a los que se están investigando en el país y que valga la pena seguir investigando.

Los estudiantes que adelantan sus postgrados en el país deben tener también la oportunidad de ir al exterior como parte de su formación, de palpar directamente ámbitos académicos florecientes y con tradición. Sobre los postgrados en el país hablaremos más adelante cuando toquemos lo referente a la educación.

Es también importante comentar lo siguiente: existe otro grupo de profesores que nunca hizo el esfuerzo de vincularse a alguna actividad investigativa y que se ha dedicado a repetir textos a lo largo de los años. En cierto sentido se puede afirmar que no tiene nada que enseñar quien no haya construido su propio espacio científico y éste sólo se logra si al menos alguna vez se ha investigado formalmente, aún más, si alguna vez se logró superar la etapa romántica de que se habla en (13). En la mayoría de estos casos incluso el romanticismo se perdió. ¿Por qué no utilizar esas plazas para vincular profesionales jóvenes ya formados con el compromiso claro de desarrollar investigación? O en los casos en que no sea muy tarde ¿Por qué no hacer que se vinculen a postgrados existentes? Esto último es también válido para profesores de las universidades menos desarrolladas.

La situación general que hemos comentado, sumada a la que ocasiona los bajos salarios que reciben los profesores universitarios complica aún más el

problema, pues esto último tiene además claras incidencias sobre el reconocimiento social que debería tener un profesor universitario, como lo tiene en cualquier país industrializado. Sobre incentivos hablaremos más adelante.

Comunicación e información

Existe un aislamiento relativamente grande de los grupos de investigación no únicamente en lo que concierne a la comunidad científica internacional sino también respecto a la comunidad nacional e incluso también dentro de las mismas instituciones. Es necesario que se dé confrontación académica a todo nivel. Existen casos de supuestas investigaciones que no se publican y si éstas no se publican sencillamente no existen. En este sentido puede decirse que no se investiga y se escribe para uno mismo sino para una comunidad. Hay que generar la costumbre de presentar informes no de lo que no se ha podido por falta de tal o cual cosa sino informes de avance en forma de reporte científico, lo que usualmente se conoce como *reportes internos* y para nuestro caso *interno* debe querer decir a nivel nacional.

Estos reportes, sin ser aún artículos, deben intercambiarse, lo cual debe ayudar a generar cooperación y una sana competencia a nivel nacional. En el punto referente a planes institucionales trataremos lo relacionado con posibles redes nacionales.

La asistencia a congresos es necesaria, pero se debe financiar preferiblemente a aquellos que vayan a presentar trabajos. La asistencia a seminarios, escuelas, talleres, etcétera, es importante para profesores que estén investigando y para los que definitivamente estén en proceso de vincularse a algún grupo. Igualmente, es fundamental la participación de estudiantes avanzados en estos eventos. En estos certámenes no se trata únicamente de presentar lo que uno ha hecho o escuchar los resultados de otros, sino también de conseguir contactos ojalá con científicos renombrados.

Lo relacionado con el estado de las bibliotecas fue considerado en el aparte *Recursos físicos*; aquí sólo mencionamos que las instituciones deben vincularse a sistemas o redes internacionales de información.

Acercamiento al sector productivo y a institutos de investigación

El problema de comunicación o acercamiento al sector productivo ha sido muchas veces tratado y se han formulado estrategias pero casi siempre sin éxito. Naturalmente que hay áreas dentro de las diferentes disciplinas que conforman las ciencias básicas que en principio puedan facilitar ese acercamiento mientras que hay otras en que esto no es evidente y aún más no tienen que hacerlo. En esencia, se han empleado dos estrategias: una está basada en visitas que efectúan profesores a industrias con el fin de *conocer* sus necesidades. El resultado casi siempre ha sido ilusión y desengaño. Ilusión al percibir que potencialmente sí se puede hacer algo y desengaño al darse

cuenta de que la posible necesidad es suplida más eficientemente y a menor costo con una simple compra en el exterior. La segunda estrategia ha sido de más éxito pero demasiado puntual: tesis de grado en varios casos son efectuadas en una empresa.

La alternativa que se evidencia es plantear en temas relacionados con las tesis realizadas, proyectos de investigación conjuntos universidad-industria, los cuales podrían, en primera instancia, ser financiados por Colciencias con el fin de que la industria pierda el miedo a invertir en investigación. Seguramente, si los resultados son de éxito, se facilita esa interacción.

Si paralelamente se establecen medidas de exenciones tributarias para empresas que inviertan en investigación conjunta con la universidad, se tendría inmediatamente una alternativa adicional bastante atractiva.

Se vislumbra al menos otra posibilidad. En ciertas áreas es relativamente fácil *provocar* una interacción entre las ciencias básicas y aplicadas, por ejemplo áreas de la biología, química, geociencias, agricultura. Es clara la inserción de esta última dentro de una realidad social y nacional concreta y el encadenamiento con las ciencias básicas. En otras palabras, proyectos multidisciplinarios con una ciencia aplicada como punta de lanza pueden facilitar la interacción universidad-industria.

Anotamos también que ante la apertura económica puesta en marcha por el gobierno nacional, la universidad puede, mediante una labor de difusión y oferta de servicios, ofrecer apoyo científico en los procesos de innovación tecnológica ya sean adquiridos o producidos en el país o comprados en otros países. Principalmente en este último caso, debe señalarse que la universidad debe tratar de desempeñar un papel importante (el que le corresponde) ayudando a la industria a apropiarse realmente de la tecnología que adquiera.

Las anteriores consideraciones nos llevan a tratar, así sea muy someramente, las llamadas incubadoras de empresas que en varios países se han puesto a funcionar, hasta donde se sabe con éxito, ligadas esencialmente a universidades (por ejemplo, en la Universidad de Sao Paulo). Usualmente las incubadoras están ligadas a facultades de Ingeniería pero también pueden estar relacionadas con facultades de ciencias, ya que muchas áreas de las disciplinas que componen las ciencias básicas tienen un carácter aplicado. El objetivo fundamental es el de promover y facilitar los procesos de creación y desarrollo de nuevas empresas casi siempre con base en alta tecnología y el de apoyar innovaciones a empresas que no lo pueden hacer por sí mismas. Es claro que las incubadoras pueden ser un escenario adecuado para que científicos, tecnólogos y empresarios puedan interactuar.

La incubadora debe prestar servicios de información y gestión incluyendo aspectos empresariales para científicos y tecnólogos que deseen emprender una empresa. Los desarrollos que se llevan a cabo partirían inicialmente de trabajos de investigación que se realicen en las universidades y es de esperar que en algún plazo prudencial, al constituirse la empresa, la cual seguiría

ligada a las universidades, revierta económicamente a las mismas universidades. La empresa podría ser también un buen campo de entrenamiento para estudiantes y profesores.

Sería deseable que una vez que se tengan los planes o programas institucionales de investigación, que mencionaremos en la sección *Una política para el desarrollo de las ciencias básicas*, las universidades indiquen potencialidades en esta dirección y que el Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas promueva alguna interacción con otros programas del Sistema de Ciencia y Tecnología con el fin de impulsar la creación de incubadoras.

Anotamos que las acciones que hemos mencionado dentro de este contexto deben también encaminarse a que la industria crea en la universidad y en buscar un apoyo mutuo.

Señalamos finalmente que a partir de los planes institucionales de investigación es deseable propiciar interacción, con base en proyectos conjuntos, con institutos de investigación que tienen personal altamente calificado como el ICA, Icontec, IAN, Cenicafé, Cenicaña, ICP, INS, INC, etcétera.

Educación

Una sólida educación es fundamental para el desarrollo integral del país. En este proceso están involucrados la familia, los colegios, institutos de educación técnica y las universidades. Nos vamos a restringir únicamente a tratar algunos aspectos sobre la educación secundaria y algo más detalladamente lo que concierne a las universidades, en particular lo referente a ciencias básicas.

La situación es que un gran porcentaje de los estudiantes que ingresan en la universidad vienen de la educación secundaria muy mal preparados no únicamente en cuanto a conocimientos, sino también en cuanto a actitudes hacia el estudio.

En el tránsito de un individuo por el bachillerato se desaprovechan quizá los mejores años para despertarle actitudes creativas y en últimas un espíritu inquieto e investigativo. Esto tiene que ver por una parte con el sistema educativo colombiano y por otra con la calidad de los maestros, la cual en general es bastante deficiente aun cuando posean un título de licenciado. Respecto a esto último la universidad queda automáticamente involucrada debido a las grandes deficiencias con las que se forman a los futuros maestros. El problema de la deficiente educación en el bachillerato no es esencialmente un problema de pedagogía sino más bien un problema relacionado con los escasos conocimientos que poseen los maestros, particularmente los egresados como licenciados en alguna de las ciencias básicas. Además, el licenciado no está preparado para absorber información sobre nuevos descubrimientos, así que difícilmente sus clases pueden ser lo suficientemente motivantes como para despertar entusiasmo en sus alumnos.

Aunque es factible pensar en reestructurar completamente las carreras de licenciatura, lo más apropiado en primera instancia parece ser acabarlas e incluir como líneas terminales de las carreras formales en ciencias básicas, la formación sicopedagógica necesaria. De esta manera se tendrían licenciados mucho mejor preparados y en consecuencia la formación en estas disciplinas en los colegios mejoraría notablemente. Más adelante volveremos a este punto.

Debido a la relativa deficiente formación con la cual el estudiante ingresa en la universidad es conveniente que durante los primeros semestres exista una estrecha relación estudiante-profesor, la cual debe ir disminuyendo de tal forma que en los últimos semestres el profesor se convierta en un orientador, es decir en alguien con quién confrontar los desarrollos y logros. Esto implica naturalmente que a lo largo de la carrera el estudiante debe haber adquirido capacidad de trabajar con alguna autonomía y que el número de horas presenciales de clase no debe ser muy alto; un máximo de 20 horas a la semana parece un número apropiado: el estudiante debe tener tiempo para reflexionar. Lo anterior no quiere decir que el nivel académico en las universidades deba disminuir para adaptarse a los estudiantes que ingresen; por el contrario, la universidad debe influir para que el nivel académico en el resto del sistema educativo, aumente buscando su correspondencia con los requerimientos de las universidades más desarrolladas.

Al estudiante debe brindársele una atmósfera académica adecuada que le permita mantener o mejor aún aumentar el entusiasmo y la pasión que lo incitaron a estudiar algunas de las disciplinas que integran las ciencias básicas. Esto se logra si se le ofrece la oportunidad de asistir a seminarios en que se expongan temas de frontera a un nivel general no sólo de su disciplina, sino también si en las asignaturas normales se incluyen lecturas apropiadas. Es muy deseable que el estudiante asista a conferencias generales que se refieran a temas que se investigan en la universidad.

Desde el comienzo de la carrera debe acostumbrarse al estudiante a trabajar rigurosamente tanto en lo teórico como en lo experimental y debe insistirse en la necesidad de que globalice o integre los conocimientos de diferentes asignaturas, así como en la importancia de distinguir entre lo fundamental y lo accesorio. Los profesores deben fomentar la crítica y la discusión académica, enseñar disciplina de trabajo y tratar de avivar constantemente el espíritu investigativo. Es necesario que en esta etapa (ojalá hubiera sido en el bachillerato) se le infunda responsabilidad al estudiante para consigo mismo y para con una sociedad en la que más tarde ha de desempeñarse. Es de esperarse que a lo largo de sus estudios, el estudiante adquiera confianza y seguridad en lo que ha aprendido y en lo que hace; deben vencerse complejos de inferioridad que muchas veces se tienen al estudiar los trabajos de los protohombres de la ciencia viéndolos casi como si fueran seres extraterrestres. Deben sentir que también son capaces de hacer historia.

Hemos mencionado algunas actitudes mentales y costumbres que nuestros estudiantes deben aprender a superar, las cuales tienen que ver con la cultura subdesarrollada a la que ha estado expuesto desde pequeño y que ha debido ser corregida en el colegio. Estos problemas son más graves si se tiene en cuenta que algunos profesores no han superado ese subdesarrollo cultural. De nuevo volvemos a lo que mencionamos en el aparte *Recursos humanos*: difícilmente tiene algo que enseñar el que no ha construido su propio espacio científico, el que nunca ha producido y el que no es consciente de barreras psicológicas que deben superarse. Esto que hemos mencionado es importante ya que la actual generación de profesores debe preparar en gran medida los investigadores del mañana y éstos son los estudiantes de hoy.

En todo este proceso los planes de estudio desempeñan naturalmente un papel importante. Debe evitarse una formación memorística, enciclopédica, libresca y paternalista. El plan de estudios debe ser lo suficientemente flexible para permitir incorporar avances significativos de la ciencia propiciando cierta versatilidad. Los laboratorios, que en general son deficientes, deben modernizarse y debe permitirse que el estudiante realmente los use, es decir que no se vea limitado a seguir unas guías con un conjunto de *recetas* rígidas.

Parece aconsejable el modelo que se está implantando en la Universidad Nacional en el cual para cada disciplina se ha definido lo que se ha denominado un núcleo básico o disciplinario consistente en lo mínimo absolutamente necesario que un estudiante debe aprender de su disciplina. Este núcleo tiene una extensión aproximada de cuatro años. En el quinto año o incluso desde antes, existen las llamadas líneas terminales, cada una está constituida por un conjunto de asignaturas de una determinada área que culmina en un trabajo de grado. No se trata de una especialización sino de una profundización en un área que corresponde usualmente a una de las líneas de investigación en que el postgrado está apoyado. El trabajo de grado se efectúa normalmente en una de las líneas de investigación existentes. El estudiante puede escoger entre varias líneas. También es conveniente que el estudiante además de una línea de su disciplina participe en otra línea de otra disciplina, sin efectuar otro trabajo de grado. Además, es factible que líneas terminales se cursen dentro de un programa de ingeniería, economía o ciencias humanas. Al comienzo de la carrera se les brindan a todos los estudiantes de ciencias una serie de conferencias sobre descubrimientos fundamentales en las diferentes disciplinas señalando entre otras cosas la interacción entre unas y otras y el papel desempeñado por la matemática.

Anotamos que una línea terminal de los planes de estudio podría plantearse de tal forma que incluya una preparación didáctica, pedagógica y psicológica. Los estudiantes que opten por esta línea terminal serían los ¡licenciados del mañana! Otras líneas terminales, en ciertas disciplinas, pueden ser la base de una especialización. Por ejemplo, en física: instrumentación y computación; en química: alimentos, polímeros, etcétera.

Un último comentario sobre los pregrados. La matemática y la física son fundamentales para el estudio de las otras ciencias básicas y para la ingeniería. Es entonces necesario modernizar y fortificar su enseñanza en las otras carreras. En la actualidad, en la que las fronteras se vuelven difusas, ¿tiene sentido hablar de matemática para biología o para tal o cual ingeniería, por ejemplo? Parece que no, a pesar de que se discutan aplicaciones particulares.

Es de esperar que cuando un estudiante ingrese en el magíster lo haga en una línea que tiene financiación y que esté realmente funcionando, ojalá en una línea que esté más o menos consolidada. Aunque la mayoría de programas de magíster exigen tiempo completo por parte del estudiante, es muy usual que en la práctica esto no ocurra así, lo cual alarga los estudios considerablemente disminuyendo la eficiencia de la investigación. Los proyectos de investigación y las universidades deben disponer de rubros para financiar a los estudiantes.

Una queja constante es el relativo bajo número de estudiantes que ingresan en los postgrados, lo cual naturalmente tiene incidencia sobre el desarrollo de los proyectos. Por otra parte algunos reconocen que un estudiante únicamente con el pregrado no está lo suficientemente maduro para que como profesional tenga un excelente desempeño.

Valdría entonces la pena considerar la posibilidad de terminar con los estudios de pregrado de tal forma que todos los estudiantes de ciencias básicas tuvieran que realizar el magíster, siendo éste el primer título. Naturalmente habría que buscar un consenso en el que seguramente tendrían que participar ciertos gremios. Si lo anterior puede llevarse a cabo, los beneficios para un *despegue* masivo de las actividades de investigación y para las actividades en que vayan a trabajar los egresados serían grandísimos. A primera vista esta propuesta puede parecer contradictoria con la anterior; sin embargo, es fácil ver que se pueden complementar.

Durante los últimos tres o cuatro años ha venido discutiéndose intensamente acerca de los programas de doctorado. A este punto dedicaremos los próximos párrafos.

Es naturalmente impensable lanzar programas de doctorado masivos por doquier. Las exigencias en cuanto a calidad y producción deben ser las mismas que existen en países industrializados, pues se trata de formar un investigador profesional que pueda competir. El programa de doctorado debe ser una consecuencia natural de la investigación en aquellas áreas de disciplinas que tengan grupos consolidados y activos. ¿Por qué vale la pena impulsarlo?

El desarrollo de grupos de investigación se vería reforzado con la ejecución de tesis doctorales. Si no existen compromisos serios de alto nivel de los grupos que puedan ofrecer estos trabajos, con la situación actual, los integrantes de esos grupos pueden tender a desintegrarse y burocratizarse sin que hayan podido formar una verdadera escuela. El compromiso de ofrecer tesis

a este nivel obliga a estar permanentemente en actividad incluyendo permanecer en comunicación con la comunidad internacional y a buscar la cooperación necesaria. Hay que comenzar urgentemente a preparar investigadores de alto nivel para el relevo generacional que se avecina. Además, existe un número apreciable de profesores con magíster que no están en condiciones de viajar por varios años al exterior. El doctorado ayudaría a reactivar a los que estén inactivos y a los que están investigando. Esto es válido también para profesores de universidades menos desarrolladas, lo cual implicaría para éstas una mejora cualitativa.

No se puede esperar a tener condiciones ideales para comenzar, hay que hacerlo al menos con el mínimo necesario. Si de condiciones ideales se tratara, tendríamos seguramente que acabar con los postgrados y carreras existentes.

Así sea posible en algunos casos realizar íntegramente en Colombia un programa de doctorado es necesario que el doctorando tenga la oportunidad, como parte de su formación, de hacer pasantías en universidades o institutos de países desarrollados que trabajen en temas afines. Sería deseable que un porcentaje significativo de los fondos de Colfuturo se dedicaran a reforzar los programas de magíster y a impulsar los doctorados en Colombia. Esto incluye naturalmente la posibilidad de hacer doctorados de tipo mixto o *sandwich* cuando existan los nexos adecuados.

Es de anotar que para el país es ventajoso que se realicen el mayor número de tesis posible en Colombia ya que en trabajos experimentales, por ejemplo, los aparatos que se construyan quedarían íntegramente en el país reforzando la infraestructura física del grupo. En los casos en que sea factible sería muy conveniente que el graduado realizara un posdoctorado en el exterior.

A pesar de que se comiencen a ofrecer programas de doctorado en el país, el número de investigadores profesionales que se necesitan es mucho mayor que el que puede graduarse en nuestras universidades, así que gran parte de los interesados en hacer un doctorado tendrían que salir del país.

El compromiso de la universidad es inmenso, sus estructuras académicas y administrativas deben cambiar propiciando la investigación estando atenta a lo que valga la pena impulsar y hacerlo, debe escuchar y servir a sus profesores, debe buscar contactos internacionales y posibles financiadores; aunque la siguiente frase a veces suena como una de cajón, la administración debe estar al servicio de la academia, es decir debe servir y no interferir. Cuando el investigador lo estime pertinente debe poder actuar directamente bajo su responsabilidad sin atenerse a las estructuras formales.

Cultura

Reconocer la necesidad de *hacer* ciencia y tecnología en nuestros países tiene raíces culturales. Como dijimos al comienzo de esta sección si suponemos, quizá ingenuamente, que al menos parte de la clase política dirigente ya lo ha

reconocido, bastaría pensar cómo llegar al pueblo mismo y muy especialmente a la niñez y a la juventud.

De hecho, existen varias actividades impulsadas por Colciencias, ACAC, Colcultura, la Fundación Mazda, etcétera, en este sentido. En principio habría que aumentar su intensidad y cobertura para lograr una gran difusión y en particular para que la actividad científica se legitime ante la sociedad:

- El uso de medios masivos de comunicación como la televisión con programas regulares donde se divulguen los avances de lo que se hace en el exterior y en Colombia, incluyendo quizá *las historias* de los protagonistas de estos procesos, puede ser muy motivante.
- La organización de olimpiadas entre colegios, como las que se hacen especialmente en matemática, cubriendo todas las ciencias básicas es una posibilidad estimulante. Los colegios y alumnos ganadores recibirían premios.
- Ferias de la ciencia regionales y nacionales como mecanismo interesante que valdría la pena hacerlo en más de una categoría.
- Estimular la creación de museos regionales de ciencia que permitirían a muchos interesarse por las actividades científicas.
- Organizar conferencias sobre aspectos científicos para el público en general y en especial para la juventud es deseable.
- Programas como el *Cuclí* deben ser estimulados y ampliados.

En todo este proceso es importante mantener continuidad. Quizá estas medidas ayuden a que la ciencia no sea algo extraño. En todos estos programas es necesario *crear* el pensamiento de que en Colombia se puede hacer ciencia. Naturalmente, estos programas deben cubrir también avances tecnológicos. Todo esto puede ayudar a que la ciencia y la tecnología vayan legitimándose ante la sociedad. Naturalmente el colegio desempeña un papel muy especial.

Una política para el desarrollo de las ciencias básicas

Planes institucionales

Como hemos indicado anteriormente, la gran mayoría de proyectos e investigaciones han surgido de algunos profesores inquietos. Así también surgen en muchas universidades del mundo. A lo largo de los años algunos grupos han venido consolidándose mientras otros se han acabado ya sea porque ha habido cambio de intereses de los investigadores hacia otros temas o porque el tema original se ha *agotado* o ha dejado de ser interesante o porque se ha dejado de investigar, casi siempre a raíz de lo difícil que ha sido matener una actividad investigativa continua a lo largo de los años, es decir, debido a los problemas que hemos venido mencionando o debido también a la no claridad de políticas institucionales incluyendo a los financiadores. Claramente, tam-

bién han surgido otros grupos. Todo esto hace que se repitan procesos, en algunos casos que se pierdan experiencias, que en el largo plazo sea relativamente poco lo que madure. Además algunos buscan contactos nacionales o internacionales y otros se aíslan. Lo anterior hace pensar que es necesario para el país como una unidad, plantear un plan de desarrollo en ciencias básicas coherente, estable y flexible en el que se puedan aprovechar al máximo los recursos existentes, respetando y apoyando a los grupos que hayan alcanzado un grado aceptable de consolidación o que auguren buen éxito, pues se debe apoyar a nuevos talentos evitando que tengan que pasar por problemas similares a los que hasta ahora se han tenido.

Este plan nacional sólo se puede constituir a partir de planes o programas institucionales de desarrollo que deben contener dos etapas: una a corto plazo (unos 4 ó 5 años) y otra a más largo plazo (10-12 años).

La primera etapa da los parámetros para financiar los proyectos con los dineros actuales existentes y la segunda sirve para tener un derrotero, no rígido, y para comenzar desde ya a conseguir recursos futuros. Obviamente la primera etapa forma parte de la segunda.

Es indispensable que los planes institucionales traten en detalle los puntos que hemos venido analizando en estos documentos: ¿Qué hay en el mundo? ¿Dónde estamos nosotros? ¿Qué queremos? ¿Qué podemos hacer? ¿Cómo lo hacemos? Estas preguntas deben ser contestadas no en forma de caracterización sino en forma cualitativa y cuantitativa concreta y se traducen en los siguientes puntos:

- i. Evaluación de lo existente.
- ii. Proyectos o investigaciones que haya que cancelar.
- iii. Investigaciones en funcionamiento que deben ser refinanciadas.
- iv. Proyectos nuevos.

Por otra parte es importante hacer las siguientes aclaraciones: para los puntos *ii*, *iii* y *iv* se debe dar una justificación detallada, incluyendo para los puntos *ii* y *iii* una evaluación. Para los puntos *iii* y *iv* la solicitud de financiación debe plantearse en forma independiente del costo y se deben especificar las necesidades en términos de recursos humanos, científicos y técnicos, así como un inventario de equipos existentes, adecuaciones necesarias y mantenimiento requerido. Al hablar de recursos humanos sería conveniente incluir no solamente el costo que implica la asesoría de científicos nacionales y extranjeros, sino también becas para estudiantes y un plan de capacitación o actualización para miembros del grupo, incluyendo estudiantes y técnicos. Además, como lo mencionamos en el aparte *Recursos humanos*, sería importante contratar personas ya formadas para los proyectos específicos. También parece conveniente que los planes de capacitación de Colciencias estén estrechamente ligados a los programas que se plantean dentro de los planes institucionales.

Lo anterior debe hacerse en cada disciplina y en cada institución. En este proceso, cada institución debe buscar cierta organicidad, debe detectar intersecciones y articulaciones para que se den ciertas prioridades no excluyentes. Además, sería conveniente que durante este proceso se evaluaran los postgrados y se efectuaran las reformas necesarias. Igualmente este proceso puede ayudar a clarificar aquellas líneas de investigación con las cuales se pueda iniciar un doctorado. De esta forma se tendría por cada institución un plan de investigación estructurado. El conjunto de planes de investigación institucionales tendría que ser analizado en detalle por el Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas. Allí se detectarían puntos comunes, se analizarían las posibles integraciones con otros programas del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, y de este modo se podría comenzar a tejer una red nacional y como resultado se tendría un Plan Nacional en Ciencias Básicas.

En lo que sigue se desglosan los cuatro numerales que acabamos de mencionar.

Evaluaciones

Estas conducen naturalmente a conocer la situación actual. ¿Será que no ha habido ya suficientes evaluaciones y diagnósticos? Si y no. Como mencionamos en el aparte *Estado de la investigación en ciencias básicas en Colombia*, hay grupos consolidados y grupos consolidados según la ocasión. Por otra parte, las evaluaciones, al menos las que conoce el autor de este documento (12, 17) son en general algo imprecisas; en ellas se encuentran datos sobre:

- Número de profesores, profesores con magíster, profesores con doctorado pero no se dice cuántos están realmente activos.
- Se enuncian líneas de investigación, pero no hay claridad sobre los proyectos que las componen ni sobre proyectos que se hayan realizado dentro de la misma línea; en algunos casos son tesis. Tampoco se sabe a ciencia cierta quiénes son los profesores que la integran, ni el tiempo que la línea lleva funcionando. Tampoco es claro qué contactos específicos reales se tienen con homólogos en el país o en el exterior. Esta información cuando existe se da globalmente a nivel de una universidad o de todo un departamento.
- Se suele dar una descripción de equipos con los que se cuenta, pero no se sabe en concreto el estado de otro tipo de infraestructura existente o inexistente, como revistas, medios de comunicación, técnicos, sobre mantenimiento de equipos.
- Tampoco se suele dar información sobre participación con trabajos en congresos.
- Es usual dar como indicador de madurez del grupo el número de artículos publicados, pero son usualmente números absolutos, no se sabe quién los publicó ni si fueron el resultado de la investigación dentro del proyecto en

cuestión o si se realizaron como parte de otro proyecto o fruto de una pasantía, etcétera. Más aún: como en las evaluaciones sólo aparece el número, tampoco se conoce nada acerca de la calidad del artículo, por ejemplo, ¿En qué revista se publicó? ¿Han tenido las publicaciones algún impacto? Es decir, ¿aparecen en el *Citation Index*? Se tiene la impresión, en algunos casos, de que el único objetivo ha sido publicar. Pero, ¿qué beneficios ha dejado la investigación? Por ejemplo, ¿se han formado estudiantes alrededor de ella?

- Otra clase de indicativos es la siguiente: ¿han recibido los integrantes de una línea alguna distinción científica? ¿Han participado en la organización de eventos científicos alrededor de su área de trabajo? ¿Han difundido sus investigaciones a un nivel amplio de la comunidad?
- Otro indicador que puede tenerse en cuenta en las evaluaciones, así sea como referencia, es el relacionado con el cumplimiento del cronograma de actividades, lo cual también da una idea sobre la capacidad de planeación, de administración y ejecución de la financiación que se haya recibido. Aunque naturalmente en la ejecución de un proyecto los objetivos pueden ir cambiando a medida que éste se desarrolle, parece obvio incluir en las evaluaciones un análisis de la relación entre objetivos propuestos y resultados alcanzados.
- En algunos casos es conveniente conocer si durante la investigación se ha generado alguna infraestructura adicional, por ejemplo, equipos, *software*, etcétera.

Los anteriores comentarios son en general válidos para una línea y por ende para un departamento y para una institución. No en las evaluaciones que se han realizado, pero sí en las solicitudes de financiación de proyectos se da alguna información sobre los puntos que acabamos de anotar. Esta información naturalmente es de circulación restringida. Por tanto, podemos decir que no conocemos mucho, sólo caracterizaciones sobre la situación real de las ciencias básicas en Colombia.

¿Cuántas líneas aprobarían un examen riguroso como el que se acaba de sugerir? Ojalá muchas, pero me temo que pocas. ¿Qué se tendría en cuenta para evaluar proyectos nuevos? ¿Qué oportunidad tendrían las universidades menos desarrolladas en un proceso como éste? Casi ninguna. De acuerdo con lo anterior, un punto que deberá tenerse en cuenta al tomar decisiones sobre financiación debe ser "no frenar necesariamente a los que todavía no *pueden* sino más bien ayudar a los que quieren y posiblemente pueden".

En consecuencia se ve que el problema de evaluación no es nada sencillo. Aunque hemos planteado algunos parámetros, éstos no deben tomarse como la panacea para medir calidad.

Es importante anotar que en algunas ocasiones para la evaluación de programas académicos de postgrado se ha contado con la asesoría de exper-

tos internacionales. Aunque este procedimiento parece ser en principio acertado ya que se han obtenido recomendaciones valiosas y evaluaciones más o menos críticas (17), adolecen de una falla que debe tenerse en cuenta: la ingenuidad del evaluador en cuanto a la información que recibe. En algunos de estos casos se observa que el evaluador no tiene suficientes elementos para discernir sobre la exactitud de la información que recibe puesto que desconoce la realidad del país. También se está comenzando a evaluar proyectos de investigación por medio de *árbitros* internacionales. Esto naturalmente es importante para tener una idea imparcial sobre los méritos de un proyecto. Sin embargo, no todos los proyectos se pueden evaluar con estándares internacionales que no estén bien definidos. Una situación concreta puede ilustrar este punto: un proyecto nuevo que se plantea puede requerir el montaje y fabricación de alguna infraestructura básica, la cual sería natural que existiera de un contexto internacional; como el evaluador no conoce la situación de la institución en la que va a llevarse a cabo el proyecto, puede recomendar por ejemplo, que se apruebe la investigación pero con una financiación menor que la solicitada, lo cual evidentemente imposibilitaría de principio, la realización del proyecto. Lo anterior ilustra *nuestra incapacidad* de juzgarlos.

Finalmente, es necesario mencionar que en muchos casos, incluyendo proyectos nuevos, parece que el proceso de financiación se ha confundido con un objetivo en sí. En algunos casos no se evalúan los resultados y el sentido de los mismos y en otros se obliga a los investigadores a perder demasiado tiempo en la formulación y tramitación de los proyectos.

Proyectos que deban cancelarse

Durante la evaluación a nivel institucional y en cada disciplina pueden surgir proyectos que deben cancelarse inmediatamente o proyectos para los cuales se prevé su cancelación en el futuro cercano. Esto puede ocurrir ya sea porque se esté llegando a una etapa en la cual se tiene certeza de que no vale la pena continuar con el mismo tema o porque el grupo está disuelto o porque definitivamente ya no se sigue investigando. De todas formas se debe incluir una clara justificación de la razón para la cancelación particularmente en los casos en que el grupo vaya a cambiar de tema pues se debe tratar de que surjan escuelas fuertes alrededor de determinados temas, que dejen una cierta tradición.

Refinanciación de proyectos

También como resultado de las evaluaciones y relevancia del tema hay que prever la disposición de recursos para aquellos proyectos que terminen en el futuro próximo. Es fundamental, en mi opinión de máxima prioridad, apoyar la continuidad de estas investigaciones precisamente para consolidar los grupos y para que se genere una tradición científica sólida. En las solicitudes

de refinanciación es aconsejable dejar rubros para la contratación de investigadores profesionales y de estudiantes. También debe existir cierta financiación para estimular contactos a nivel nacional y/o internacional ya sea para la asistencia a congresos y/o para el pago de asesores. Estamos entendiendo por refinanciación de proyectos no únicamente la financiación para la continuación de un proyecto sino también la financiación de un proyecto nuevo en la misma línea en que el grupo en cuestión ha venido trabajando.

Proyectos nuevos

En principio, estos proyectos deben apoyarse si científicamente son importantes. Hay que tener en cuenta la viabilidad del proyecto y la pertinencia del mismo, teniendo como referencia los recursos financieros existentes. No debe tomarse como una necesidad a ultranza la realización y financiación de proyectos de investigación en áreas en las cuales no existe desarrollo en el país, así éstas se efectúen en países industrializados. Es entonces importante ser conscientes del delicado balance que hay que plantear entre dispersarse y fortalecerse.

En este sentido vale la pena señalar que en ningún momento la política para el desarrollo de las ciencias básicas debe estar basada en cómo financiar proyectos dentro del programa Colciencias-BID II, sino que debe planearse a un largo plazo pensando en un desarrollo global del país. Por esta razón los proyectos para financiar deben incluir los costos totales que se necesiten realmente para llevarlos a cabo. Esto permitirá ubicar necesidades generales para la financiación del desarrollo de las ciencias básicas en los próximos 10 ó 12 años.

Mencionamos que los proyectos deben evaluarse con mucha objetividad y que los financiadores deben evitar ser influidos por el *lobby* que algunas instituciones hacen con gran experiencia.

Finalmente señalamos que una vez que los proyectos hayan recibido la financiación requerida, el Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas debe hacer un seguimiento de su desarrollo. Sería quizá conveniente organizar, según determinadas áreas, congresos anuales en que los investigadores expongan los avances de sus trabajos. En este punto las sociedades científicas podrían entrar a colaborar, propiciándose su compromiso con el desarrollo de las ciencias básicas.

Redes científicas

Como ha venido indicándose a lo largo del documento, algunos de los principales problemas que existen para el desarrollo de las ciencias básicas en Colombia tienen que ver con el aislamiento, con la falta de infraestructura (equipos, biblioteca, etcétera), con la ausencia de reconocimiento y con la difícil consecución de entrenamiento en instituciones internacionales. Debido

a que los recursos reales con que cuenta el país son insuficientes para desarrollar todos los campos en diversas instituciones, es importante la colaboración entre las diferentes entidades para facilitar así la comunicación y el uso conjunto de instalaciones y equipos. Como dentro de las universidades colombianas hay aproximadamente cinco que tienen un desarrollo relativo superior a las otras, ellas deben constituirse en nodos fuertes del desarrollo científico y las universidades con menos desarrollo relativo deben apoyarse en ellas.

Justamente las redes entre universidades u otras instituciones ayudan a eliminar parcialmente los problemas que anotábamos al comienzo. Los planes institucionales que elaboren las universidades, no sólo en ciencias básicas sino en otras disciplinas y profesiones, ayudan a que en cada universidad se configure una red, aprovechándose los recursos existentes y la interacción que de ella surge, por ejemplo ciencias básicas e ingenierías. Alrededor de cada universidad desarrollada se puede generar colaboración con las universidades menos desarrolladas que queden en su cercanía. Las diferentes universidades desarrolladas se pueden enlazar entre sí mediante comités en ciencias básicas, por ejemplo, y cada uno de estos nodos debe buscar contactos internacionales con universidades, institutos, fundaciones y eventualmente se puede facilitar la integración a grupos internacionales de investigación.

Hay que señalar que aunque la colaboración internacional es necesaria debe procederse con cautela: que no ocurra en estos procesos de colaboración lo que ha sucedido con algunos programas de transferencia de tecnología, es decir, que ante nuestras restricciones de equipamiento nos dediquemos únicamente a estudiar un aspecto de un problema que es realizado *conjuntamente* por dos o más instituciones, porque al final nos podemos quedar solo con lo que tiene que ver con ese aspecto sin habernos apropiado de todo el contexto.

La creación de estas redes debe facilitar el intercambio de recursos humanos no sólo de planta sino de profesores visitantes o expertos que vengan a una institución particular. Por tanto, debe crearse un banco de información de tesis nacionales que sirva por una parte para saber lo que se hace en el país y por otra, para generar intercambio con bibliotecas en el exterior. También deben levantarse inventarios de científicos, organizar cursos de entrenamiento y debe facilitarse el planteamiento de proyectos comunes.

Desde hace varios años viene hablándose de la creación de centros de excelencia, en algunos casos suprauniversitarios. Este es un punto que analizaremos a continuación.

Los centros de excelencia deben estar anclados en las universidades y no fuera de ellas pues los centros pueden *vaciarse* en el sentido de que las investigaciones se comiencen a realizar en ellos, y a largo plazo las universidades se conviertan en ejecutoras de docencia, propiciándose, así, cierto

divorcio entre docencia e investigación. La interacción universidad-centros suprauniversitarios debe ser completamente clara pues en muchos casos los centros recurren, por ejemplo, al personal humano de las universidades para plantear proyectos así ellos no tengan la mínima infraestructura.

Reflexiones finales

Grupos de investigación

En este y otros documentos se ha venido hablando de la consolidación de grupos de investigación, pero ¿qué es un grupo? Algunos lo entienden como un conjunto de profesores que trabajan alrededor del mismo tema, otros amplían este concepto para incluir estudiantes u otras personas como técnicos, etcétera. Un grupo puede estar, en principio, constituido por un profesor activo y sus estudiantes. Es de resaltar que en muchas de las universidades de los países industrializados los grupos están constituidos de esta forma, diferente es en institutos de investigación o en el sector privado donde la investigación se planea con un objetivo más inmediato, reuniendo varias personas, por contrato, alrededor de un tema. Al parecer en Colombia se ha querido forzar la constitución de grupos, tomando como modelo los institutos, pero sin crear las condiciones para que esto suceda en la práctica. La conformación de grupos debe estimularse pero no forzarse, pues esto lleva al engaño en el sentido de que el grupo existe en el papel y no en la realidad. Igualmente sucede en algunos casos con los llamados grupos interdisciplinarios.

Cerebros fugados

En varias ocasiones el país ha tomado como medida para el desarrollo científico y tecnológico, la repatriación de los llamados cerebros fugados con una serie de incentivos que a la larga son insignificantes; el hecho real es que los verdaderos cerebros fugados seguramente están bien ubicados en el exterior y al repatriarlos no hay condiciones para que puedan desarrollar todas sus habilidades. Por tal motivo es preferible, al menos en una primera etapa, no buscar la repatriación de estas personas, sino más bien buscar su contacto, lo cual puede ser de gran utilidad. Es entonces importante hacer un directorio de estas personas.

No sobra repetir una vez más que es fundamental mejorar las condiciones locales para que los cerebros no fugados puedan realmente investigar y enseñar.

Estímulos a los investigadores

Es reconocido que en general los investigadores en las universidades reciben salarios realmente bajos y que a pesar de sus esfuerzos no tiene ninguna ventaja frente a colegas que no adelantan actividades de investigación.

Nuevamente se aprecia la falta de apoyo real a la investigación en las universidades. Esto ha inducido a muchas personas a plantear sistemas de estímulos para investigadores que estén matriculados en lo que se ha denominado *Sistema Nacional de Investigadores* (véase por ejemplo (18)). En la mayoría de estos casos se han seguido métodos empleados en otros países de Latinoamérica, especialmente en México.

Estas propuestas deben estudiarse cuidadosamente, pues en principio, si en las universidades existiera una verdadera jerarquía académica, si la investigación estuviera realmente institucionalizada formando parte del quehacer natural de los profesores y si los salarios permitieran tener una vida que propicie un mayor estatus social, no se necesitarían incentivos adicionales: ¿qué mejor incentivo que el pertenecer a una universidad? A todo esto se deberían comprometer las universidades y los incentivos propuestos en (18) no deben disminuir la responsabilidad de las universidades al respecto.

Una posibilidad interesante es conceder a los investigadores una bonificación por su activa participación en proyectos de investigación. Esta modalidad tendría la gran ventaja de que un investigador se haría acreedor a ese estímulo sólo mientras esté en un proyecto de investigación activo. Además se evitarían los inconvenientes que puede acarrear el montaje de un Sistema Nacional de Investigadores, como son su posible burocratización y otros problemas de índole ética, que ya se ha comenzado a manifestar en algunos sistemas en América Latina.

Reconocimientos

Durante la escritura del documento, el autor tuvo la oportunidad de discutir algunos aspectos con varios profesores: L. Barrera, A. Camacho, J. Caicedo, B. C. López Gómez, J. Martínez, R. Martínez, A. Poveda y R. Tovar. Los profesores D. Campos, M. García y P. Leyva leyeron muy amablemente un borrador del documento e hicieron valiosas sugerencias. A todos ellos muchas gracias.

También debo agradecer a los profesores que participaron en el grupo organizado por Colciencias y que preparó documentos sobre este mismo tema, por sus estimulantes discusiones. Ellos fueron: C. Corredor, S. Fajardo, M. Quijano y E. Yunis. Finalmente a la directiva de Colciencias C. Forero, J. L. Villaveces y L. C. Arboleda mi reconocimiento por sus comentarios en las reuniones que se sostuvieron y por la ayuda ofrecida.

Anexo 2.1

A continuación se transcribe un listado de las áreas de investigación que en forma continua se adelantan actualmente en el país (12):

- Biología
- Ecología
- Histología vegetal
- Fisiología vegetal
- Fermentación y materias primas

- Fauna en Colombia
- Hidropónicos
- Mutagénesis
- Inmunología
- Embalses
- Botánica
- Microbiología
- Parasitología
- *Química*
 - Productos naturales
 - Alimentos
 - Síntesis
 - Química analítica
 - Agroquímica
 - Bioquímica
 - Resonancia magnética nuclear
 - Fitoquímica
 - Fisicoquímica
 - Carbones colombianos
 - Química teórica
- *Física*
 - Bajas temperaturas
 - F. atómica y molecular
 - Cristalografía
 - Docencia
 - Superficies
 - Semiconductores en bloque
 - Semiconductores en películas delgadas
 - Semiconductores amorfos
 - Superconductividad
 - Geofísica aplicada
 - Óptica y tratamiento de señales
 - Metalurgia física
 - Propiedades eléctricas y ópticas de la materia
- *Matemáticas*
 - Lógica
 - Álgebra
 - Topología
 - Ecuaciones diferenciales
 - Software educativo
 - Estadística
- *Geociencias*
 - Mineralogía
 - Geología regional
 - Sismología
- Farmacología de productos naturales
- Flora de Colombia
- Zoología
- Entomología
- Genética de bacterias
- Genética poblaciones
- Metabolismo
- Colorantes
- Enzimología
- Química orgánica
- Catálisis
- Cristalografía
- Química ambiental
- Petroquímica
- Biotecnología
- Química inorgánica
- Contaminación
- Altas energías
- Física nuclear
- Campos
- Astronomía
- Interfases
- Transiciones de fase
- Biofísica
- Instrumentación científica
- Energía solar
- Metrología
- Plasmas
- Espectroscopía
- Magnetismo
- Física teórica
- Análisis
- Teoría números
- Geometría
- Fractales
- Docencia
- Biomatemática
- Paleontología
- Geofísica aplicada

Referencias

- (1) *Plan de Ciencia y Tecnología para una Economía Social 1987-1990* (1987). Lineamientos generales. MEN, DNP, Colciencias.
- (2) *Foro Nacional sobre Política de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*. (1987). Memorias. Colciencias.
- (3) *Política de Ciencia y Tecnología*. (1991). Departamento Nacional de Planeación. Documento DNP-2540 UIT-Colciencias.

- (4) W. C. Dampier (1972). *Historia de la ciencia*. Tecnos.
- (5) F. Safford (1989). *La investigación y el desarrollo tecnológico de países en desarrollo: el caso de Colombia*. Un enfoque histórico. Policopiado Icfes.
- (6) Salam, A. (1989). *Notes on Science, Technology and Science Education in the Development of the South*. TWAS.
- (7) *Informe final del Coloquio sobre "La ciencia y la tecnología para el futuro de América Latina"*. (1991). Unesco/Orcyt.
- (8) Hasselgren, L. y Nilsson, J. S. (1990). *Reflections on the role of Basic Sciences in Third World Countries*. Sarec Report. Stockholm.
- (9) Lillethom, E. *Europhysics News*. (1991). Vol. 22, No. 3, 49.
- (10) López T., C. (1991). *Consideraciones sobre el contenido de una nueva ley universitaria*. Trabajo presentado en el Foro: De la reforma constitucional a la reforma universitaria. El futuro de la Educación Superior Pública. Universidad Nacional-Icfes.
- (11) *Programa Nacional de Ciencias Básicas* (1991). Documento de la División de Ciencias Básicas de Colciencias.
- (12) García, M. *Programa de Desarrollo de las Ciencias Físicas, Exactas y Naturales* (1990). Colciencias. Las referencias (13 y 16) se encuentran en: *Misión de Ciencia y Tecnología*. MEN, DNP, Fonade Vol. 3 Tomo I (1990).
- (13) Takahashi, A. *Estudios sobre el estado de desarrollo y de inserción social de las disciplinas y áreas del conocimiento*.
- (14) Arenas, G., Chaparro, F., Orozco, P. y Solarte, E. *Estudio sobre el estado de desarrollo y de inserción social de la física en Colombia*.
- (15) Briceño, L. A., Mojica, J. *El estado de desarrollo y de inserción social de la geología y geofísica en Colombia*.
- (16) Poveda, A., Duque, C., de Gómez, M., de Gómez, V. y Pérez, G. *Estado de desarrollo e inserción social de la química y bioquímica en Colombia-Estado actual y perspectivas*.
- (17) *Memoria del Encuentro de Evaluación del Programa para el Desarrollo de la capacidad de Investigación* (1990). Icfes.
- (18) Hoyos, N. E. (1990). *Propuesta para la creación de un sistema de estímulos a los investigadores*. ACAC.
- (19) *Memorias del Seminario permanente sobre la calidad, eficiencia y equidad en la educación superior en Colombia* (1989). Tomo I. Icfes.
- (20) Villaveces, J. L. (1990). *Los programas doctorales*. Policopiado UN.
- (21) Campos, D., Estrada, H., Giraldo, J., Gordillo, G., Martínez, J., Niño, V. y Posada, E. (1991). *Hacia un Programa de doctorado en física*. Policopiado UN.
- (22) Hamende, A., Hassan, M. y Phua, K. K. (ed.) (1986). *South-South and South-North Cooperation in Sciences*. World Scientific.
- (23) *Ciencia y tecnología para una sociedad abierta*. (1991). Colciencias.
- (24) Guardiola, M. L., Villaveces, J. L. y Violini, G. (1990). *Status and Problems of Science in Latin America and the Caribbean*. Academia de Ciencias CIF, TWAS.

LAS CIENCIAS BASICAS PARA COLOMBIA Y SU FUTURO

Marco Quijano Rico

Introducción

Desde hace muchos años la investigación científica en Colombia y sus implicaciones para la tecnología y el desarrollo nacional han sido una de nuestras preocupaciones centrales.

Por tal razón se inicia este ensayo con apartes de trabajos que escribimos sobre esos temas cuando el interés por la ciencia y la tecnología en Colombia era embrionario.

Los puntos de vista en ellos expresados y el estado actual de la ciencia y la tecnología en el país tienen diferencias importantes, pero muchos conceptos siguen siendo valederos.

Hemos creído siempre que la industria debe hacer investigación no solamente para la aplicación sino para la obtención de conocimientos. Permanentemente insistimos desde el Laboratorio de Investigaciones de la Federación Nacional de Cafeteros, LIQC, en la importancia, también dentro del sector privado, de la investigación fundamental.

No hemos tenido el privilegio de estar directamente involucrados en el mundo académico nacional. Todo nuestro esfuerzo ha sido dedicado al desarrollo de la ciencia y la tecnología en el gremio cafetero. Nuestro conocimiento del potencial y debilidades de las universidades lo obtenemos por medio de su producto, es decir: de los ya incontables estudiantes de pregrado y postgrado que han pasado por el LIQC, en donde han tenido la posibilidad de aplicar sus conocimientos a problemas concretos de la industria cafetera. Problemas que van desde la investigación fundamental, en campos límites del conocimiento, hasta el desarrollo tecnológico. Sobre todo con su entusiasmo estos jóvenes investigadores han dado una contribución esencial al gremio cafetero en química, biología, física, ingeniería.

En general los jóvenes egresados son débiles en conocimientos básicos, demasiado modelados por esquemas académicos de otra época, con una inclinación marcada hacia la memorización. Sin embargo, después de algún tiempo y mediante el trabajo de investigación propiamente dicho, entendido en toda su amplitud, se convierten en investigadores valiosos en una proporción bastante alta.

El mundo que nos rodeaba hace 20 años era otro. El actual nos pone ante un desafío sin precedentes: en sus dimensiones y por lo apasionante que conlleva.

La ciencia como propulsor fundamental del desarrollo nacional, ideas de hace 20 años. (M. Quijano Rico, escrito en Mainz, 1969 - publicado en 1973)

Los gobiernos de los países más desarrollados y los de aquellos que muestran una dinámica mayor en su desarrollo, prestan una atención particular al progreso de la ciencia. La ciencia progresa por medio de la investigación científica, la cual genera el desarrollo técnico, sin el cual el desarrollo económico y general, no existirían. En ausencia de éste, la independencia económica y por tanto, cultural y política, es una noción ajena a la realidad.

Algunos países han alcanzado un florecimiento económico y cultural sin precedentes en la historia de la humanidad, considerándolo sobre todo por la posibilidad que tiene un número importante y creciente de sus habitantes, de disfrutarlo. Este florecimiento coincide con el desarrollo científico y tecnológico, que ha tenido lugar en estos países; en otros términos, con el mejor conocimiento de los fenómenos y de los recursos naturales y con su aprovechamiento.

Si el empobrecimiento sistemático de una parte de la población, no se verifica en los países desarrollados, entre los países pobres y los países ricos sí existe una transferencia de riquezas, que acarrea el empobrecimiento continuo de los más pobres y el enriquecimiento continuo de los más ricos. En sentido único, la emigración de personal altamente calificado constituye un porcentaje importante y cada vez mayor. Entre los factores responsables de esta emigración, el de la mejor situación económica individual es importante, pero son determinantes el deseo ardiente de muchos jóvenes por participar en la gran aventura del hombre moderno y/o la imposibilidad de participar efectivamente en el engrandecimiento nacional.

Excluyendo los métodos coercitivos y antidemocráticos, la organización y la vigorización de la investigación científica permitirían, simultáneamente, frenar el éxodo de profesionales y retener a los mejores cerebros, resolver muchos de nuestros problemas peculiares con las mejores soluciones, las nacionales, lanzar productos originales, de calidad y precios competitivos, al mercado mundial, explotar adecuadamente nuestras riquezas naturales y aprovechar la mayor de todas, la inteligencia de los colombianos.

Ciencia y política

El continente americano llama la atención por la diferencia enorme entre el Norte y el Sur. Entre los Estados Unidos y el Canadá por una parte y los pueblos latinoamericanos por la otra. En el continente americano coexisten el país más poderoso y tecnológicamente más avanzado del planeta y naciones entre las cuales hay que son de las más atrasadas. La ciencia y la técnica norteamericanas acaban de abrir una nueva era en la historia de la humanidad, con el vuelo del Apolo VIII, mientras muchos países latinoamericanos tratan de asimilar, sin éxito, las técnicas más sencillas. Indudablemente las diferentes intensidades con que se cultivaba a la ciencia y a la técnica en las potencias coloniales respectivas, se encuentran al origen de la divergencia gigantesca de los caminos históricos de los pueblos americanos. Y por la misma naturaleza de los países latinoamericanos, un equipaje científico y técnico de los colonizadores eran aún más necesarios que en el caso del norte de América.

Actualmente, las relaciones de los Estados Unidos con el resto del continente, son las de una superpotencia con un grupo disperso de naciones débiles. No es el caso de detenerse en la tensión política que engendra este estado de cosas. Basta considerar que no puede perdurar y que del éxito y la premura con que se encare, depende la suerte de millones de personas y el sistema político y social de América Latina en el futuro.

Al hablar de la ciencia y la política no se puede olvidar a Checoslovaquia 1968, porque a la evolución que culminó con la ocupación del más avanzado de los países socialistas por fuerzas del Pacto de Varsovia, la ciencia no es

extraña. El científico es el hombre libre por excelencia, porque no se puede ser científico sin buscar la verdad. La primavera de Pagra era saber si se puede hacer un sistema político y social a la medida del hombre y no un hombre a la medida de un sistema, si se podía encontrar un sistema realmente científico, sin caer en la utopía, en el que se podrían equilibrar, la libertad individual, el desarrollo económico y el bienestar de la comunidad.

La investigación científica en Colombia y la necesidad de una política científica nacional

Se entiende por política de la ciencia y de la técnica, el estudio sistemático (y la aplicación) de las relaciones entre investigación científica, desarrollo económico y progreso de una nación. La meta ideal, sería poder definir una política científica de los pueblos latinoamericanos, porque sólo la comunidad de intereses y de medios del subcontinente permite en el campo científico, como en el económico, obtener los mejores resultados. Es forzoso en la actualidad limitarse al caso nacional.

Tenemos una serie de centros esparcidos por el país, que hacen investigación o que deberían hacerla, pero ningún organismo capacitado y superior del Estado coordina, planifica, controla la investigación; todo esto es el resultado de la inexistencia de una política nacional de la ciencia y la técnica. En estas condiciones cualquier tipo de investigación es sumamente oneroso. Los resultados no son los esperados, la productividad de la investigación nacional, mínima. Siendo Colombia un país de recursos económicos limitados, los créditos disponibles para la investigación científica son necesariamente exigüos. Es decir, que la productividad de la ciencia colombiana debe alcanzar los niveles internacionales más altos, para aprovechar con el mejor rendimiento posible su parte de presupuesto nacional. Por otra parte, el porcentaje del producto nacional bruto que se dedique anualmente a la investigación científica debe ser suficiente para que los créditos superen el nivel umbral por debajo del cual la productividad es poco más que nula.

Hablar de productividad equivale a hablar de organización: a escala nacional con base en una política científica, y de los centros individuales de investigación. ¿Cuál es el organismo capaz de asumir funciones tan importantes como la de organizar la investigación científica a escala nacional? Un organismo puramente oficial inspira un cierto temor. ¿No sería su creación una *oportunidad* para muchos individuos sin una formación sólida en la ciencia o en la política científica? ¿Es posible encargar de esta tarea a nuestra Academia de las Ciencias potenciándola hasta que alcance un nivel científico internacional? ¿Se puede crear un Consejo Superior de la Ciencia y de la Técnica constituido por personas capacitadas que tengan la información adecuada para atender realmente el problema? Una respuesta exacta no se puede dar, sin un estudio objetivo y detallado de las diferentes posibilidades.

La organización de los centros de investigación científica

Los mejores centros de investigación del mundo están organizados siguiendo principios universales y bien definidos. Existe una organización aplicable sin mayores variaciones a un centro investigativo de cualquier país. En efecto, una de las características más interesantes de los científicos modernos, de países diversos, educados en medios sociales o políticos completamente diferentes, es la similitud de intereses, de ideales, de comportamiento. Como organización tipo, se puede citar el caso de los Bell Telephone Laboratories en los Estados Unidos. Los puestos de la directiva son frecuentemente puestos rotatorios entre los investigadores del laboratorio. Los investigadores reciben un sueldo y poseen un título que depende de su pasado científico, de su dinamismo, de su posición en la jerarquía estrictamente científica. Durante el tiempo que desempeñan labores de dirección pueden recibir una indemnización, la cual, sin embargo, no alcanza a cambiar la jerarquía de sueldos.

Es indispensable dar la posibilidad al hombre de ciencia brillante, de llegar a los sueldos más altos, sin condicionar el nivel de éstos a las labores puramente administrativas. Se corre el riesgo de desviar al investigador hacia la administración. Lógicamente, se le debe garantizar al investigador una posición económica de acuerdo con la importancia que tiene dentro de la sociedad. En valor relativo, las escalas de sueldos en uso en los Estados Unidos o en los países socialistas, son ejemplares.

El 11 de junio de 1911 se fundó en Berlín la Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft para el Fomento de la Ciencia, hoy Sociedad Max Planck, con el objetivo principal de dar la posibilidad a los investigadores de realizar su trabajo, sin cargas de tareas administrativas, con libertad ilimitada y con seguridad material. Sería largo enumerar las contribuciones extraordinarias al progreso de la ciencia y al beneficio de la humanidad de esta organización modelo. La sociedad Max Planck, que ha tenido directores de las dimensiones de Einstein, cuenta hoy 38 institutos que trabajan en diferentes campos del saber humano. Lo que le debe Alemania a la Sociedad Max Planck y la contribución que ha recibido de ella en el desarrollo económico espectacular del país, es invaluable.

La administración de los centros de investigación científica

Los mecanismos de la productividad en la investigación científica son peculiares en sumo grado. En ninguna otra actividad humana organizada, la importancia del hombre es mayor. Es que el progreso científico o su aplicación, es el resultado de la creación intelectual. Un centro de investigación no es una industria ni un colegio, necesita un sistema administrativo especial. Para que el investigador produzca, es necesario rodearlo de una atmósfera adecuada. La administración correcta comienza con el contacto humano, con la colaboración y con la comprensión. En el caso de los muy grandes centros

de investigación, el director general no debe necesariamente ser un científico, es suficiente que sea un *manager* capacitado. Pero cuando se trata de pequeños centros de investigación, es el caso colombiano, el éxito de la institución depende en primer lugar de la dirección. La comunidad entre la dirección y los investigadores debe ser completa, lo que no es posible sino entre personas de un nivel académico similar. El director debe conocer los problemas de la investigación y del investigador a fondo, es decir, debe ser un científico en el sentido exacto de la palabra.

Sobra anotar, que desde el punto de vista moral y psicológico es imposible exigir a los jóvenes científicos, que han pasado largos años en la universidad, en los laboratorios y que poseen los títulos académicos, que los confirman como tales, de someterse a la directiva de personas que nunca realizaron la menor investigación seria, que no publicaron ningún trabajo científico y que no poseen los estudios universitarios requeridos. No se es científico cuando no se trabaja activa y efectivamente. Como decía Max Planck, la ciencia no es el reposo contemplativo de los conocimientos adquiridos sino que significa trabajo constante y desarrollo continuo.

La presencia de personas no capacitadas en la directiva de los centros de investigación, conduce a la desorganización y produce un estado de tensión que da al traste con la labor científica, ocasiona el desaliento y la amargura del personal científico. Es seguramente el método más efectivo para esterilizar a la investigación. Naturalmente tal directiva es incapaz de formular los programas de investigación y de obtener el funcionamiento coherente del centro.

La formación del personal científico

De todo lo anterior se deduce que la organización y la administración apropiadas de la investigación científica, no son posibles sino observando ciertas reglas, patrones internacionales, fuera de las cuales la investigación es un saco roto para los créditos que se le otorguen. Estas reglas son los principios de organización y de administración comúnmente adoptados en los países más desarrollados. La formación del personal científico no puede tampoco diferir de los patrones internacionales. El científico colombiano, como el de cualquier país en vías de desarrollo, debe igualar o superar en preparación y en capacidad a sus colegas de los países más avanzados. En la gráfica siguiente se comparan los sistemas de preparación de las élites científicas en varios países. Se debe anotar que de los países en vías de desarrollo, la India es aquel que tiene la ciencia mejor organizada; es una herencia del sistema inglés.

El porcentaje de investigadores que según un título dado, ocupa las posiciones claves en la investigación científica es: EU, PhD 90%; MS 8%; BS 2%; en Alemania: doctor 95%; diplomado 5%.

	EU	Alemania	URSS	Francia	India	Colombia
Nivel científico	PhD	Doctor	Candidato	Doctor E.	PhD	
Nivel intermedio	MS	Diploma	Diploma	Doctor U.	MS	MS
Nivel técnico	BS			Licencia	BS	Título

Como se deduce del examen del cuadro y de los datos mencionados, Colombia no se diferencia de la gran mayoría de los países en vías de desarrollo, los cuales se ven obligados a preparar a sus científicos en las universidades o institutos de los países más desarrollados. La posibilidad de alcanzar el nivel de MS es reciente en nuestro país. Claro está que una vez fortalecida la investigación científica, será posible preparar a jóvenes escogidos, que dispongan ya de un MS, para el nivel del doctorado, realizando así la formación del científico en el país mismo.

Ciencia, educación y cultura en el mundo actual

La característica predominante en nuestra época es el adelanto, sin precedentes, de la ciencia y de la técnica. Es en estos campos en donde la inteligencia creativa del hombre moderno encuentra sus medios favoritos de expresión. Un país que no se asocie por lo menos en parte, al adelanto científico, permanece al margen de la corriente del desarrollo humano, con las peores consecuencias para su vida intelectual y para sus fuerzas productivas.

En nuestros días, la ciencia y la técnica son elementos indispensables de la cultura; hoy ya no es suficiente que el hombre educado, que aspira a ser un administrador o a ocupar una posición de potencia, llegue equipado únicamente de humanidades y de bellas artes. Es que el progreso de la ciencia y la técnica influencia de manera creciente, cuando no determinante, la evolución de las cuestiones nacionales e internacionales. Cuántos de los males que han agobiado o agobian a Colombia, se deben a que la mayoría de la élite nacional, no conoció por muchos años, las nociones de rendimiento y de objetividad y los principios elementales de la organización.

Por lo que se refiere a la educación y preparación de las élites nacionales, la búsqueda del saber es un elemento esencial de la buena salud de las universidades e institutos superiores. Es indispensable que el cuerpo docente trabaje en investigaciones al límite del conocimiento y que los estudiantes tengan la posibilidad de participar en ellas. Recientemente una encuesta realizada en los Estados Unidos ha confirmado como los mejores profesores universitarios a aquellos que hacen investigación. Resulta que ante el avance tan rápido de la ciencia y de la técnica, un profesor que no practique investigaciones de vanguardia, trasmite a sus alumnos, de manera imperfecta en el mejor de los casos, lo que se sabía 10 años atrás.

Aquí no hemos estudiado los centros universitarios de investigación; nos hemos limitado a aquellos que no tienen como objetivo principal las labores docentes. Pero es claro que la potencialización de centros que están orientados hacia la investigación propiamente dicha, tiene consecuencias incalculables para la educación de los colombianos. Es allí donde muchos jóvenes se pondrán en contacto con la elucidación científica de problemas de interés nacional y con la aplicación de la ciencia a su solución, al mismo tiempo que realizan la labor investigativa para optar un título, una maestría o un doctorado.

Investigación científica y desarrollo económico

Prácticamente toda la ciencia del mundo se concentra en 30 países, los cuales, con menos de un tercio de la población mundial, contribuyen en un 95% a los gastos mundiales de investigación y desarrollo. De estos países procede la casi totalidad de las publicaciones científicas y técnicas, de las patentes, prototipos, nuevos productos y procedimientos, lo mismo que la mayor parte de la nueva generación entrenada en la ciencia y en la técnica.

La explotación eficaz de los recursos naturales exige, en primer lugar, la producción continua de conocimientos científicos en relación con sus propiedades específicas y potenciales. En consecuencia, depende de los resultados de las investigaciones realizadas al interior de país, los cuales deben obtenerse por medio y de acuerdo con los niveles de la ciencia internacional.

En lo que se refiere a la industrialización, la industria de un país que no investiga depende casi únicamente de la técnica extranjera y como es lógico, no dispone en el mejor de los casos sino de lo penúltimo en técnica o en procedimientos. La competencia en los mercados internacionales e incluso en el mercado nacional, no es posible. El efecto estimulante de la investigación en el desarrollo industrial, se comprende considerando la ecuación:

$$\begin{aligned} &\text{idea} + \text{investigación} + \text{desarrollo} + \text{prototipo} + \text{ensayos} \\ &\quad + \text{producción} + \text{ventas} = \text{uso o mercado.} \end{aligned}$$

Los productos destinados a la exportación deben llenar tres requisitos: ser originales, tener buena calidad y un precio conveniente. La originalidad y la calidad son frutos de la investigación.

Nos hemos limitado en este trabajo a exponer, de manera breve y cualitativa, las relaciones entre el progreso científico y el desarrollo general. A tratar, de la misma manera, las tendencias modernas de la organización de la investigación científica.

Dice un viejo proverbio chino que se necesitan 10 años para ver crecer un árbol, pero 100 para preparar una nueva generación. La Colombia del mañana se construye hoy. Es indispensable tender un puente sobre el abismo que nos separa del mundo técnico y científico. En cada caso, la ciencia da la clave de la solución.

El ambiente para la investigación científica en Colombia (Quijano Rico, 1974)

Siendo el científico moderno de buen nivel, un individuo tipo de características definidas y peculiares, independientes de nacionalidad, raza o sistema político, la organización de la investigación no sólo puede ser similar a la escala internacional, sino que debe buscar la productividad, ser lo más perfecta posible, es decir, del tipo de la usual en los países más desarrollados. Lo mismo puede decirse del científico del país menos desarrollado. No debe haber ciencia subdesarrollada en los países subdesarrollados, el científico de los países en vías de desarrollo debe igualar o superar a sus colegas de los países más avanzados, para que su labor sea fértil. Del hecho de que la investigación científica en Colombia tenga en general un grado incipiente de organización a escala de los centros que la practican y por la ausencia de una política científica definida, a escala nacional, resultan los siguientes factores negativos, que se deben tener en cuenta para la organización de un centro de investigaciones:

- a. Deficiencias universitarias en la formación de científicos y técnicos. Las universidades apenas comienzan a practicar la investigación.
- b. Ausencia de una componente científica en la vida cultural, de una actividad científica que permita un autoabastecimiento en conocimientos y una actualización aceptable, por intercambio de ideas entre especialistas nacionales altamente competentes.
- c. Insuficiencia de las bibliotecas y de las fuentes de información.
- d. Barreras aduaneras y dificultades de orden administrativo.
- e. Insuficiencia de los créditos destinados a la investigación.
- f. Remuneración insuficiente del personal científico altamente calificado.

Los factores negativos enumerados conllevan las siguientes dificultades:

- a. Dificultades en el aprovisionamiento por la oferta local en personas altamente competentes en el campo de la investigación.
- b. Aislamiento de los investigadores de la actividad científica más dinámica, lo cual conduce a la degradación de su capacitación, a su desactualización y al estancamiento de su creatividad.
- c. Dificultades o incluso imposibilidad para llevar a buen término los programas de investigación oportunamente.
- d. Reforzado por todos los demás factores enumerados, fuga del personal capacitado, inestabilidad de los investigadores.

Los factores de la productividad y del éxito en la investigación científica (Quijano Rico, 1974)

La creatividad de los científicos de un centro o laboratorio, determina hasta qué punto las sumas que se invierten en la investigación producen resultados

nuevos e importantes en la investigación fundamental, ingresos adecuados, bajo forma de mayor productividad o de nuevos productos, en la investigación aplicada. Los factores positivos de la productividad para un centro de investigación, dotado del equipo necesario, son los siguientes:

- a. Un buen director. En muchos países la falta de directores de investigación competentes es uno de los obstáculos más serios para el desarrollo de la investigación. El alcance de los objetivos de la investigación, sobre todo en el caso de centros de proporciones modestas, como son en general los de los países en desarrollo, no es posible sino cuando se encarga de la dirección de los centros o laboratorios a científicos realmente competentes.
- b. La selección de los investigadores. Un profesional puede desempeñar un buen papel en otros campos y no en la investigación. A más de una formación lo más sólida posible en su campo, el científico debería tener:
 - Una manera de pensar interrogativa.
 - Facilidad para el análisis y el resumen.
 - Facilidad de intuición.
 - Autodisciplina.
 - Tendencia al perfeccionamiento.
 - Tendencia a la introspección.

El único punto que debe contar en la selección del personal científico es su valor para la investigación. En nuestros países y para esta actividad se deben excluir absolutamente los favoritismos, que en todas las actividades inducen efectos negativos, pero en éstas son enormemente perjudiciales.

- c. La actividad intelectual intensa, enriquecida por la discusión y el contacto con especialistas eminentes. La asistencia a reuniones de interés científico para que los investigadores permanezcan bien informados y puedan sacar partido rápidamente, de los más recientes adelantos y descubrimientos.
- d. Objetivos claros y bien definidos.
- e. Una organización perfecta y eficiente pero mínima, sin trabas administrativas y que cuente con el control financiero esencial mínimo.
- f. Un servicio de información de la mejor calidad, capaz de suministrar datos sobre publicaciones o actividades de interés en horas o máximo días.
- g. Buenas relaciones humanas entre los investigadores del equipo y los investigadores de otros centros y disciplinas.
- h. La utilización óptima de capacidades, disciplinas y especialidades por medio del trabajo en equipo bien coordinado.

Una política científica y tecnológica dinámica para acelerar el acceso al bienestar de los colombianos y para preparar la Colombia del año 2000 (Quijano Rico, 1974)

Hemos pasado revista a diferentes aspectos de la investigación científica y tecnológica, que permiten comprender la importancia de estas actividades como factores de acción del desarrollo.

Estamos convencidos de que los gobernantes que logren implantar una política científica, le estarán dando al progreso del país en su significado más amplio, una contribución sin precedentes, de un valor incalculable.

Una política científica y tecnológica debería, como condiciones del éxito, tener en cuenta entre otras:

- a. Seleccionar al equipo humano, considerando únicamente sus niveles de capacitación científica y su desempeño, que deben ser comparables a los de los más altos patrones internacionales. Evitar absolutamente el empleo de medios como los favoritismos personales o políticos, que son desastrosos para la investigación. Los científicos colombianos para tal empresa existen, muchos de ellos en el extranjero.
 - b. Repatriar a estos científicos de alto nivel para formar alrededor de ellos polos de actividad científica, organizados de acuerdo con los principios de la organización científica de la investigación, en campos de la investigación fundamental orientada y de investigación aplicada. Tales investigaciones tendrán que ver con grandes recursos, problemas o posibilidades nacionales.
 - c. Fortificar los centros en que se desarrollan actividades de puesta a punto técnico o de investigación tecnológica.
 - d. Reorganizar la estructura de los niveles académicos colombianos con base en el Decreto 1297 de 1964 del gobierno nacional. Se deberían otorgar para las ciencias exactas, físicas y naturales:
 - Doctorado en Ciencias o en Filosofía de las Ciencias, equivalentes al PhD.
 - Maestría o Diploma en Ciencias.
 - Título universitario a primer nivel, equivalente al actual.
- Los requisitos para alcanzar estos niveles tendrán que acomodarse a la problemática nacional y ser especialmente exigentes. Superiores por ejemplo a los usados en EU. Los títulos deberán tener una protección legal.
- e. Favorecer la creación de polos de desarrollo científico y tecnológico en la empresa privada individual o en consorcios de empresas con intereses similares por medio de alicientes tributarios suficientemente estimulantes para que hagan inversiones del orden del 5% del volumen de ventas.
 - f. Obligar a las empresas extranjeras establecidas en el país a desarrollar dentro de éste una parte de sus actividades de investigación, en particular en las áreas de su actividad de directo interés nacional y usar a los mecanismos tributarios eficientemente para tal fin, para que inviertan sumas del orden del 5% de las ventas.
 - g. Estimular y coordinar la investigación científica en las universidades, en particular en áreas límites de investigación fundamental-investigación orientada y en las direcciones más promisorias para el interés nacional. Velar porque allí también impere una estricta estratigrafía científica basada en la alta capacitación y eficiencia.

- h. Facilitar el intercambio entre ideas e informaciones y personas y agilizar enormemente la disponibilidad de repuestos, sustancias e implementos, que hoy no solamente tienen demoras catastróficas en las aduanas, sino que son terriblemente maltratados y llegan rotos y/o incompletos.
- i. Destinar a las labores de investigación una parte pequeña pero apreciable del producto bruto nacional, que debería ser del orden del 1% anual.
- j. Crear un ministerio de la ciencia y la tecnología, evitando al máximo los favoritismos políticos y personales, es decir haciendo de él un organismo estrictamente científico y técnico, con el peso de decisión en manos de personas altamente capacitadas en ciencia y tecnología, y con un conocimiento apropiado de la problemática colombiana en esos campos.

Hoy, la edad global

La *edad global* puede definirse como un período de interdependencia de todas las naciones del planeta a un nivel sin precedentes. Es el fruto de la gran suma histórica de los avances de la tecnología resumidos en transportes, comunicaciones, informática.

Haçe 17 años se inauguró, en laboratorios alquilados al IIT en Bogotá, lo que hoy es el laboratorio de investigaciones de la Federación Nacional de Cafeteros. En esa ocasión, citamos a Albert Einstein: "La base primordial de todo progreso técnico es la pasión de juego del investigador que experimenta y cavila y no menos la fantasía constructiva del inventor".

Ya en la época eran bien conocidas imágenes que prefiguraban en cierto modo a la *edad global*. Me refiero a las imágenes de la Tierra, tomadas por los primeros astronautas desde el espacio exterior.

Existen diversas manifestaciones que nos indican que se ha iniciado una nueva era en los campos económico, político, científico, tecnológico, etcétera. Los grandes cambios para el acceso a esta *edad global* fueron inducidos y hechos posibles, gracias a los avances de la tecnología. En especial, en el área *motor*, que es la información. Es un ejemplo de la veracidad de las frases de Albert Einstein arriba mencionadas.

Colombia no escapa a la globalización, lo cual implica: interdependencia, cooperación, competencia a nivel mundial. Es comprensible que entre las actividades más involucradas en este fenómeno se encuentren las de la ciencias y la tecnología, por ser precisamente ellas las que han dado origen a la *globalización*. Considerando las grandes transformaciones políticas que están ocurriendo, hoy, aun más que en el pasado, los patrones de *eficiencia* y *calidad* en la investigación son determinados por quienes más la practican, los países industrializados.

Afortunadamente han resurgido la tradición y la cultura como componentes del éxito de la tecnología, asunto que ha inspirado varios editoriales de revistas internacionales, por ejemplo, *Science*.

Tenemos los colombianos en la tradición y la cultura un rico potencial que puede contribuir a mejorar nuestra *capacidad de competir*.

Es oportuno anotar que gran parte de los denominados *milagros económicos* esencialmente el japonés y el alemán, se surten de la observancia de unas reglas sencillas, pero trascendentales:

"Vivir en el respeto de la tradición, con permanente audacia para la renovación".

Es comprensible que este sea un asunto que preocupa en primer lugar a los Estados Unidos de América del Norte, en donde la tradición no se había arraigado con la misma profundidad.

Tecnología y crecimiento económico

En su *Contribución a la teoría del crecimiento económico* (que le valió el premio Nobel en 1986), para Robert Solow (1956), el motor es el progreso tecnológico. Ultimamente se han refinado estas ideas. El progreso tecnológico sigue siendo el motor por excelencia del desarrollo económico. La fuente del progreso tecnológico es la investigación, pero ésta es costosa y debe pagarse. Recientemente, Paul Romer (1990) llega a la conclusión de que la única vía que permite recuperar los costos de la investigación es la innovación que ésta genera. Romer muestra que es en la innovación, en la cual reside el efecto motor del progreso tecnológico producido por la investigación. En un mundo en el cual la capacidad de competir es capital, las empresas deben investigar para innovar, e innovar para sobrevivir. La presión permanente por innovar a la cual se ven sometidas las obliga a un continuo progreso. Vemos así aparecer la trascendencia de la creatividad en el proceso de investigación, porque es en ella donde se basa la capacidad de innovación.

Innovación e información

La innovación en tecnología está obviamente asociada con la protección de la propiedad intelectual y con el derecho de patentes. En el mundo industrializado, las patentes protegen a la innovación y otorgan a los innovadores, una ventaja relativa sobre la competencia. Por medio de esta protección y de las ventajas comerciales que de ella se derivan, en la opinión de Romer (1990) ya citado, la investigación se hace rentable para las empresas y la innovación obliga al progreso permanente. Por tanto, la legislación y la agilización de la protección de la propiedad intelectual desempeñan en los procesos descritos un papel fundamental.

En un mundo integrado, la innovación real implica información. No sólo se debe duplicar a nivel empresarial o nacional sino internacional, cuando no sea indispensable.

Por ejemplo: para patentar un invento a nivel internacional éste no puede haber sido ya inventado en otra parte o en otra época, es decir, debe ser una

novedad mundial. Lo anterior significa que el inventor trascendente debe estar informado lo más completamente posible sobre el estado de la técnica, en su tema.

Investigación e información

El objeto de la investigación en todas sus formas es la obtención de conocimientos, el de la tecnología, la aplicación. El estrecho vínculo entre la primera y la segunda es el conocimiento, o sea, información seleccionada y útil.

Se pueden resumir las ideas de Manfred Eigen (1978) sobre los procesos de la información en las siguientes frases (Quijano Rico (1980)):

“El más eficiente receptor de informaciones es al mismo tiempo el más eficiente productor de informaciones”.

“El papel del investigador no es sólo el de producir informaciones por su cuenta, es además, el de captarlas, de otras fuentes, relacionarlas, ordenarlas, comprenderlas, transferirlas”.

Para actuar con éxito en el proceso anterior debe generar un productor eficiente de informaciones. Así mismo se deben publicar los resultados de sus investigaciones, claro está los que no tengan carácter confidencial.

La integración científica de Colombia con el mundo

El proceso científico comprende la producción, el control de calidad, diseminación y consumo del conocimiento. Por medio del método científico el nuevo conocimiento es creado, evaluado, editado, publicado, comprobado, usando la información y conceptos existentes.

La información obtenida por la investigación no necesariamente es ciencia. Para serlo, debe ponerse a disposición, para el análisis crítico, modificación, examen competente, en fin: debe formar parte de la corriente mundial de las publicaciones científicas.

La integración científica de Colombia se logra por medio de la puesta a disposición de los resultados (publicables y en el caso de empresas, no confidenciales) de la investigación para los fines que acabamos de anotar. En esas condiciones, cada investigador se convierte en un productor eficiente de informaciones y, por tanto, en receptor equivalente y se integra íntimamente con la actividad científica mundial en su campo.

Investigación y capacidad de competencia de Colombia

Hemos hablado de la *edad global*. Esta tendencia del mundo moderno es la que nos lleva o llevará a la *apertura económica*. Vamos a enfrentarnos con uno de los mayores y más apasionantes retos de nuestra historia. La revolución originada por el avance científico y tecnológico se acompaña de diversos fenómenos, por ejemplo: el incremento sin precedentes del nivel de vida en los países desarrollados, el *refinamiento de mercados* (desplazamiento del factor

precio hacia el de calidad), el mejoramiento de la eficiencia de los medios de comunicación y de transporte, la desaparición del carácter de sistema cerrado de los países...

Al analizar los fenómenos anteriores y enlazarlos con temas que hemos tratado aquí, podemos sacar algunas conclusiones, por ejemplo:

- a. La información desempeña y desempeñará un papel central para el desarrollo.
- b. El criterio de calidad será cada vez más importante en los mercados más atractivos.
- c. El contenido en información, el *refinamiento* de los productos, tendrá demanda creciente.
- d. La permeabilidad de fronteras y los progresos del transporte dan acceso a los más variados y distantes mercados, pero aumentan la presión de productos del extranjero, en el nuestro.

Investigación y futuro

"The important thing in science is not so much to obtain new facts as to discover new ways of thinking about them". W.L. Bragg.

Las anteriores palabras de sir William Bragg, en castellano, "lo importante en la ciencia no es tanto tratar de obtener nuevos hechos sino más bien descubrir nuevas maneras de interpretarlos", son una guía inapreciable para el establecimiento de una política de formación e investigación entre nosotros. En efecto, con frecuencia en nuestros países se tiende en la dirección opuesta.

La investigación se halla estrechamente entrelazada con la formación de profesionales competentes. La investigación satisface la curiosidad humana y sabemos que es indispensable para nuestra civilización. Sin embargo, nadie puede asegurar en qué tema los esfuerzos son realmente promisorios.

Esto depende del hecho que la ciencia y la tecnología tienen como meta ante todo el futuro. Esta meta es tan vaga como nuestros conocimientos sobre los problemas del mañana o sobre las exigencias que le hacemos hoy al futuro.

En esencia la investigación tiene una finalidad primordial: asegurar el futuro. Esto se aplica al desarrollo de los más avanzados circuitos integrados para computadores o a la búsqueda de genes saltarines o a la observación de galaxias a miles de millones de años luz.

¿Cómo podrían sin ella las próximas generaciones superar las dificultades que ya se ven venir? y ¿cómo los problemas que aún no conocemos?; problemas entre los cuales unos resultan del mismo progreso de la investigación.

Pero este es el paradigma de la ciencia: sólo ella proporciona los medios que abren el camino hacia las soluciones.

Los investigadores de siglos anteriores no se imaginaron la explosión demográfica, la amenaza nuclear o los cambios globales de la atmósfera.

Pero fueron sabios como Kepler, Newton o Galileo quienes contribuyeron a los cambios dramáticos que vivimos. El fin del sistema político en Europa oriental no hubiese sido posible sin la influencia de los medios de comunicación por satélite o de las sondas orbitadas de reconocimiento. Fueron las investigaciones fundamentales en física clásica, las que permitieron los viajes espaciales, la utilización de satélites para las comunicaciones y el reconocimiento con fines militares, científicos, técnicos. H. Schopper (antiguo director general del CERN) resume la implanificable lógica del progreso así: "No existiría la luz eléctrica universal hoy, si los investigadores de otrora se hubiesen dedicado únicamente a mejorar el alumbrado por gas".

Este año se inició la década 200 de nuestra era, motivo suficiente para detenernos a reflexionar cuál ha sido el pasado, qué esperamos del porvenir, qué tareas nos proponemos para el futuro y cuáles para nosotros mismos.

Un ejercicio instructivo

La revista alemana *Bild der Wissenschaft* con motivo del inicio de la última década de este siglo, estableció los siguientes puntos como preguntas para el desarrollo científico en el futuro:

1. * * * * *
 ¿Cuáles son los principales problemas que la ciencia y la técnica deben resolver en el futuro?
 - Evitar el infarto cardíaco.
 - Eliminar el analfabetismo.
 - Prevenir el hueco de ozono.
 - Asegurar la paz.
 - Disminuir el desequilibrio entre países pobres y ricos.
 - Reducir el efecto de invernadero.
 - Mantener la variedad de las especies.
 - Abastecer en alimentos a la humanidad.
 - Conocer en detalle el funcionamiento del cerebro.
 - Desarrollar nuevas fuentes de energía.
 - Conocer el comienzo y el fin del universo.
 - Conocer el origen de la vida.
 - Curar el sida.
 - Aclarar la constitución íntima de la materia.
 - Alcanzar un desarrollo económico sostenido.
 - Aumentar la esperanza de vida.
 - Dominar las enfermedades hereditarias.
 - Otros; ¿cuáles? _____
2. ¿Cuáles campos de la investigación pueden dar las contribuciones más importantes para la solución de los problemas mencionados?
 - Ciencias de la vida.
 - Química.
 - Ciencias sociales.
 - Medicina.
 - Microelectrónica.
 - Investigación sobre genética.

- Ciencias de la Tierra.
 - Física.
 - Astronáutica.
 - Investigación sobre materiales.
 - Otros; ¿cuáles? _____
-
3. Se realiza suficiente esfuerzo para preparar la solución de los principales problemas del futuro (1 = muy bueno, 5 = insuficiente).
- | | | | | | |
|-----------------------------------|---|---|---|---|---|
| - En los colegios. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| - En las universidades. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| - En la política. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| - Por la industria. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| - Por los medios de comunicación. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| - Financieramente. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
4. ¿Contribuyen suficientemente las instituciones nacionales para la investigación (en nuestro caso, Colciencias, las universidades, etcétera) a la solución de los más importantes problemas del futuro?
- Sí, debe seguir lo mismo.
 - No, se hace muy poco.
 - Los resultados deben aplicarse con mayor rapidez.
 - Necesitamos sobre todo más investigación básica.
 - Necesitamos sobre todo más investigación aplicada.
5. ¿Estaría usted dispuesto a contribuir financieramente, por ejemplo a través de un impuesto, para la solución de los problemas más importantes de las próximas décadas?
- No, de ninguna manera.
 - Sí, siempre y cuando el dinero se emplee directamente.
 - Sí, estaría dispuesto a pagar hasta el 5% de mi ingreso real.
 - *id.* hasta el 10%.
 - *id.* más del 10%.
6. Independientemente de sus deseos, ¿piensa usted que al final de este siglo viviremos mejor que hoy?
- Seguirá lo mismo.
 - Tomaremos un mejor nivel de vida.
 - Tendremos equilibrio ecológico sin sacrificios.
 - Haremos sacrificios pero tendremos equilibrio ecológico.
 - Estaremos peor que hoy.

Creemos que vale la pena que cada uno de los lectores de este ensayo marque con una X los diversos puntos de la encuesta y, especialmente, anote otros que crea trascendentes. Por último indique también:

- Edad _____
- Sexo _____
- Profesión _____
- Nivel académico _____

Conclusiones

Desde que iniciamos, con el LIQC, en la Federación Nacional de Cafeteros, nuestra labor científica en Colombia, se han dado progresos importantes que

conducen hacia la integración de la ciencia, de la investigación científica, en la vida de la nación. Nuestras experiencias con los estudiantes de varias universidades nos permiten esperar que se arraigará profundamente.

Falta mucho por hacer. Después de tantas citas de grandes pensadores, nos excusará el lector, el agregar, como inveterados optimistas que somos, una última que lo resume todo:

"El progreso es la realización de la utopía" (O. Wilde).

Agradecimientos

A Colciencias, a su director doctor Clemente Forero y a todos los integrantes del Consejo Nacional de Ciencias Básicas, por las enriquecedoras discusiones, generadoras de esperanza, para la superación nacional.

Referencias

- (1) Eigen, M., Wilkler, Ruthild (1978). *Das Spiel*. Piper Verlag, Munich.
- (2) Quijano Rico, M. (1972). "La ciencia como propulsor fundamental del desarrollo nacional", *Química e Industria*, 7, 9-13.
- (3) — (1974). "Presentación del laboratorio de investigaciones sobre la química del café y de los productos naturales de la Federación Nacional de Cafeteros", *Química e Industria*, 8, 21-34.
- (4) — (1980). *La ciencia y la tecnología para un país productor*. Colóquio Científico Internacional sobre el Café, ASIC, Londres, 23-40.
- (5) Romer P. (1990). "Endogenous technological change", *J. of Political Economy*, 98, 71-102.
- (6) Solow R. (1956). "A contribution to the theory of economic growth", *Quarterly J. of Economics*, 70, 65-94.

PROGRAMA DE CIENCIAS BASICAS

Emilio Yunis

Estas son unas notas que apuntan a temas específicos que, estimo, enmarcan el problema que nos ocupa: el desarrollo de la ciencia básica en el país. Sin embargo, creo que su espectro es más general. Tienen la pretensión de ser útiles para los otros campos del conocimiento.

El primer punto para considerar es, como siempre, el de nuestro atraso científico, sobre lo cual existe una extensa documentación.

La ciencia no es una realidad en Colombia. Es una actividad marginal, como tal se la considera, como tal se la vive.

Aunque es cierto que en los últimos años se han dado pasos que algunos consideran de gran importancia, Año de la Ciencia y la Tecnología, Misión de Ciencia y Tecnología, Ley de Ciencia y Tecnología, inscripción del rubro en Planeación Nacional, magros, si es que los hay, son los avances alcanzados. Mejor, en la realidad los hechos no reproducen los augurios que tales medidas podían llevarnos a esperar.

Es posible que una afirmación como la anterior deba suscitar de inmediato comentarios y aun protestas. No se trata de sostener que la base científica del

país se haya disminuido en términos absolutos, ni siquiera que el número y la calidad de las propuestas de investigación sea menor —lo que en el momento actual desconozco—. La aseveración debe tomarse en términos relativos, referida a que nuestro potencial en ciencia, por el número de hombres formados y dedicados a la actividad científica, no guarda una adecuada proporción con el tiempo que transcurre, ni con la forma como cambia y aumenta el conocimiento.

En los últimos años la situación se ha agudizado cuando los recursos para la investigación no existen y una larga fila de propuestas esperan mejores auspicios. Es inaceptable que hayamos llegado a una situación tal, que se rige por un principio equivocado: sólo habrá recursos para la investigación en la medida en que se logren préstamos internacionales, o la misma genere los fondos. Deben existir dineros propios, nacionales, para la investigación, lo que no quiere decir que se deba abandonar la búsqueda en el exterior. Debe auspiciarse la investigación científica por sí misma, volviendo al principio de la búsqueda del conocimiento, plantearse prioridades, y debe existir la investigación científica y tecnológica de *desarrollo*.

Si en ocasiones anteriores hemos defendido la necesidad de establecer *áreas prioritarias* en el país, a las cuales se les deba otorgar el mayor esfuerzo en la investigación y en la creación de conocimiento, también es cierto que hemos combatido la tendencia que se inclina a favorecer la *investigación productiva*, aquella supuesta que produce rentabilidad a corto plazo, la misma que, desprovista de un crecimiento científico *per se*, estaría condenada al fracaso en el mediano plazo. Hemos combatido también que el organismo encargado de promover la investigación científica y tecnológica en Colombia, adopte, como su mayor prioridad, el impulso a la producción en general, o aun en áreas específicas. No creemos que esa sea su tarea.

Aunque es cierto que en la vida cotidiana se habla con mayor frecuencia de ciencia y de tecnología, pienso que cada vez retrocedemos más. Por lo menos tres factores entran en juego.

Primero, sobre la situación de marginalidad de la ciencia en Colombia ha actuado el empobrecimiento intelectual creciente, evidente a partir de los decenios del 50 y 60. En este punto, y para confrontarlo con lo anterior, es bueno recordar y plantear la forma como han actuado los acontecimientos políticos de las últimas décadas, en especial a partir de la consolidación del Frente Nacional. No se trata aquí de considerar que el freno impuesto al flujo de las ideas y a la creación actuó sólo en el plano que nos hemos acostumbrado a considerar, ideológico y social. El impedimento puesto a la producción de ideas, a la creación, a la proyección de futuro, abarcó también, y lo sigue cobijando, a la iniciativa científica. El Frente Nacional ayudó a fortalecer el parroquialismo en la vida cotidiana, traducido a nivel de la ciencia y de la investigación por la consolidación de la marginalidad, por la apatía y el desinterés, por la ausencia de desafíos, por el conformismo con repercusiones

que todos miramos más alrededor de la economía y de la modernización industrial, dejando a un lado lo que, para nuestra soberanía, significa la generación de conocimiento propio, el desarrollo de una firme base intelectual.

Aun las desviaciones que se dieron entonces, políticas, ideológicas, tienen mucho que ver con esa *prohibición de pensar*. Piénsese por ejemplo en las tesis sobre la *ciencia imperialista*, la *ciencia colombiana*, la *medicina colombiana*, formuladas como respuesta, desacertadas es cierto, en momentos en que la intolerancia que se vivía a un nivel social general, llevó a extremos de esa clase en la universidad colombiana. Entre sus frutos se puede contar el fracaso en la consolidación de grupos científicos de importancia, en momentos en que la universidad intentaba moverse en esa dirección, cuando aún le era posible un buen grado de independencia en relación con las autoridades centrales.

Con este marco, puedo adentrarme en el segundo punto.

La pobre significación que la ciencia tiene para la sociedad en su conjunto, y en primer lugar, para las estructuras de poder. Aquí se deben destacar a los gobiernos, al sector productivo, a los medios de comunicación, a las universidades mismas.

Si el mundo todo vive un *resurgir* del oscurantismo, en Colombia colma por completo la vida cotidiana. Esto es muy evidente a nivel de la información, cualquiera sea el medio que se escrute, logrando su mayor impacto en la televisión. Novelas que hacen la apología de los milagros, otras que se estructuran con base en el rechazo a lo que llaman *la civilización*, *celebridades* que creen y quieren alcanzar los primeros lugares de sintonía dedicando decenas de programas a la crítica falaz de la ciencia, cuando no hacen otra cosa que reivindicar el ocultismo y la curandería; otros que hacen la apología de lo *desconocido* para traerlo con una supuesta base *objetiva* que, creen ellos, rivaliza y suplanta al conocimiento científico, como si del idealismo y del ocultismo pudieran surgir nuevas categorías de pensamiento.

Tal vez el frente de mayor auge lo constituyen las llamadas *medicinas alternativas*, convertidas en las panaceas de todos los días, elevadas de repente a categorías nunca antes pensadas, a las que se las dota ahora de poderes que despojan el trabajo consciente, constante, riguroso, categorizador y verificado, de todo lo que construyó Occidente durante siglos.

En ese contexto, intentemos una definición, anticipando que no merecen esa denominación. No son *alternativas*. Sin embargo, para los efectos de este escrito abarcarán a todas las prácticas con intención de *curar*, de *sanar*, de *aliviar*, que se sitúan por fuera de la medicina y de las prácticas médicas que Occidente ha generado.

Empecemos por señalar que la ciencia, y la medicina científica, no han alcanzado sus logros de la nada. Ante todo, porque la ciencia fue creada por humanos y la practican humanos con sus propias comunidades, en sus sociedades. Humanos que aprendieron primero del saber popular, de las tradiciones, de una serie de conocimientos empíricos desarrollados por

generaciones. Pero lo mismo ocurrió en otros órdenes, lo que ha llevado, en ocasiones, a acusaciones increíbles de falta de creatividad en campos como la música y la novelística, para citar sólo a dos. Recordemos, por ejemplo, que Bela Bartok no escapó a esto.

El gran auge de la ciencia y del conocimiento, el que comenzó en el hervidero que puso fin al Medioevo, con la Revolución Industrial, por lo menos en una de sus facetas, llevó a que el empirismo se convirtiera en producción regulada y controlada, en conocimiento sistemático, en normatización de procesos. El conocimiento empírico, desorganizado y parcial, se transformó en otro organizado y coherente, objeto permanente de discusión y análisis.

De todo este proceso no podía escapar la medicina, tanto más si la enfermedad es natural con la existencia del hombre. Se construyeron, de conjunto, en etapas que la historia conoce muy bien y que están abiertas a todo tipo de análisis. Hasta el momento en que el pensamiento científico se establece en Occidente, hace 400 años, que ve por igual el avance impresionante de la medicina y de la terapéutica, existen en la historia períodos de mayor lucidez y otros de gran retroceso. Pero, a partir del momento en que se instala la ciencia experimental, el ascenso en la comprensión de los fenómenos físicos y naturales no se detiene más. En la medicina tampoco. Más aún, por su propio carácter, por tratarse de la vida de los propios humanos, de la salud y también del progreso, el incremento del conocimiento es más notorio y espectacular, trasciende más en todos los órdenes.

Es seguro que aquí aparecen objeciones. El crecimiento de la ciencia fue seguido por su avance arrollador, ostensible en particular desde los comienzos de este siglo, deslumbrante en el momento actual, lo que no se apaciguará, lo que ha hecho que muchos piensen que ya se alcanzó el paraíso en la Tierra, que se acabaron las preguntas, o que se podrá dar respuestas en el futuro inmediato a todas las que están aún vigentes, en fin, que se ha alcanzado la redondez de lo acabado y resuelto, que ya todo no son más que soluciones, que ya no existen fisuras, que el desorden y el error no viven más. Muchos podrán pensar lo anterior amparados en un supuesto *mesianismo* de la ciencia que ésta entiende como futuro siempre, si de mesianismo se trata.

Pero Occidente también construyó la industria entendida como beneficio, la industrialización como parte del capital y para producir más capital, y relegó bastante a la ciencia a ese papel.

La ciencia como fuerza productiva, como el principal factor de transformación de la sociedad, como creadora de bienes y servicios para el hombre, no es en sí malo. Sí lo es cuando sobre todo esto prima la utilidad económica. Y peor, cuando el mayor beneficio, el del conocimiento, el de la comprensión y la explicación de los fenómenos naturales se enmascara, se deja a un lado ante semejante poder.

La naturaleza es la fuente del conocimiento, pero también del oscurantismo. Este no es otra cosa que la incompreensión de lo que ella encierra,

llevado a intentos de explicación idealista, con supuestas lógicas que se validan cíclicamente.

Es indudable entonces que el oscurantismo ha existido siempre. También lo es que desde que la ciencia existe ese es su principal frente de acción, esa su principal lucha: restarle terreno al oscurantismo. Podríamos decir que ahí está su contendor. Esa batalla la está perdiendo la ciencia. Triunfa en la superficie; debajo de ella parece que no ha logrado mayor éxito. La está perdiendo en relación con la liberación del hombre por el conocimiento, la está perdiendo frente al oscurantismo, palabra que no tiene sinónimo, quizá porque supone una cierta intencionalidad para la ignorancia, el desinterés, el error. Y esto va más allá de la consideración de épocas de crisis en las cuales el hombre busca socorro y apoyo en cualquier cosa, aun aquellas que hoy por más extrañas y sobrenaturales que parezcan cobran también una dimensión industrial.

La anterior afirmación la debemos entender en particular en el marco de las llamadas *medicinas alternativas*, que alcanzan, en cada una de sus manifestaciones, con independencia de los posibles hechos *curativos* que se podrían demostrar por su constancia, aunque no se tenga explicación de ellos, ese carácter, son ya industriales y caen en la misma tendencia que la organización social le ha impuesto a la industrialización de la medicina de Occidente.

Lo que es muy grave es pensar que la ciencia es dogmática, muchos científicos sí lo son; que la ciencia sea cerrada, sí, a pesar de los científicos impenetrables, está por completo abierta a los hechos que no conoce.

Pero sí es necesario afirmar que el dogma de la ciencia es su método, la puesta a prueba con él que es lo único que permite que nuevos hechos sean acogidos y aceptados. Otros siguen por fuera de la ciencia.

Este ha sido y seguirá siendo el camino de la ciencia y, ojalá, del científico. Que existan hechos reproducibles, pero no comprendidos aún, no lleva a que tengamos que aceptar el tipo de explicaciones que aquí se llaman idealistas, curanderas, supercherías, ni mucho menos que deban llevar, por necesidad, al abandono del método científico, ni a su supuesta crítica por rígido y dogmático. Todo el desarrollo del conocimiento científico se debe, en gran parte, al método. Y, repetimos, la creación fundada en la ciencia logra nuevas categorías de pensamiento, lo que no es posible desde la mira del ocultismo y el idealismo.

Hay muchos hechos que encierran verdades aún no descifradas por la ciencia; para desventura de los predicadores del ocultismo, muchos menos de los que imaginan. Lo que sí es inaceptable es la pretensión de analizar el supuesto fracaso de la ciencia desde allá; querer situar a éstos en el lugar de aquélla.

En los últimos meses hemos asistido, con desconcierto para muchos, entre los cuales me cuento, a la promoción que desde el gobierno central se hace a este tipo de prácticas. Se ampara en varios supuestos; el que más se destaca

es el del alto costo de la medicina privada, y las deficiencias que se anotan en la estatal. Se predica entonces la necesidad de brindar alternativas *curativas* que sean más accesibles a la economía de los ciudadanos.

La legitimación parece venir de dos fuentes que en alguna parte se tocan. La Organización Mundial de la Salud recomienda la utilización de las prácticas alternativas, primero y luego el enorme potencial que debe existir en muchas de nuestras plantas, tanto en las conocidas como en las desconocidas por la botánica clásica, que se emplean en una gran variedad y con *estupendos* resultados en la llamada *medicina tradicional*. Podría tratarse entonces de explorar, investigar, se dice, las propiedades medicinales de ellas.

No creo que las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud no puedan cuestionarse, ni que países como el nuestro tengan igual peso y significación que los desarrollados en el análisis y formulación de políticas en dicho organismo, ni que sus consejos, para nosotros, vayan siempre en el sentido del progreso. Creo que éste es uno de esos casos. Poco importa, además, que se indique que la exhortación es general y que abarca por igual a los países desarrollados, agobiados también por el muy alto costo de la medicina en su conjunto y por la necesidad de acudir a cualquier tipo de prácticas y de creencias, en el desconcierto y el desinterés que acompaña a la vida de sus pobladores. Saben que todo eso no los pone en peligro, como centros de poder que acaparan la producción de conocimiento y la creación científica y tecnológica.

Tomemos el segundo camino, entonces. Es inobjetable, por el contrario, deseable, que en Colombia —podría decirse lo mismo de todos los países englobados en el Convenio Hipólito Inanue— se cree un instituto, o varios, si la pretensión fuera tal, de fitoquímica, que se encargara de tales investigaciones, hasta el fin, no sólo aislando los principios activos, sino culminando todas las pruebas, experimentales primero, que puedan demostrar su efectividad y además conocer los efectos potenciales adversos, los ensayos clínicos después, para llegar al conocimiento de su estructura y a su síntesis química. Se debe señalar, en este sentido, que la farmacología de Occidente siguió ese camino, y no creo que lo haya abandonado. De hecho, y a no ser que se den esfuerzos multilaterales, o convenios específicos y muy bien logrados, las multinacionales de las drogas serían las candidatas para adelantar una empresa tal, cuando se calcula que la investigación de principios curativos, desconocidos, contenidos en una planta, llevados hasta el final, podrían significar inversiones del orden de 100 millones de dólares.

Ahora bien, ¿existen en Colombia los capitales, los hombres de ciencia, las instalaciones y los equipos para una empresa tal?

Y, ¿se conocen, por parte de las autoridades gubernamentales, los programas para intentar convertir en realidad esos planteamientos? Si no hay ni lo uno ni lo otro, podemos pensar en otro tipo de finalidad, o al menos en otros resultados. Con ese tipo de planteamientos, retrocedemos en el conocimiento.

Si análisis de este tipo no se adelantan con la claridad y objetividad que se requieren, podríamos caer en la situación de tener las plantas, iniciar las exploraciones, para que otros con el conocimiento, el capital y la tecnología sean los que se beneficien.

Más grave aún: con ese tipo de prácticas generalizadas, y con la actitud que las cobija, actuamos de manera negativa sobre nuestra base social, la empobrecemos y le seguimos negando posibilidades, la llevamos a creer en cualquier cosa, en explicaciones irracionales, sujetas entonces a un permanente azar, a que todo es posible, a que no está vigente un orden de racionalidad. Es lo que se olvida en una discusión como ésta, y que va más allá de las supuestas o reales bondades, de los beneficios o males que se pueden producir; de hecho, es el aspecto más importante.

El conocimiento científico aplicado a la medicina recorrió, y lo sigue haciendo, un camino que va de lo general a lo particular, que especifica cada vez más el desorden patológico, que, si seguimos una pauta biológica, define primero clases, luego órdenes, pasa por géneros, identifica especies y, si me permiten, subespecies, que son como los fenotipos terminales, tanto en la identidad individual como en la patología. En esto último desempeña un papel muy importante la historia del individuo, que se entrelaza con su historia de la enfermedad, la que no quiero en manera alguna desdeñar.

El camino de la especialización, tanto del conocimiento como del saber científico y del médico que lo aprehende, ha sido positivo. Yo lo creo así, y lo defiendo como tal, aunque se presta a todas las formulaciones, a todas las críticas sobre la fragmentación del cuerpo y a todo aquello que dice que se mira y se trata a la enfermedad y no al enfermo, que los hospitales son lugares de reclusión en donde muchas veces, y por eso mismo, se agrava el paciente, en otras se le crean nuevas alteraciones, y muchas otras más. Sin embargo, los resultados están a la vista. En manera alguna considero que lleva, en forma inmanente, a la despersonalización del ejercicio de curar. Esa puede venir por otras vías, son otras las rutas, las mismas que se pueden señalar para todas las actividades que se adelantan en la organización social que nos rige. Lo que no quiere decir que sean aceptables y que no se deban modificar.

A cambio de la especialización del conocimiento y de su especificidad, se nos quiere hacer creer que debemos volver a lo general, a lo genérico y, lo que es peor, que debemos retrotraernos a eso porque está en la naturaleza, la que encierra enormes poderes. Esto último es cierto, pero se necesita descubrirlos, conocerlos, apropiarlos. Lo que no equivale a predicar el poder *curativo* de la música, de olores, colores, sensaciones especiales, fe, energías positivas, y tantasmás, con lo que retrocedemos siglos en el camino del conocimiento. A esas prácticas no las anima conocer, comprender, explicar los fenómenos, carentes de una teoría que las valide. Aun la prédica de que con ello se puede ayudar a *bien morir*, es cuestionable por entero.

Es cierto que los hechos mágicos pueden producir resultados también mágicos en determinadas personas, lo que no quiere decir que esos poderes se puedan y se deban generalizar, que tienen esa categoría, que son verdaderos. En este sentido se debe recordar que Occidente creó la noción de individuo y, con ella, también la sicología y el psicoanálisis, para citar sólo esos dos frentes; igual ha ponderado la necesidad de la salud física y mental, de los equilibrios corporales con lo que se debe ingerir y lo que se debe gastar, de la necesidad de espacios y ambientes gratificantes.

No es la intención discutir aquí la significación de la magia y del ocultismo, de los hechiceros y curanderos en la cohesión social de muchos grupos humanos, como vehículos de inclusión y de exclusión de sus miembros, los que se juzgan positivos en la perspectiva de esas sociedades. Pero sí podemos afirmar que no debe ser un objetivo trasponerlos, sea que los llamemos brujos, chamanes, curacas, yerbateros o curalotodo; menos que eso deba ocurrir porque hay que reservar un espacio para la magia y el ocultismo, como recién oí en un pronunciamiento oficial.

La universidad colombiana, y en particular sus facultades de medicina, ante todo este cuadro y ante el hecho de ver que gran número de sus egresados corren presurosos a engrosar los equipos de tales practicantes, con las ventajas que les otorga una sociedad receptiva, un deficiente sistema de salud, y en muchas ocasiones una práctica médica inequitativa, creen copar ese espacio introduciéndolas en sus aulas, envueltas en oportunidades con el ropaje de seminarios de discusión que abusan con la toma en arriendo a la epistemología de su razón de ser, con la eventual dilucidación de la práctica, del saber y del poder médico. Si de esto se tratara, no hay duda de que deberíamos considerarlo provechoso y bienvenido; es una tarea necesaria y, podemos decir, extendida en el tiempo, como la ciencia misma. Otra cosa es el cuadro que vemos ante nuestros ojos.

Esto nos permite introducirnos en el tercer punto de este marco general. La universidad colombiana no está incrustada en la ciencia, no es una *petición de principio* para ella, no profesa el valor de la ciencia como generadora de conocimiento, no se la concibe como institución que vive alrededor de ella y para ella. Entiéndase que aquí, por el ámbito más general del punto que se trata, ciencia es tomada en su significación más global: conocimiento.

El intento renovador que la guió dos o tres décadas atrás lo extravió, como dije antes, cuando contaba con la autonomía suficiente para intentar introducirse en la génesis del conocimiento. Ahora parecen perdidos, y otros son los argumentos que se esgrimen cuando se habla de legitimación, todos ellos tomados de la empresa privada: rentabilidad y costo beneficio a propósito de la calidad de los egresados, productos, bienes y servicios que se puedan generar, figuran entre la maraña de postulados que se quieren emplear, y que ya están vigentes, se cree, para enfrentar nuestro caos educativo. La mira está puesta, en particular, sobre la universidad pública, la del Estado, a la que se

le señalan, en especial, todos los males, como si ella no fuera tan sólo partícipe de la anarquía generalizada: proliferación abundante, burocratización excesiva, deficiente planta física y dotación, servicios de información empobrecidos cuando existen, exigua remuneración para captar y retener a los mejores docentes e investigadores, ausencia o muy limitados planes de renovación tanto material como humana, dejando para el final, un poco al margen, hasta allá no podrían llegar las cosas, su escasa creación de conocimiento.

El fracaso en el intento de modernización de la universidad colombiana, por lo menos de la oficial, cuando se dio años atrás, obedeció en parte a que en simultaneidad quiso incrirse en la corriente imperante entonces, que se creía podía ser renovadora y trasformadora de la sociedad, al aumentar en número la base social educada, multiplicándola también por regiones, ampliando las posibilidades de acceso, lo que se creía democrático, guardando, en muchos casos, una cobertura ecuménica. La educación privada asimiló todo esto, amplió su cobertura, se multiplicó en desmedida, sólo que guardó para sí el as: escogió los campos en los que podía asegurarse una mayor rentabilidad. ¿Se ganó en el conocimiento, que es lo más importante? La respuesta es negativa.

La universidad pública coqueteó en exceso con la política señalada antes, y la privada inició su gran recorrido final teniendo a aquella como modelo, pero con la ventaja anotada. Los papeles se trocaron después. Ahora se le impone a la universidad estatal su legitimación con el paradigma de la privada.

Es probable que varias estrategias se puedan diseñar para enfrentar una situación como la descrita. Me limitaré a una: adelantar una gran ofensiva por la ciencia aunando los mayores recursos, agrupando a la comunidad científica para una empresa tal, identificada con ese objetivo, y entidades gubernamentales y privadas que quieran comprometerse con una acción tal.

A este punto le otorgo la mayor trascendencia. La empresa que se propone implicaría llevar a la comunidad en general, pero más en especial a los estudiantes de secundaria y a los universitarios, la búsqueda del sentido de la ciencia en general, a través de su historia y la del debate de las ideas, y en la de cada una de las disciplinas en particular.

Tiene además la importancia de empujar a que los hombres de ciencia asumamos el título que nos corresponde, el de intelectuales, comprometidos con el conocimiento, con su génesis y con el devenir de nuestro país.

Podría también convertirse en el inicio de un seminario permanente, primero viajero y extendido por toda la nación, que podría cimentar en nuestras universidades, o por lo menos en algunas de ellas, una cátedra o un seminario permanente sobre esos temas, que cobijaría el espectro global de la enseñanza superior.

No podremos captar jóvenes para la ciencia, para el conocimiento, si no la damos a conocer. Y no podremos desarrollarlos si no construimos la base humana y material indispensable para ello.

Esta consideración me lleva al tema de la estructura de la educación en Colombia y de una eventual reforma.

He enfrentado, en otras oportunidades, al modelo que he llamado *biologista* y *cronologista*, aquel que parte de considerar al desarrollo y a la educación por etapas que van cubriéndose una tras otra, como en el crecimiento del ser humano, el mismo que nos pone en una situación mecanicista, con el supuesto de una etapa previa necesaria para la que se asume que sigue, indispensable en una relación causal, otro que concibo como el opuesto. Parte, además, si se quiere, de considerar a la cultura no como una superestructura, sino como la estructura misma, con todos los elementos y posibilidades que hoy brinda, para actuar como el gran elemento trasformador. Entonces, el mayor esfuerzo se debe realizar para ponernos en los toques de la cultura, por lo menos en los campos posibles, los que señalemos como tales.

Acorde con lo anterior, la reforma de la educación debería comenzar por la de la educación superior, preguntándonos hasta dónde queremos y podemos llegar, fijando metas definidas en ese sentido. El diseño de la educación universitaria estaría circunscrito por las metas mismas, y los llamados parámetros de excelencia en la formación académica se podrían delinear mejor. Igual podría ocurrir con la educación secundaria y aun con la primaria cuyos objetivos y programas estarían demarcados por la reforma de la educación superior. Aquí la educación básica en todos los niveles del conocimiento cobra su mayor vigencia.

Se necesitan saltos cualitativos y éstos no podrán darse en tanto medie ese modelo *progresivo*, desarrollista lo llamamos, tomando prestada a la biología esa noción. Aquí se pueden discutir diferentes fórmulas, sistemas y subsistemas pueden ponerse a jugar. Uno podría ser el establecer una diferenciación nítida entre el universitario y el tecnológico; otro podría ser el que distinga a la universidad estatal de la privada. Otros se pueden aventurar y discutir.

Un punto, por lo menos, debería ser claro: el sector educativo estatal no debe, no puede construirse a imagen y semejanza del privado, no debe guiarse por un criterio de rentabilidad y beneficio. A los males que padecemos, uno de enorme repercusión sería dar marcha atrás a lo alcanzado, ahondando las desigualdades existentes al extremar la elitización de la educación.

Sí considero que el problema más agudo que enfrenta el país, no en una visión inmediateista ya que sabemos que muchos otros copan las angustias de todos los días, la de nosotros y la de todos los compatriotas, es el empobrecimiento intelectual, la mediocrización que nos rodea en todo lo que vivimos, la aguda falta de visión crítica y la condena cuando alguno se atreve a expresarse en ese sentido, tal es nuestro parroquialismo, tal el adocenamiento a que nos han conducido, que asumo que es imperativa la acción sobre este punto. Como hombres de ciencia debemos comprometernos en la empresa. Como intelectuales debemos asumirla. Sigo considerando a la ciencia como conocimiento.

Pero es necesario el crecimiento económico, el aumento de la producción y el beneficio social, es decir, que los bienes y servicios lleguen a la población. El conocimiento debe llegar a la comunidad de dos maneras: como tal, lo que adquiere dimensión de prioridad, en esta presentación, y proporcionando, también en lo material, una vida mejor.

Ahora nos centramos entonces en los dos objetivos: aumentar la base intelectual del país y propiciar el desarrollo científico y tecnológico.

Si se hiciera un inventario, serían muchos los problemas por atacar, casi interminables. Esta es una de las grandes dificultades cuando se hacen formulaciones puntuales. Nunca llegan a nada. Así, se puede hablar de mejorar la educación y las universidades, establecer lazos entre universidad y sociedad, universidad y sector productivo, propiciar y apoyar propuestas de investigación, suministrar facilidades para la importación de equipos, reactivos y materiales de laboratorio, tener acceso a la información, establecer vínculos dentro y entre sectores, las indispensables becas y subvenciones para los estudiantes de postgrado y, por supuesto, para los programas mismos, y muchísimos más. Asumo que si se atacan las cosas como superestructura, y como tal se logran incrustar, todos los otros aspectos se solucionan casi que por añadidura. De nuevo entonces asoma la tesis de considerar y tomar a lo que siempre hemos llamado superestructura, como la estructura misma. Y ésta no es otra que la cultura, la que debemos lograr en sus más altas manifestaciones, repito, en los terrenos en que sea posible. Y hacerlo como una política nacional.

En una ocasión anterior recordé y afirmé que no se puede construir un Estado moderno si no existen, sus dos pilares fundamentales: un pujante sector empresarial, dinámico y explorador, y un sólido campo intelectual, independiente, con toda la posibilidad de adelantar su visión y su misión crítica.

Lo que presento, entonces, también con la intención de alcanzar saltos cualitativos, es una reedición de propuestas que he lanzado desde el año 1984. Debemos construir una red de modernos institutos en campos específicos del conocimiento con carácter nacional.

Para el tema que nos ocupa, se pueden señalar varios, así: nuevos materiales, microelectrónica, biotecnología, ingeniería genética, biología molecular, biología tropical, síntesis química, vacunas. Igual se podrían señalar otras actividades como historia, estudios norteamericanos, sudeste asiático, entre otros.

Los institutos no serían universitarios en el sentido de pertenencia a una y otra institución. Serían suprauniversitarios pero, como veremos, podrían ser de utilidad para todos los centros de educación superior.

Se debe cuidar, por encima de todo, que los institutos no se conviertan en unos de servicios, pero sí, como veremos, podrían estar abiertos al sector productivo, público y privado.

Tenemos que aceptar que en Colombia no existen, ni en número ni en formación los hombres de ciencia con la capacidad necesaria para integrarlos, por lo que habría que atraerlos, importarlos; la preferencia, es lógico, se otorgaría a colombianos residentes en el exterior establecidos como muy destacados científicos. Es importante tener en cuenta, además, que se debería evitar la sustracción, de la universidad colombiana, de los pocos investigadores y grupos que ya se encuentran establecidos en ellas.

Los institutos mencionados tendrían una excelente y nueva planta física, contarían con equipamiento total y estarían subvencionados en forma espléndida para que puedan adelantar sus investigaciones, por supuesto, en problemas situados en la frontera del conocimiento. El mayor compromiso de los institutos y de sus investigadores sería el de multiplicar a los hombres de ciencia con programas de postgrado del más alto nivel. Los candidatos vendrían de todas las universidades y de todo el sector productivo.

Para su creación y funcionamiento las fórmulas pueden ser varias: el Estado los asume en su totalidad, la comparte con el sector privado para algunos, y, si es posible que llenen los criterios expuestos, el primero y fundamental es la formación de la base humana con alto nivel de conocimientos, podría, en casos, asumirlos el sector privado. Es una buena oportunidad para que el altruismo, la generosidad y la filantropía se manifiesten.

Pero, ¿qué ganaríamos haciendo esto si empresarios y agentes del gobierno no se motivan hacia el conocimiento, hacia la ciencia? No tendríamos candidatos para ingresar en esos institutos o, una vez formados, no tendrían lugares en donde incrustarse, en donde hacer producir, en un sentido amplio, la formación alcanzada.

Se impondrían, entonces, el compromiso gubernamental y la promoción y enseñanza a nuestros industriales de la importancia de la ciencia y del conocimiento para que le apuesten, para que inviertan en ciencia y tecnología.

Capítulo 3

SIMPOSIO DEL PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIAS BASICAS

INTRODUCCION

El Simposio estuvo orientado por el Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas y por la directiva de Colciencias.

Se invitaron a participar en el Simposio a 66 investigadores, incluidos los miembros del Consejo. Su selección se hizo teniendo en cuenta los comentarios recibidos sobre los ensayos, la disciplina, la actividad en investigación, la institución, la región y se dejaron espacios para la participación de jóvenes investigadores. También participaron algunos funcionarios de Colciencias e Icfes vinculados a programas de fomento a la investigación.

Además, participaron en el Simposio dos asesores internacionales quienes fueron escogidos considerando la experiencia en el manejo de políticas en investigación en ciencias básicas en América Latina, la capacidad de manejo de grupos de investigación, la capacidad de conceptualización de los problemas de la investigación, su trayectoria científica y su espíritu de colaboración con la comunidad científica colombiana. Los asesores fueron los doctores Jorge Allende, de Chile, y Michel Patty, de Francia.

Las actividades realizadas durante el Simposio aparecen descritas en el anexo 2 al final del libro.

Este capítulo contiene el discurso inaugural del señor rector de la Universidad del Valle, un resumen de los comentarios a los ensayos y de las ponencias de los asesores internacionales. También aparecen las relatorías de las cuatro comisiones que se crearon para reflexionar sobre los criterios para la selección de temas de investigación, la formación a nivel doctoral, grupos y redes y sobre la asociación de las ciencias básicas con los sectores de la producción.

Además se registran, en este capítulo, las conclusiones generales del Simposio y las reflexiones del Consejo del Programa efectuadas durante los tres meses siguientes a la realización del Simposio.

COMUNIDAD CIENTIFICA Y DISCIPLINARIA DE LAS CIENCIAS BASICAS

Jaime E. Galarza Sanclemente

En nombre de nuestra comunidad universitaria quiero darles una cordial bienvenida al Valle del Cauca y a esta amable ciudad, que también es una de las sedes regionales de la Universidad del Valle.

No obedece a ninguna casualidad o conveniencia el que ustedes estén reunidos en esta ciudad cordial y apacible, pero aparentemente poco relacionada con el tema que los convoca y con la trascendencia del consenso que ustedes logren. Estamos aquí, en Buga, en uno de los orígenes de la ciencia básica en nuestro país. Ya una vez, hace casi dos siglos y hasta el comienzo de nuestra historia republicana, se soñó y trabajó aquí por la ciencia en Colombia. Me refiero, por supuesto, al ilustre bugueño José María Cabal, quien, después de haber logrado acceder bajo difíciles condiciones a lo más avanzado de la ciencia de su época, con la esperanza de contribuir a la liberación de su patria a través del conocimiento, tuvo que dejar la vida por su independencia. Sus obras escritas, confiscadas por los agentes de Sámano, jamás volvieron a encontrarse. No creo que sea interpretación sesgada si vemos una de las cunas de las ciencias básicas en Colombia aquí, en el sudoeste. Francisco José de Caldas, a quien el amor por la verdad también llevara a abrazar la causa del movimiento nacionalista y a igual destino que Cabal, dijo de éste que "él tendrá siempre la gloria de haber traído al seno de la Nueva Granada la ciencia de Lavoisier y de Chaptal".

No quiero extenderme en valoraciones históricas que otras hacen mejor, y valga la ocasión para hacer mención del gran historiador de esta villa don Tulio Enrique Tascón; sólo quiero dedicar un instante a recordar algunos detalles de la vida de nuestros primeros científicos que por distantes no dejan de parecerme comparables con lo que estamos viviendo actualmente, y mal haríamos en querer determinar nuestro futuro sin ser conscientes de las raíces. Permítanme leer unas breves palabras de Caldas, escritas en 1809:

"La suma importancia del conocimiento de la altura de un observatorio astronómico sobre el nivel del océano ha hecho que llevemos toda nuestra atención hacia este objeto [...]. Pero los sabios de Europa han llevado esta materia a un grado de perfección que no esperábamos. Hasta esta época se había caminado a ciegas y con tanteos. Todas las fórmulas de Bouguer, de Trembley, Trallers, Deluc, [...] no tenían sino una exactitud precaria y dependiente de las circunstancias. El célebre y profundo Laplace acaba de trazar un plan en que la

teoría más sólida hace todo el papel en la solución de este problema [...]. Nosostros suspirábamos por una fórmula tan preciosa, y la solicitamos infructuosamente hasta el arribo de don José María Cabal a esta capital. Este joven estudioso me la presentó [...]. Hemos aplicado la fórmula a nuestro observatorio [...]. Sentimos que la imprenta carezca de caracteres algebraicos para poder dar la expresión del célebre Laplace, y reducir todas las ideas de este género a una sola línea. Nos proponemos calcular la altura de los principales pueblos del Reino por este método, e insertarla en el 'Semanario', si no expira en el próximo diciembre, como fundadamente lo tememos".

Digan ustedes, ¿es ocioso buscar paralelos? El talento, la erudición y la conciencia frente al relativo aislamiento, a la falta de recursos, a la limitación de los medios de divulgación y, sin duda y por encima de toda dificultad, el logro de resultados. Tampoco falta, contrario a la tan común imagen académica sobre los científicos, la visión y conciencia de la aplicabilidad y del beneficio social de sus resultados.

Si volvemos al presente, nos encontramos en Buga frente a un entorno que en múltiples aspectos nos insinúa la importancia de una ciencia fuerte y tecnologías propias. Es la región colombiana con quizá mayor desarrollo agroindustrial, pero con tecnologías en su mayor parte importadas. Igual cosa podríamos afirmar del sector industrial, el tercero del país. Para las ciencias de la tierra esta región presenta retos de una diversidad y nivel únicos en el país y extraordinarios a nivel internacional. Y así podría enumerar muchos otros aspectos, de una naturaleza abundante y diversa que tiene que ser entendida y sabiamente aprovechada.

Creo que es justo que aproveche este importante evento para mencionar algo del devenir de la investigación y las ciencias básicas en nuestra universidad, una historia de poco más de cuatro décadas y aún en pleno desenvolvimiento. El primer paso decisivo, a la postre modelo para todas las universidades investigadoras del país, fue en 1951 la vinculación de profesores de tiempo completo, con el compromiso explícito de realizar también investigación. Esto ocurrió en la entonces facultad de medicina. El Estatuto General de la institución ya consagraba, al comienzo del decenio del 60, la investigación científica como fundamento de todas las demás actividades académicas. Hace pocos años se creó —primera en el país— la Vicerrectoría de Investigaciones, después de funcionar durante varios años como decanatura asociada. En la actual dirección universitaria, que ha considerado el fomento a la actividad científica y creadora como prioridad de su acción y base de todo el desarrollo institucional, se acaba de dotar a esta Vicerrectoría de una misión más amplia y visionaria, de nuevas funciones y de nuevos recursos.

Reconocemos a la libre asociación de profesores y estudiantes en torno a unos temas y anhelos que se centran en la búsqueda del conocimiento —los grupos de investigación— como el portador de futuro y avance, sin ignorar el papel de las tradicionales asociaciones disciplinarias de la institución, los

departamentos. Somos muy conscientes, a pesar de los esfuerzos y logros de estos grupos, que se tienen que dar nuevas formas de apoyo institucional para que puedan crearse, desplegar, sostener y ampliar todas sus capacidades. Estamos próximos a crear el *Sistema Universitario de Investigaciones*; con base en una amplia consulta profesoral, se entregará una norma con todos los elementos que proveen fomento, eficiente coordinación, soporte y justa autonomía. Se fomentará, con una nueva concepción, la creación de centros e institutos de investigación. En la Vicerrectoría se acaba de crear el cargo del Decano Asociado para Centros e Institutos. Por supuesto, con esto también queremos fomentar la forma de trabajo que caracteriza más y más las cuestiones científicas y tecnológicas: la interdisciplinariedad, la asociación que trasciende fronteras de departamentos y facultades. Nuestro Fondo Acumulativo recién se convirtió en una fundación del derecho privado, con excelentes expectativas de captar y manejar con eficiencia un creciente caudal de recursos, en buena parte del sector productivo, para cuya mejor y más beneficiosa relación con la universidad también se han creado los mecanismos de promoción y coordinación.

Nuestra facultad de ciencias básicas, en la cual ya todas las carreras cuentan con programas de magíster, tiene a consideración del Icfes programas de doctorado para todas sus disciplinas. Uno, el de física, acaba de ser aprobado. Pero también en otras facultades tenemos importantes trayectorias y proyectos. Las ciencias básicas médicas en la facultad de salud, con programas de formación avanzada y grupos de investigación de más de 30 años de tradición, y las ciencias de la tierra en la facultad de ingeniería, el desarrollo más reciente, con el *Observatorio Sismológico del Suroccidente*.

Ningún grupo humano se ha aproximado tanto al gran sueño de la paz y la fraternidad global como la comunidad científica. Sin gobierno, sin leyes escritas; con interacciones a través de todas las fronteras, sólo limitadas por sus recursos, guiados en franca competencia por un ideal común. Ustedes están llamados no sólo a buscar y transmitir el conocimiento que nos hará más autónomos e iguales en el concierto de las naciones; también podrán dar ejemplo a un país que ahora está dispuesto a aceptar el reto de integrarse sin barreras con el mundo. Que sea ésta la ocasión para pedirles que procuren no sólo el máximo de credibilidad como científicos, sino también una visibilidad y comprensión social cada día mayor.

Lo que tan frecuentemente no pasa de ser benévola retórica, los augurios de una extraordinaria importancia y trascendencia de los resultados del evento celebrado, aquí, me atrevo a pensar, sí tiene dimensión de crudo realismo: lo que ustedes recomienden y puedan realizar sí es en gran medida el germen de nuestro futuro. No habrá pensamiento y desarrollo autónomo y sostenido sin una comunidad científica fuerte. De esto dependerá nuestra mayor soberanía y bienestar. Me causa, pues, una profunda sensación el desearles todos los éxitos posibles en este simposio.

Antes de terminar, quisiera agregar que este acto no sólo constituye un acontecimiento feliz por todo lo mencionado con anterioridad. También lo es por cuanto nos permite compartir una gran noticia. A pesar de las resistencias obvias de algunos actores de la educación superior, la comisión que concierta el proyecto de ley que desarrollará la autonomía universitaria consagrada en la Constitución política de Colombia de 1991, inició sus deliberaciones poniéndose de acuerdo en definir la universidad y por lo menos una categoría dentro de ellas, "como aquellas instituciones que están en capacidad de ofrecer maestrías y doctorados e igualmente poseen fuertes facultades de ciencias exactas, básicas, humanas, y filosofía". No puede haber desarrollo tecnológico —a pesar de que la tecnología se legitime en el mercado y es básicamente desarrollada por los procesos de demanda que realiza la comunidad— si no existen programas de formación en ciencia básica e investigación permanente en esos campos, de manera generalizada. Esa es la razón de ser de la universidad, mantener una masa crítica de científicos naturales y sociales capaz de crear las condiciones materiales para que el país no sólo se distinga en el concierto de los pueblos civilizados del mundo, sino también por cuanto sin esa realidad es imposible crear, administrar o transferir tecnología. La ciencia constituye una cultura, mientras más difundida esté en todas las capas de la población mucho mejor se facilitan y propician condiciones para el desarrollo económico, social y de bienestar en general de una nación.

Este feliz acontecimiento, la definición de universidad mencionada, es un indicador muy relevante del estado de madurez al que ha llegado el país. Ella crea el mecanismo institucional y por tanto objetivo para el fomento de las ciencias exactas y básicas en Colombia. Esa es mi esperanza y la de todos ustedes. Una vez más, reciban mi más cordial bienvenida y mis mejores deseos por el éxito en sus deliberaciones.

COMENTARIOS A LOS ENSAYOS SOBRE LAS CIENCIAS BASICAS

Comentarios de Luis Alvarez, Efrén Arenas, José Pacheco

Se encuentra a través de la lectura de los documentos una coincidencia significativa en el sentido de que uno de los factores que entorpecen el desarrollo de la investigación, líneas generales, es la obsolescencia de la programación curricular, a nivel de pregrado.

Los esfuerzos a este nivel deberán conducir más que a transformaciones mecánicas de los currículos, a lograr un cambio de mentalidad y de actitud en el profesor universitario.

En cuanto a la capacidad investigativa, es innegable que el momento actual presenta coyunturas favorables para un real despegue de la actividad científica en nuestro país. Sin embargo, en el campo específico de las ciencias básicas y bajo la pretensión de vincularlas al sector productivo, se requiere el diseño de mecanismos a nivel regional y local, que propicien un acercamiento real entre

la universidad y la comunidad productiva, que hasta el momento ha sido esquivo, a pesar de los esfuerzos que algunas universidades vienen realizando.

En lo relacionado con la financiación para la investigación en ciencias básicas, es evidente que sólo es posible con un suficiente y estable aporte del Estado como lo consagra la Constitución nacional.

En contraste con esta situación, se encuentra que el recurso docente con capacidad potencial investigativa es alto. Esta situación evidencia que, aun existiendo el recurso humano capacitado, si no se dispone de la financiación adecuada, los esfuerzos institucionales se anulan y el interés de los investigadores decrece paulatinamente.

El éxito del Plan Nacional para el Programa de Ciencias Básicas, por su necesaria cobertura a mediano y largo plazo, requiere un esfuerzo estatal significativo, encaminado a involucrar a todo el sistema universitario nacional potencialmente activo, para evitar centralizar el apoyo financiero en el grupo de universidades que tradicionalmente lo han recibido para que asuman el liderazgo de la investigación, con desmedro de las potencialidades de otras instituciones, catalogadas menores, pero que no tienen la oportunidad de realizar acciones y proyectos a pesar de haber demostrado capacidad y cierta solidez en el trabajo investigativo en esta área.

Aunque los doctorados son el soporte fundamental del asentamiento y expansión de las ciencias básicas, para alcanzar una dinámica propia en el uso de la ciencia y la tecnología, simultáneamente es indispensable el fortalecimiento de los postgrados a nivel de maestría en las universidades de desarrollo intermedio para así lograr una integración real del trabajo investigativo de cubrimiento nacional.

Corresponde, entonces, al Programa Nacional de Ciencias Básicas y a los Programas Regionales, diseñar mecanismos para la elaboración y el desarrollo de proyectos que permitan la integración entre la universidad y los sectores productivos.

Antes de considerar la posibilidad de crear un subsistema de investigación, basado en la formación de nuevos institutos independientes del sistema universitario nacional, que implicaría un altísimo costo, se deben evaluar los ya existentes para fortalecerlos o reorientarlos, según las necesidades planteadas en los programas del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Por otra parte se debe fortalecer la infraestructura investigativa de las universidades, especialmente de aquellas que, siendo de desarrollo intermedio, vienen demostrando con hechos su interés por participar en la modernización de la actividad científica nacional.

Comentarios de Gerardo Arango Puertas S. J.

En los documentos elaborados por el grupo de científicos, se encuentran una serie de planteamientos muy claros que coinciden con afirmaciones de otros

investigadores en ensayos, ponencias y exposiciones presentadas durante los últimos años en eventos de carácter científico. Considero que no existen mayores discrepancias sobre ellas y están siendo aceptadas por toda la comunidad.

En estos documentos figuran los siguientes:

1. Respecto a la necesidad de realizar ciencias básicas:

- Cualquier país en vías de desarrollo o industrializado que desee tener una sociedad estable en la cual pueda florecer la industrialización, la agricultura, la salud pública y otros campos que requieren ciencias aplicadas, necesita inevitablemente una educación de nivel muy alto y por consiguiente programas de investigación en ciencias básicas.
- Aunque la investigación fundamental puede no ser factible inmediatamente, debe existir el propósito de incluirla como una actividad esencial en cada país, incluso como medio de agudizar el poder analítico y aumentar la calidad de la educación.
- Los países en vías de desarrollo apenas están comenzando a darse cuenta de la necesidad de hacer ciencias básicas.
- La tecnología trasferida sin los conocimientos básicos necesarios, rápidamente queda obsoleta y no se puede proceder a mejorarla. El desarrollo de las tecnologías de punta necesita en forma absoluta el dominio de las ciencias básicas.
- La brecha científico-tecnológica entre los países industrializados y los países en vías de desarrollo está en aumento.
- La única alternativa que le queda al país para disminuir esta brecha es integrarse al desarrollo científico y tecnológico mundial.

2. Respecto a los investigadores e instituciones:

- La institución sobre la cual deberá girar en gran parte el Plan Nacional de Ciencia y Tecnología es la universidad, pues se reconoce su papel de gestor de ciencia y ámbito de análisis y nuevas ideas.
- En un futuro cercano surgirán nuevas formas de docencia, en las cuales el espíritu investigativo de los profesores será el hilo conductor de todo el proceso de aprendizaje.
- La universidad del futuro va a tener como eje central de su actividad la investigación en todas sus disciplinas.
- El peso de la investigación en ciencias básicas estará concentrado en las universidades.
- La investigación en ciencias básicas va a depender de la consolidación de los programas de doctorado.
- Los investigadores universitarios, como ejecutores de una política científico-tecnológica, deben participar en su planificación.

Por otra parte, se conocen los mayores obstáculos para el desarrollo de la ciencia en Colombia, entre los cuales se destacan:

- Estructura educativa inadecuada y desactualizada para responder a las exigencias de la época actual.
- Ausencia de un componente científico en la vida cultural del país y de una actividad científica suficiente que permita la generación permanente de conocimientos.
- Infraestructura insuficiente y mal administrada (laboratorios, equipos, bibliotecas, fuentes de información).
- Carencia en algunas áreas de personal altamente calificado.
- Aislamiento de los escasos grupos de investigación, no solamente a nivel internacional sino también respecto a la comunidad nacional.
- Falta de estímulo y reconocimientos para los investigadores.
- Dificultades administrativas y de gestión: barreras aduaneras, trámites y controles de compras complicados, escaso personal capacitado en gestión y administración de proyectos.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, el Plan para el Desarrollo de las Ciencias Básicas debe ante todo crear las condiciones para facilitar la realización de investigación de alta calidad, independientemente de sus posibles aplicaciones, que permita la generación de nuevos conocimientos, la innovación en los procesos de investigación, la formación de una auténtica comunidad científica y, sobre todo, la integración de nuevos valores y pensamientos a la cultura nacional.

El plan tiene que contemplar varias etapas, algunas a corto y mediano plazo, en las cuales se deben considerar las acciones siguientes:

- Fomentar, con prioridad, las investigaciones orientadas a mejorar la educación a todos los niveles.
- Apoyar la creación o consolidación de grupos de investigación de alta productividad.
- Desarrollar programas de formación y actualización de investigadores.
- Fortalecer centros e institutos de investigación, especialmente aquellos de carácter nacional.
- Crear líneas de crédito para el desarrollo de programas de apoyo a la investigación tales como laboratorios especializados, centros de instrumentación, bioterios, centros de información, bibliotecas, herbarios y jardines botánicos.
- Impulsar líneas de investigación que sustenten estudios de formación avanzada a nivel de magister y doctorado.

Igualmente, el plan debe contemplar etapas de más largo plazo, en las cuales participen grupos interdisciplinarios de estudio en las áreas de política científica y prospectiva que permanentemente analicen las políticas de ciencia y tecnología, y todas aquellas que afectan la investigación fundamental y examinen las líneas de investigación y los temas que deberán considerarse en un futuro, dentro de marcos globales amplios y flexibles, de acuerdo con los

cambios que se proyecten en los campos científico-tecnológicos, económicos y sociales, tanto nacionales como regionales y mundiales.

Es importante, especialmente en las etapas de corto plazo, definir los mecanismos e instrumentos que permitan a las instituciones aprovechar eficientemente los existentes a nivel nacional, racionalizar las inversiones y los gastos, evitar la duplicación de proyectos con las mismas metas y facilitar el intercambio de información y de recursos materiales y humanos.

Comentarios de Angela Camacho Beltrán

El desarrollo del país está basado en su capacidad de competitividad y de diálogo negociado siguiendo la ley de la oferta y la demanda con todo el resto del mundo. Esto nos hace pensar en la indiscutible importancia que tienen las ciencias básicas como motor de desarrollo.

En el documento de Colciencias todos los autores hacen referencia al estado actual de nuestra investigación en ciencias básicas. Se tienen algunos datos aunque no completos sobre las áreas de investigación activa y se deja entrever que el nivel no es ni siquiera el mismo de nuestros vecinos como Venezuela. No se conocen datos cuantitativos sobre la cantidad de publicaciones en revistas internacionales sometidas a arbitraje previo. Desde el seno de la comunidad científica se perciben las condiciones de desventaja con las que entramos a competir. Si bien se siente esta desventaja en condiciones iniciales, también se nota un ambiente de mucho optimismo y un gran deseo de ingresar en el campo internacional por parte de nuestros investigadores. Se empiezan a conformar grupos, que indudablemente muestran las debilidades a que se refiere el doctor Virgilio Niño como características de nuestro ambiente científico, pero que muestran también ya grandes realizaciones. Los grupos que se han desarrollado ya presentan la necesidad de proponer un programa de doctorado. Esta es la señal más clara de que hemos alcanzado el nivel internacional y que deseamos competir.

Creo no equivocarme al afirmar que el ambiente general de los departamentos de ciencias básicas de las universidades de Colombia es muy propicio para incentivar las actividades de investigación de sus profesores.

Es evidente también la preocupación general por la financiación. En Colombia son muy pocas las entidades a las que se pueden acudir para solicitar ayuda. Colciencias es prácticamente la entidad financiadora y preocupa mucho que la actividad de investigación se ha financiado en los últimos años con dineros procedentes de un préstamo. Se tendría que pensar en la manera de asegurar con dinero del presupuesto del gobierno estas actividades que son la base para el desarrollo del país.

La relación entre la tecnología de punta y las ciencias básicas es cada día más clara y se hace cada vez más apremiante la necesidad de mantener un banco de datos sobre las investigaciones que se realizan en el país, para

ponerlas a disposición de los organismos del gobierno que manejan la compra de tecnología. Se trata de disponer de información sobre posibles asesores en cada caso.

La mayoría de nuestros investigadores se encuentran realizando su labor en universidades y, por tanto, desde el punto de vista de la institución tal vez, lo más importante es el aspecto de enseñanza.

La universidad oficialmente se compromete a dar el tiempo al investigador lo cual se ha hecho en la práctica. Todos los trabajos realizados hasta ahora han sido realizados sin que los investigadores reciban absolutamente ninguna descarga comparada con la de sus colegas que no hacen investigación. Tampoco se cuenta dentro de la obligación de educar, la dirección de trabajos de tesis y seminarios de investigación, que es la parte real de educación de nuevos científicos. Confiamos en que poco a poco cambie esta actitud de las universidades de sólo permitir que sus profesores desarrollen investigación pero sin incentivar ni promover esta actividad, que indudablemente es vista como una carga adicional de costo extra por lo menos en las universidades privadas.

El país debe tomar conciencia de la necesidad de utilizar sus científicos y para eso debe crear los mecanismos que les permitan desarrollar su trabajo en condiciones más favorables, tratando de obtener condiciones similares a las de sus homólogos en otros países. Se debe incentivar el trabajo de investigación, sobre todo en las universidades, permitiendo que más científicos se unan a estas actividades y para que tengan la oportunidad de demostrar su capacidad con parámetros internacionales.

Como tarea primordial de Colciencias está en este momento la elaboración de un banco de datos de los investigadores activos, para lo cual la reciente convocatoria de programas de fomento a grupos de investigación en ciencia y tecnología, ayudó de manera notoria a la consecución de datos actualizados y certificados.

Indudablemente, es para el país de gran importancia disponer de esta información en los círculos gubernamentales que son los que tienen luego que tomar decisiones sobre ofrecimiento y compra de tecnología.

Comentarios de Luis Caraballo G.

El problema de la investigación en nuestro país radica en que se realiza a muy pequeña escala y no se proyecta hacia un desarrollo tecnológico que favorezca el avance industrial nacional de acuerdo con las necesidades actuales y futuras. Por otro lado, no se ha hecho sentir como generadora de soluciones para el bienestar ciudadano y más desconcertante aún, no es todavía la base de un acervo científico-cultural que resalte los valores universales.

En un país dependiente económicamente, como el nuestro, las prioridades económicas, políticas y culturales de los gobiernos en muchas ocasiones

resultan ajenas a los requerimientos nacionales, ya que, voluntaria o inconscientemente, los mejores esfuerzos se concentran en sobrevivir a las condiciones de vida generadoras de conflicto y violencia, para las cuales las propuestas de solución, hasta ahora, sólo han profundizado la dependencia y el endeudamiento externo.

Aunque la investigación en ciencias básicas no representa una panacea para eliminar el subdesarrollo, ella pudiera convertirse, asociada a determinaciones políticas eficaces, en un factor determinante para salir del atraso.

El atraso económico no solamente dificulta la investigación por la carencia de rubros directos para financiarlas, sino también induce a una parálisis intelectual que puede ser difícil de remediar.

Existen grupos que adelantan investigación en ciencias básicas con un alto nivel de iniciativa y recursos técnicos, estando la mayoría vinculados a las universidades.

Aunque el número de publicaciones en revistas de circulación internacional que surgen de esos laboratorios es todavía menor que las de otros países latinoamericanos, la tendencia de los últimos años, y particularmente como reflejo del apoyo financiero proveniente de Colciencias y del Programa para el desarrollo de la capacidad investigativa (Icfes-BID), es lograr una producción más abundante y de mejor calidad.

El reducido número de investigadores actualmente activos no es suficiente para cubrir el déficit tan pronunciado que tenemos en materia científica; obviamente la planta física y de recursos humanos tendrá que ser ampliada considerablemente.

Los lugares más apropiados actualmente en el país para generar una corriente de actividad científica con cobertura nacional son las universidades, tanto oficiales como privadas.

Consideramos que en la presente etapa los planes de fortalecimiento de las ciencias básicas no requiere la creación de institutos *suprauniversitarios*, sino la adecuación, con acciones coordinadas entre el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y el Sistema de Educación Superior, de las condiciones para que las universidades puedan consolidar y ampliar su gestión investigativa.

Los investigadores colombianos estarían complacidos si todas las manifestaciones de apoyo al *desarrollo de la ciencia en el país*, su *vinculación al sector productivo por intermedio de la tecnología obtenida* y otros planteamientos como los *estímulos a los investigadores* se concretaran realmente en medidas administrativas que se sintieran en los sitios de trabajo y en la vida misma de los científicos y sus estudiantes de postgrado.

Algunas medidas siempre reclamadas son:

- Un ambiente administrativo apropiado para la investigación en los sitios de trabajo.
- Nombramiento de más docentes.

- Es fundamental: una actualizada documentación bibliográfica en cada universidad, la valoración apropiada de la investigación en los procesos de promoción docente, el apoyo para el traslado a cursos y congresos dentro y fuera del país y el suministro de facilidades locativas y de oficina.
- Becas para los estudiantes de postgrado.

Aunque el tema del papel de la investigación en la enseñanza universitaria ha sido objeto de repetidos comentarios, consideramos apropiado señalar un aspecto que debería tenerse en cuenta en la reforma del Sistema de Educación Superior en cursos, y que se resume en la frase que Bernardo Houssay expresó de manera categórica: "Una universidad que no investiga es subuniversidad, es una simple escuela de oficios".

La proyección de la universidad a la comunidad tampoco es ajena a la investigación. La posibilidad de generar tecnología pasa previamente por hacer ciencia.

Es claro que la industria debe financiar las investigaciones encaminadas a obtener tecnologías para su desarrollo, aunque es importante ofrecer incentivos para que esto suceda. Las empresas privadas deben dotar laboratorios, contratar investigadores y así obtienen resultados directos para sus propios intereses.

Lo que se necesita es crear un ambiente nacional favorable al desarrollo intelectual mediante la investigación, con la perspectiva de integrar la ciencia a nuestra riqueza cultural. En consecuencia, cualquier intento de establecer prioridades que lleven a restringir el apoyo a la investigación en alguna disciplina científica sería prematuro y equivocado ya que en este momento la precariedad que padecemos en esta actividad se distribuye en todos los campos del saber. En este orden de ideas, el fortalecimiento de las ciencias básicas en general, a través del apoyo financiero de proyectos que reúnan los requisitos de calidad, presupone descartar cualquier concepto inmatista de *productividad* de la investigación. Lo anterior no impide que Colciencias, cumpliendo con sus funciones, convoque a la intelectualidad nacional para que enfoque su atención en el estudio de temas y problemas que se consideren de interés para el desarrollo económico, social y cultural del país.

Somos optimistas respecto a las posibilidades de éxito del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Sin embargo, esto deberá ser evaluado permanentemente y con criterios bastante rigurosos. Si para hacerlo se consideran la calidad y cantidad de las publicaciones logradas por la comunidad científica, el número de magísteres o doctores que después de terminar sus estudios fueran vinculados a proyectos de investigación, el número de problemas que en las distintas esferas de la vida nacional sean resueltos por recomendaciones de investigaciones y los inventos o innovaciones tecnológicas que influyan en cualquiera de las ramas de la industria, tendríamos una evaluación bastante objetiva. El impacto cultural que lo anterior podría inducir es

más complicado para evaluar, pero sin duda será importante si los parámetros señalados antes se cumplen satisfactoriamente.

En esencia el fortalecimiento de la investigación en ciencias básicas en nuestro país necesariamente implica un aumento considerable en la asignación presupuestaria nacional para la investigación científica. Pero también requiere una reforma en el régimen jurídico-administrativo de estas últimas, con el fin de convertirlas en entidades que verdaderamente promuevan la investigación, la ciencia, la cultura y el desarrollo tecnológico.

Comentarios de Carmenza Duque

Veo acertada la participación de la comunidad científica en la elaboración del Programa Nacional de Ciencias Básicas.

He leído con detenimiento el documento donde se exponen los diferentes puntos de vista de distinguidos investigadores colombianos acerca de cómo ven ellos el desarrollo y el futuro de las ciencias básicas en el país. Al respecto debo expresarles que en términos generales estoy de acuerdo.

Sin embargo, considero de suma urgencia que dentro de la propuesta final se les dé un énfasis mayor a los siguientes aspectos:

- a. Uno de los pilares del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología es sin duda alguna la universidad, de modo que la estructura investigativa universitaria sobre la cual intentamos construir debe ser sólida. Uno de los aspectos que me han preocupado en los últimos años es el envejecimiento de la comunidad científica y las pocas esperanzas existentes de relevo generacional.

De modo que para los próximos años debe ser *tarea prioritaria* formar y comprometer a nuestros jóvenes en las disciplinas de las ciencias básicas para que pueda asegurarse que el esfuerzo que hoy hacemos va a transmitirse a las nuevas generaciones.

Sin embargo, sabemos que las plantas docentes de las universidades están congeladas. ¿Por qué no remplazar la gente que habiendo cumplido sus 20 años de trabajo, se dedica todavía a la repetición de los textos que utilizaba en los comienzos de su carrera docente?

- b. El segundo aspecto importante sobre el cual la política que se haga en ciencias básicas debe ser enfática, es en la participación de la industria en las investigaciones que se desarrollen en el país. Se dice que es la universidad la que está de espaldas a la realidad nacional; en parte es cierto pero la otra cara de la moneda es que la industria en su gran mayoría no cree en la investigación que realizan las universidades colombianas y peor aún no está consciente de la necesidad de la investigación como motor de desarrollo.

No puede dejarse en manos de las iniciativas personales de los académicos como sugiere alguno de los ponentes en el documento, las relaciones del

trabajo mancomunado universidad-industria. Por el contrario, debe apropiarse y quizá forzarse oficialmente este acercamiento desde el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Comentarios de Felipe Casas

Los elementos básicos de un plan de desarrollo son: vigencia temporal y realidad con el entorno.

Nuestro país históricamente a pesar de tener algunas contribuciones cualitativamente importantes en ciencia presenta un estado de desarrollo científico que ha sido cuantitativamente bajo.

Un factor que ha hecho que el estado actual de la investigación básica sea éste, es el poco estímulo que el Estado y la sociedad han dado al investigador.

No es fácil establecer un marco referencial que contenga todos los elementos de juicio, operativos y prospectivos para definir un sistema de investigación y un plan de desarrollo; a pesar de la dificultad inicial se pueden proponer los conceptos de autonomía, calidad, validez, eficacia, viabilidad y compromiso. Todos ellos están de acuerdo con las propuestas de la Constitución y de la Ley de Ciencia y Tecnología.

La autonomía es una característica del nuevo orden institucional del país. Por otra parte la libertad en las propuestas les confiere al ciudadano y a las instituciones, la capacidad de crear libremente sus propios mecanismos de ejecución. La calidad de la investigación científica se relaciona con la rigurosa aplicación de un sistema racional de experimentación.

Por el contrario, la validez está íntimamente relacionada con las fronteras del conocimiento. El país tiene que entrar en las fronteras de la investigación, pues sólo así podremos tener en el mediano plazo una presencia en el contexto de la investigación mundial.

La eficiencia trae a escena un elemento fundamental en un sistema de ciencia básica: su agilidad. Esta característica debe tenerse no solamente en la tramitación burocrática del recurso, sino también en el proceso de generación del resultado y la continuidad del proceso. Es necesario considerar que el elemento agilidad impone reevaluar los conceptos de administración de ciencia y tecnología, de gestión y de difusión actualmente existentes en el país. El concepto de visibilidad tiene dos componentes que debemos por lo menos plantear. La visibilidad de resultados y la visibilidad de las estructuras de gestión y administración.

A pesar de que existe una libertad en la investigación y la creación instituida por nuestra Constitución, el quehacer investigativo también debe insertarse en la realidad de nuestro país. El compromiso con el mejoramiento del nivel de vida y de las instituciones colombianas tiene que ser un objetivo del sistema de investigación.

Los actores del sistema y del plan son:

1. Los grupos de investigación.
2. Las instituciones y los elementos jurídicos y financieros del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

Los grupos de investigación son actores en la medida en que se cumplan los siguientes requisitos:

1. Continuidad temporal. No se puede concebir un sistema de una generación fugaz.
2. Formación doctoral. La única manera de formar un investigador es a través de sus estudios doctorales. El grupo de investigadores debe contener candidatos a doctorado, para crear y mantener una cierta tradición.
3. Capacidad de formar redes con sus pares. Las instituciones deben tener una característica de gestión y de prospección. Aquí surge la propuesta de formar el administrador del recurso científico y eliminar de la universidad colombiana estructuras paralelas que no están capacitadas para la racional tramitación burocrática. El que no haya hecho investigación no puede sentir y no puede gestionar eficazmente.

Captar, buscar y proyectar la investigación son actividades que le conciernen a la universidad como uno de los actores participativos en el sistema.

Los elementos jurídicos y financieros son otros actores importantes del sistema. No se debe olvidar que tiene que existir armonía entre las dos políticas. Si no la hay es preciso crear los mecanismos para que la toma de decisiones en este sentido se armonicen con los instrumentos jurídicos y financieros del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

Los pocos institutos y centros de investigación no adscritos a las universidades deben ser integrados al Plan Nacional.

En los documentos que Colciencias ha remitido a los investigadores, se consignan una serie de consideraciones sobre lo que debe ser un Plan Nacional de Ciencias Básicas. Estoy de acuerdo con la mayoría de ellos y además son el reflejo de algo *vivido* por los autores de los correspondientes documentos y por esta razón no voy a repetirlas.

Hay tres aspectos que merecen un especial énfasis en las discusiones, siempre teniendo en cuenta que toda propuesta no debe ser reduccionista. Por el contrario, debe ser global y de acuerdo con el marco político real de nuestro país.

Aunque es cierto que el sistema es abierto y la investigación libre, sí es necesario establecer áreas de desarrollo y fortalecimiento de círculos de formación. Es cierto que la escasez de recursos para la investigación ha frenado la formación de investigadores. Es necesario no perder el objetivo que el Plan de Ciencias Básicas es integral y propende al desarrollo del país. El documento de Gabriel Poveda es un ejemplo interesante de algunos de los problemas que puedan ser importantes de atacar.

La prioridad de investigación en ciencias básicas debe ser inicialmente el fortalecimiento de grupos de investigación que generen el recurso humano para la investigación del futuro.

Definir áreas prioritarias de desarrollo es algo difícil que debe hacerse por sectores de las ciencias básicas. Mi propuesta en este aspecto es citar a las comunidades establecidas en forma de sociedades y academias, para que de manera conjunta y *rápidamente* resuman todo lo que se ha diagnosticado en esa área específica. El producto de este trabajo debe ser un Plan Nacional de Ciencias Biológicas por áreas.

Considero que tal vez el punto menos atacado en los documentos que Colciencias envió para estudio, es el concerniente con la financiación de la investigación. Sólo uno de ellos a mi manera de ver lo analiza. En relación con este punto es necesario considerar que un Plan de Desarrollo contempla un futuro a mediano y largo plazo. Pienso que el mediano plazo es preocupante ya que depende casi exclusivamente del crédito BID y de la poca capacidad de captar que tenemos los grupos de investigación en Colombia. Es necesario modelar estrategias de financiación estatal permanente de tal manera que ellos no se hagan con base en préstamos sino que sean planes reales de desarrollo nacional incluidos dentro del presupuesto anual del país. El monto debe ser real y no de manejo *político* y debe estar sustentado con programas de alta inversión que sean multiestratégicos. También se debe estimar una constante sobre el PIB para ser dedicada a la investigación en ciencias básicas.

De las políticas a largo plazo, estimo conveniente que deben formar parte de un plan a 10 años en el desarrollo de áreas prioritarias que permitan la ejecución de un programa continuo de investigación.

Otro aspecto fundamental en lo financiero es la creación de un papel negociable de inversión en ciencias básicas. Este papel podrá captar fondos de inversión, comprometer desarrollos futuros en ciencias básicas para su aplicación a la industria.

Es necesario crear una revista colombiana de ciencias que permita mostrar el desarrollo investigativo en el ámbito internacional. Considero que el grado de desarrollo de un país se mide no sólo por los logros sino también en gran parte por la difusión de éstos a nivel internacional.

La modernización del aparato educativo estatal a nivel superior es fundamental. Sólo quiero delinear algunas ideas que lógicamente no son originales ni nada nuevas a este respecto.

Modernización del concepto de enseñar. No podemos seguir formando *derivados de libros*. Las facultades de ciencias que tienen currículos obsoletos deben ser revisadas.

Responsabilidad del Estado en la educación superior: de acuerdo con lo expuesto anteriormente, para cambiar el concepto de *enseñar* y crear una nueva universidad es necesario que el Estado promueva realmente y no de una manera demagógica el cambio. Esto cuesta muchos millones de pesos.

Otros aspectos de la responsabilidad del Estado es que ha sometido a la educación superior a su proceso de mestizaje ideológico. No somos una escuela de pensamiento que se reconozca como original y lo peor del caso es que no veo un futuro en ello. El Estado no debe ser paternalista pero sí debe aportar en investigación en ciencias básicas y lo debe hacer con visión de futuro. Pienso que la visión inmediatista hay que superarla definitivamente.

Crear y mantener cuesta mucho dinero. Por eso el Estado debe cargar con un alto porcentaje de este costo puesto que es una inversión de futuro.

Comentarios de Mauricio García Castañeda

El material que tuve oportunidad de estudiar es diverso y variado. Desde posiciones realmente pesimistas, hasta un compendio de propuestas de investigación presentado en cápsulas y que presumiblemente conforman un conjunto de problemas locales.

En primer lugar existe una recopilación de reflexiones individuales de más de 20 años también un esfuerzo de revisión de la mayoría de documentos (un gran número, por cierto), que se han elaborado recientemente gracias a la gran agitación intelectual que ha existido alrededor de la ciencia y la tecnología.

En segundo lugar hay afirmaciones descarnadas acerca de la incidencia de la ciencia del país en la vida nacional, o consideraciones emanadas desde la perspectiva de un modelo de administración de la investigación.

Una situación tal no puede resultar extraña. Existirán tantos puntos de vista como ensayistas invitados, puesto que los intereses son diferentes así sea común el afán por el desarrollo en la investigación en ciencias básicas en nuestro país.

A pesar de la diversidad de matices presentes en los ensayos existen, afortunadamente, aspectos comunes que entraremos a analizar:

Dentro del conjunto de opiniones compartidas a lo largo de los diferentes ensayos, se encuentran dos que es preciso resaltar así resulten evidentes.

La primera es la innegable importancia que *per se* tiene el conjunto de actividades que se pueden enmarcar dentro de los procedimientos empleados en la realización de investigación *significativa* en ciencias básicas.

La segunda, sitúa a la universidad como el espacio donde en primera instancia se producen de manera casi espontánea, una variedad de acciones y actitudes para aprehender y construir nuevo conocimiento. Es decir *hacer ciencia*, sobre todo si de ciencias básicas se trata.

Otro de los puntos coincidentes en los ensayos presentados, resulta ser la preocupante *falta de una cultura científica en el país*. El hecho se pone de manifiesto cuando se trata de poner en claro qué tan importante resulta ser en Colombia la ciencia en general, y las ciencias básicas en particular. Incluso cuando se indaga no al grueso público, sino a personas en capacidad de influir

en decisiones tanto políticas como de inversión y financiación en actividades relacionadas con la investigación.

Dentro del material estudiado se encuentran varios temas comunes y estrechamente relacionados entre sí: el número definitivamente insuficiente de investigadores nacionales, la necesidad perentoria de consolidar la comunidad científica nacional y el asunto de los doctores. Todo parece indicar que existe un acuerdo tácito y discutible, al menos por ahora uno de los mecanismos para conseguir la continuidad (¿y la calidad?) de la investigación en ciencias básicas en el país, es por medio del establecimiento de estudios a nivel de doctorado. Sobre este punto la frágil comunidad científica nacional ha debatido sin haber apropiado los suficientes elementos de juicio. En otros casos, jóvenes investigadores recientemente formados, la mayoría de las veces en el exterior, recomiendan con vehemencia la instauración de estos grados *académicos*, con base en sus experiencias.

También han existido opiniones que piden que se obre con cautela. No se trata de esperar hasta cuando *todas* las condiciones estén para que los doctorados *funcionen*. Nunca se podrá satisfacer de manera óptima y simultánea (ni con abundancia de recursos, ni en cualquier parte del mundo), la totalidad de condiciones requeridas para la marcha de este programa académico.

Una vez decididos por los programas de doctorado, éstos *deberán ser* de nivel internacional y laborar *ininterrumpidamente* con todo el significado que lo anterior encierra.

Resulta importante resaltar que así se instauren los doctorados en el país, éstos no podrán, en el mediano plazo, formar un número significativo de investigadores, al menos comparado con la cantidad de científicos que se necesitan para la consolidación de la comunidad científica nacional.

Otro punto sobre el cual no hay consenso tiene que ver con la repatriación de científicos nacionales. ¿Es posible instalar de manera inmediata unas condiciones siquiera parecidas a las que estas personas encuentran en sus actividades cotidianas? ¿O no se han realizado esfuerzos anteriores en este sentido? Y, ¿con qué resultados?

En ciertas áreas de investigación es preferible contar con enlaces eficientes y dedicados, cuyas labores podrían ser llevadas a cabo por colegas colombianos trabajando en el exterior y dispuestos a colaborar en tales tareas.

Existe un aspecto que a mi juicio tendrá que dársele una especial atención, y es el referente a la *evaluación* de la actividad científica. En efecto, uno de los condicionantes para que los proyectos científicos en curso y los venideros sean depositarios del respaldo político y financiero de un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, será sin lugar a dudas, el desarrollo de una evaluación objetiva y científica.

En el caso de las ciencias básicas la evaluación deberá basarse sobre dos aspectos fundamentales (aun cuando no son igual peso específico) a saber, *pertinencia y calidad*.

El punto ya fue tocado en uno de los ensayos presentados, y se caracterizó por la imposibilidad de conocer con un grado de certeza razonable el estado real de las ciencias básicas en el país, a pesar del listado de temas de investigación y de los diversos esfuerzos y mecanismos para tipificar la producción científica nacional.

Es necesario poseer la capacidad intelectual suficiente para reconocer los aportes *significativos* de la producción científica, en contraposición a las prácticas de rutina realizadas con instrumentos usualmente complejos pero que con el tiempo serán totalmente autorizados. Lo anterior no significa que el trabajo de preparación y caracterización se tenga que abandonar.

Por otra parte el problema *cultural* de la ciencia y la tecnología no es únicamente un asunto de pregrados y postgrados. Cuando la ciencia sea significativa para la sociedad, ella misma hará las exigencias del caso para que la investigación científica siga desarrollándose.

Suponer que inyecciones esporádicas en el fomento de la ciencia resolverán los problemas en este frente, es tan iluso como suponer que de esta manera se crea tradición y productividad de calidad en la ciencia nacional.

Es claro de todas formas, que la creación de un ambiente propicio para que la ciencia y la tecnología se inserte en la cultura de nuestra sociedad, tendrá que involucrar una gran cantidad de frentes: primero en la educación formal en todos sus niveles, en la información y difusión, en el reconocimiento de problemas susceptibles de ser tratados científicamente, en asesorías a industrias (como se dice, el *acercamiento al sector productivo*) y en la consultoría, en el caso de cambios drásticos de tecnologías de producción.

Un desarrollo armónico en lo económico y en lo social deberá incuestionablemente involucrar el consecuente crecimiento de las labores relacionadas con la investigación, en particular en ciencias básicas.

Quisiera resaltar algunas *acciones mínimas* más o menos puntuales que considero debe poseer un Programa Nacional de Desarrollo en Ciencias Básicas.

- *Reforzar*, con base en una evaluación objetiva, las líneas y los grupos de investigación que han adquirido estabilidad suficiente.
- *Reponer* equipo *rutinario* empleado en la investigación científica, así como proveer el adecuado mantenimiento de las *grandes máquinas* usadas en los laboratorios.
- *Renovar* de manera gradual los cuadros de investigadores en el país gracias a un esfuerzo a los postgrados, un programa de becas y la vinculación de elementos jóvenes a los grupos de investigación.
- *Propiciar* la trascendencia del trabajo desarrollado por las *sociedades científicas* del país.
- *Facilitar* el trabajo científico en las universidades con menor desarrollo relativo.
- *Garantizar* la existencia a tiempo de la información científica.

Comentarios de Jairo Giraldo

Dos aspectos diferentes debe tener en cuenta Colciencias a la hora de invertir en el desarrollo de la capacidad investigativa:

1. La formación de investigadores.
2. Establecer prioridades.

El segundo responde, a mi modo de ver, a las necesidades concretas de nuestro desarrollo económico y social. El primero es, hasta cierto punto, independiente del segundo.

Me parece que en cada institución se debe desarrollar aún más lo que ya se ha aprendido a hacer bien. Y cada una de esas cosas, una vez fortalecida, podrá integrarse a un plan de desarrollo bien estructurado en el futuro, ojalá inmediato.

Se nos dice que para formar gente de primerísimo nivel tenemos que enviar a nuestros estudiantes y a nuestros profesores universitarios a los centros de los países desarrollados o a los laboratorios más famosos del mundo. Esa es una verdad relativa. Si algún valor universal tiene el conocimiento científico es precisamente su universalidad. Ocurre que no siempre un descubrimiento del que está pendiente, por decirlo así, toda la humanidad, es el que más nos interesa. Y los problemas para resolver son afortunadamente tantos que podemos darnos el lujo de trabajar originalmente en todos los sitios del planeta. No siempre las personas más cotizadas son las que mejor nos pueden ayudar a resolver un determinado problema. Y suele ocurrir que la infraestructura del laboratorio mejor equipado del mundo no puedan utilizarla nuestros connacionales simplemente porque no se les presta la debida atención o por muchas otras razones. Yo encuentro que en algunos países latinoamericanos existen laboratorios con una infraestructura adecuada para poder pensar en aprovecharla en nuestro propio beneficio. Y ofrecen la ventaja adicional de que, en general, trabajan en problemas más parecidos a los que de verdad nos interesan o deberían interesarnos. Si esas mismas condiciones se dan (probablemente ocurra de manera más esporádica, pero seguramente que lo es) en algunos laboratorios famosos, ¿qué mejor que aprovecharlas para nuestro desarrollo?

Comentarios de Javier Marrugo C.

Por muchos años la investigación en Colombia se ha realizado en algunos centros universitarios como una labor al margen de la docencia, sin dársele por parte de las autoridades universitarias la importancia que realmente merece. En nuestro país la amaurosis estatal hacia la ciencia ha sido una tradición, lo que no exonera de responsabilidad a la comunidad científica, la cual en muchas oportunidades, se ha movido ajena a los intereses de la sociedad.

En los últimos años Colciencias ha sufrido un proceso de restructuración que le permitirá desempeñar un papel importante en el diseño de las políticas de ciencia y tecnología de nuestro país. Sin embargo, este proceso debe ir acompañado de una restructuración de las universidades a las que les tocará casi que por obligación y compromiso con la sociedad tomar el papel protagónico que han perdido por falta de voluntad, visión futurista y en algunos casos por ignorancia de quienes las conducen.

En relación con el recurso humano todos los documentos coinciden; por tanto, trataré de resumir algunos puntos de interés, con algunos comentarios y sugerencias personales sobre estos aspectos de vital importancia en el desarrollo de la ciencia.

El número de personas con formación de doctorado y/o magíster es alarmantemente bajo. Por tanto, el incremento debería ser una de las preocupaciones del Estado a corto y mediano plazo.

Por otra parte, un gran porcentaje de las personas con alguna formación científica se dedican a la docencia únicamente o a otra actividad. La recuperación de estos individuos con propuestas concretas y atractivas también podría ayudar en el incremento del recurso humano capacitado.

La mala remuneración por parte de la universidad, la falta de incentivos hace que los científicos sean vistos como quijotes y como mártires, lo cual no les permite ocupar el sitio que merecen en la sociedad.

El congelamiento de las plantas de personal por parte de las universidades e instituciones de investigación ha hecho que la comunidad científica se envejezca, sin lograr una tradición científica ni la formación de recurso humano nuevo. Es fundamental que el descongelamiento de las nóminas, la asignación de becas para estudiantes de ciencias y la asignación de rubros específicos para financiar a investigadores jóvenes produzcan un cambio en las políticas universitarias, fundamental para lograr la motivación de las personas que van a estudiar y hacer ciencia.

La falta de relaciones internacionales, alimentada en algunas ocasiones por un falso nacionalismo, hacen de nuestra ciencia algo doméstico. Es evidente que si no la sometemos a la crítica internacional jamás alcanzará el nivel, ni el reconocimiento universal. La financiación de congresos, de pasantías cortas y de estudios de postgrado en el exterior serían de trascendental importancia para el logro del reconocimiento internacional de nuestra comunidad científica.

Sin duda alguna, un aspecto en el cual coinciden los ponentes de los documentos suministrados por Colciencias, es que la universidad como institución debe desempeñar un papel protagónico en el proceso de desarrollo científico y tecnológico de nuestro país. Por tanto, el fortalecimiento de ésta, su restructuración y su adecuación a las necesidades actuales son pasos urgentes si se quiere poner la ciencia al servicio de nuestra sociedad.

En consecuencia, si la universidad colombiana quiere volver al sitio que le corresponde debe haber un consenso de criterios de la siguiente manera:

- Reestructuración administrativa, con el objeto de hacerla más ágil, lo que a su vez permitiría competir en la presentación de servicios a la comunidad y al sector productivo.
- Capacitar al recurso humano con un alto nivel científico y tecnológico, para entrar en la comunidad científica internacional con aportes originales.
- El diseño de una política clara y coherente en investigación que responda a planteamientos nacionales, con los que deben estar familiarizados la directiva de la universidad, para que la investigación sea el eje alrededor del cual gire la docencia en la universidad.
- Reestructurar los estudios tanto de pregrado como de postgrado. Adecuarlos a las condiciones actuales con el fin de que los egresados entren fácilmente en el sector productivo sin ningún traumatismo. Al darle la importancia real a las ciencias básicas en cada uno de los programas se incrementaría la cultura científica y crítica del egresado.

Como culminación de todo este proceso de reestructuración aparecería la necesidad de crear estudios de doctorados en nuestras universidades en los cuales la investigación sería la actividad central. En este ambiente se formarían las próximas generaciones de científicos colombianos con lo que seguramente se lograría el desarrollo científico-tecnológico anhelado y necesitado por nuestra sociedad.

Papel del Estado en el desarrollo de las ciencias básicas

Siendo el Estado el que diseña las políticas para seguir, es su obligación asegurar los recursos financieros y por medio de sus entidades (Colciencias, Icfes, universidad, etcétera) garantizar la adecuada distribución de éstos en todos aquellos proyectos de investigación que previamente evaluados demuestren calidad.

En mi opinión, el Estado debería apoyar a aquellos grupos de investigación que estén conformados, con el objeto de que alrededor de éstos se cree un ambiente científico sólido, en el cual se puedan formar nuevas generaciones de científicos a fin de garantizar una tradición sólida y coherente.

En otro aspecto que podría contribuir el Estado, sería en el apoyo a aquellas empresas que dediquen recursos para la investigación. En este campo el Estado podría diseñar algunas ventajas tributarias a esas empresas con el fin de estimular este tipo de actividades.

El papel del sector productivo

En este nivel el sector productivo no es más que un reflejo del estado de todo lo anterior. Trataré de resumir algunos puntos de los documentos haciendo comentarios personales y algunas sugerencias.

En vista de nuestro atraso científico-tecnológico el sector productivo colombiano se ha visto en la necesidad de importar toda su tecnología, con el agravante de que se crea una dependencia de los países industrializados. En este aspecto existen varios responsables:

- El Estado mismo por su incapacidad para diseñar políticas claras que permitan un desarrollo adecuado de la ciencia y su interacción con el sector productivo.
- La universidad, por haber vivido muchos años de espalda a los cambios que se estaban gestando en la industria, quedando así relegada a un segundo plano como ente generador de tecnologías.
- Los científicos, quienes, como reseñé en párrafos anteriores, en muchas ocasiones han adoptado posiciones cómodas, sin intervenir directamente en el diseño de políticas que permitieran un desarrollo adecuado al momento que se estaba viviendo.
- La industria por transferencia de tecnologías desde los países industrializados, que ha sido la tradición en países como el nuestro. Con lo anterior se han dejado a un lado las ciencias básicas sin tener en cuenta que un proceso adecuado de transferencia misma con el fin de eliminar la dependencia de los países industrializados.

Comentarios de Roberto Martínez

A continuación se presentan algunas sugerencias que ayudarán a desarrollar las ciencias básicas.

Si se quiere crear la tradición e infraestructura de investigación en el país, el gobierno debe asumir los costos y riesgos que esto puede acarrear.

Como es el gobierno el que debe asumir los riesgos, la tarea de Colciencias es poder hallar los criterios adecuados para determinar quiénes son los investigadores que van a sentar las bases de dicho trabajo.

Como de toda inversión que espera un *producto*, es necesario tener muy claro cuáles científicos están en capacidad de llevar a cabo sus propuestas y cuál sería el riesgo cuando se responsabiliza a alguien de esas tareas.

Por estas razones es necesario saber de antemano, con un estudio previo del currículo, si a un investigador se le puede encomendar la tarea de ejecución de proyectos de investigación que van en su beneficio y en el de nuestra sociedad con miras a crear una cultura científica necesaria para el desarrollo del país.

Si después de una evaluación no se tiene el recurso humano apropiado para llevar a cabo estas tareas, con la seguridad que lo exige la inversión, sería conveniente buscar investigadores extranjeros que cumplan los objetivos esperados; obviamente que el salario del investigador sería 10 veces mayor a cambio de la creación de verdaderos grupos de investigación capaces de llegar a los cánones internacionales.

Es el caso de países como México, Cinvestav, que iniciaron el programa de doctorado con investigadores extranjeros los cuales fueron suplantados por los científicos mexicanos después de que éstos adquirieron la formación adecuada para desempeñarse en el ejercicio de la investigación en forma autónoma.

Como la intención es hacer una inversión costosa para la creación de estos grupos, es necesario tener las condiciones mínimas que permitan que los nuevos grupos puedan continuar investigando.

Por ello sería necesario hacer énfasis en el impulso de bibliotecas con un número mínimo de revistas que permitan llevar a cabo las actividades de investigación.

Comentarios de Paulina Muñoz de Hoyos

Considero de vital importancia conseguir la participación y el compromiso del gobierno (Estado), de las vicerrectorías o consejeros de investigación de las universidades, de la empresa privada, de las asociaciones y de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales para que el plan de acción sea posible y de éxito.

El plan debe ser flexible para que se convierta en un sistema ágil y eficiente que permita la ejecución de los proyectos de investigación en ciencias básicas. Una vez elaborado y aprobado debe vigilarse constantemente y evaluarse en forma periódica.

Me referiré brevemente a algunos de los aspectos que debe contener el plan:

- *Los proyectos de investigación en ciencias básicas provenientes de los investigadores* deben ser manejados por Colciencias. La financiación de los programas con varios proyectos, debe estar garantizada.
- *Los magísteres y doctorados* deben estar alimentados por los docentes investigadores de las universidades, por los proyectos o líneas de investigación y por aportes de diferentes instituciones.
- *Las redes nacionales e internacionales* deben crearse con el fin de presentar proyectos de investigación en conjunto, lógicamente con el nombramiento de un responsable en cada región y coordinado, asesorado y dirigido por el investigador de mayor experiencia a su vez.

Con su creación se busca el fortalecimiento de la comunicación entre los grupos, el intercambio de literatura, la realización de pasantías nacionales para beneficio de la investigación, asistir a los cursos internacionales con el compromiso de repetir ese curso con los integrantes de la red nacional. Por último, es urgente la invitación de expertos internacionales para que los grupos que conforman la red los aprovechen. También es necesario llevar a cabo por lo menos una reunión de trabajo por año.

- *Los mecanismos de información* se deberían crear el Centro Nacional de Información de Ciencias Básicas bajo la responsabilidad de Colciencias, los consejeros de investigación o vicerrectoría de cada universidad, las divisiones encargadas de coordinar la investigación en las instituciones oficiales y/o privadas y los investigadores principales.

Colciencias podría elaborar un boletín informativo para enviar a cada grupo o línea de investigación cuyo contenido sería: actividades para desarrollar en los grupos y/o que sean de interés para los grupos, cursos, pasantías, reuniones de trabajo, tesis en ejecución, visitas de investigadores extranjeros, índice de las revistas publicadas, resultados de congresos (reuniones o similares), breves reseñas de los cursos internacionales (puntos últimos que pueden ser extraídos de los informes técnicos que los investigadores presentan a Colciencias cuando ésta financia el viaje).

- *Apoyar la creación de verdaderas escuelas.* Otro punto es la interrupción, la falta de continuidad de los grupos de trabajo que se tienen con gente formada dentro de la línea de investigación. Al iniciar el grupo con estudiantes de pregrado ~~todo marcha muy bien~~. Se piensa que se está haciendo escuela y se hace todo lo posible para que los nuevos profesionales continúen en el postgrado. Lamentablemente esto no ocurre siempre.

Además, existe el problema económico por parte del estudiante y éste debe buscar empleo; por otra, no se ofrecen magísteres en áreas que les interesa. Cuando se logra convencer al estudiante de que ingrese en el magíster, no se dedica de tiempo completo por trabajar medio tiempo; por tanto, la eficiencia en la investigación no es buena. Para solucionar este problema debe crearse un fondo de becas para magíster y doctorado, el cual indirectamente apoya a los programas de investigación ligados a los programas de postgrado porque les permite la continuidad en la investigación.

- *Planes institucionales.* Estos deben ser responsabilidad de las universidades, de los consejos o vicerrectorías de investigación de la universidad, de los investigadores principales y del Estado.
 - Los relacionados con el proyecto o programa de investigación en sí: ¿están dentro de las prioridades? (sin llegar a los extremos porque caemos en lo que comenta el doctor M. Wasserman "tendremos más prioridades que investigadores" ¿se justifica su realización? ¿es factible?).
 - La institución debe cumplir los compromisos relacionados bajo el nombre de *contrapartida* que lleva cada proyecto.
 - Se debe dar un tratamiento especial en el trámite a aquellos proyectos que solicitan refinanciación o continuación para una segunda fase.
 - Es necesaria la evaluación de los proyectos en forma ágil y la de su producción en forma completa.
 - Se deben impulsar financieramente los cursos de extensión; los cursos especiales, para el pregrado, en líneas de profundización, el transporte terrestre en salidas de campo de tipo docente e investigativo.

- Se debe buscar el mecanismo ágil para la creación de un fondo que destine sus recursos en el pago a los estudiantes de postgrado nombrados como asistentes de investigación y asistentes de enseñanza.
- Buscar el financiamiento, en forma rápida, de los proyectos de investigación que no soliciten más de \$3 000 000.
- Facilitar el manejo y la ejecución de los dineros recibidos para la investigación (en el caso de que este punto no se pueda cumplir, los dineros deben ser consignados de inmediato, en fundaciones o fondos especiales que garanticen la ejecución). ¿Podría Colciencias manejar el dinero de los proyectos de investigación?
- Creación, manutención y fortalecimiento de mecanismos administrativos para la compra de equipos y reactivos importados y buscar que ingresen en el país sin pago de impuestos.
- Agilizar el apoyo necesario para la consecución de reactivos, oficialmente prohibidos.
- Realización de una relación completa de los equipos que posee y de cada línea de investigación, y buscar la forma de conseguir los equipos faltantes a través de proyectos de investigación sencillos o a través de traslados internos o donaciones de ciertas entidades donde existe el equipo.
- *Comunicación entre las entidades de Latinoamérica* que hacen las veces de Colciencias en Colombia (Conicet, etcétera) para financiar, en conjunto, reuniones y/o congresos latinoamericanos en ciertas áreas para estrechar las relaciones de los investigadores de Latinoamérica, con el fin de planear y realizar proyectos de investigación por *Cooperación técnica internacional*.
- Compromiso (obligación) del Estado (gobierno) en relación con pregrado y postgrado.
- *Aumentar el presupuesto de inversión* con el fin de comprar, mantener y reponer equipo para el pregrado, hacer el mantenimiento de los equipos del postgrado; comprar, mantener y actualizar las suscripciones de revistas; comprar libros para las bibliotecas y descongelar las nóminas.

Comentarios de Gerardo I. Naundorf

Quiero mencionar algunos puntos comunes en los documentos enviados, los cuales comparto y que necesariamente deben resaltarse con miras a ser usados ya sea como justificación o incluso como principios filosóficos para un plan nacional. Adicionalmente, mencionaré nuestra experiencia institucional, personal y agregaré algunos aspectos y sugerencias relevantes.

- Detrás de toda aplicación tecnológica de un saber científico está la creación o construcción de un conocimiento básico. Por tanto, es fundamental la investigación en ciencias básicas, independiente de su aplicación o si tiene una utilidad inmediata.

- Es indudable e incuestionable el papel de la ciencia y la tecnología en el mejoramiento de la calidad de vida. Sin embargo, a pesar del conocimiento de este axioma, éstas no han sido incorporadas al desarrollo del país y por el contrario ha habido una notable dependencia de otras culturas.
- No se debe limitar la actividad investigativa del país a la transferencia y adecuación tecnológica para favorecer el desarrollo económico nacional o en últimas a un pequeño sector del país.

Es necesario inventariar detalladamente la capacidad investigativa del país y no dejar la definición de líneas a grupos o investigadores que podrían sesgar o limitar los campos de estudio.

- El Estado debe desempeñar un papel protagónico en el desarrollo de las actividades de ciencia y tecnología. Por tanto, los sistemas de planeación, administración y financiación estatal deben estar en concordancia con las características y el desarrollo de los programas del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.
- La comunidad científica colombiana es aún incipiente y dispersa en numerosos pequeños grupos diseminados en universidades e institutos por todo el país. Tal vez uno de los aspectos más importantes y de inmediato desarrollo dentro del sistema propuesto es la consolidación de los grupos que adelantan las actividades de ciencia y tecnología.
- La carencia de una verdadera comunidad científica en nuestro país se debe principalmente (sin ser la única razón) a la falta de estímulos para los investigadores.

Estimo pertinente la realización de un registro nacional de investigadores que permita ofrecer ciertas prebendas y garantías a quienes nos hemos dedicado a las actividades investigativas. Con este registro se podrá consolidar una comunidad científica.

Sin embargo, quiero hacer aquí un llamado en el sentido de que no podemos caer en la creación de una *casta especial* dentro de la sociedad colombiana, pues algunos de los *vicios sociales* colombianos podrían determinar la obsolescencia o decadencia de este sistema.

- En relación con el punto anterior, es pertinente la revisión y, en lo posible, la unificación de criterios para el desarrollo e implementación de un escalafón docente universitario nacional, que evite el estancamiento o proliferación de obstáculos para la actividad docente y se elimine el paternalismo que se ha dado tradicionalmente en algunas universidades. Como punto clave en el escalafón se tendrán en cuenta las actividades de investigación como aspecto primordial para la vinculación y promoción de los docentes universitarios.
- Es fundamental, necesario e inherente a la actividad investigativa la difusión, contratación, examinación, revalidación y crítica a los conocimientos producidos. Será fundamental desarrollar sistemas que permitan a los científicos colombianos poner en evidencia los conocimientos producidos.

- Se menciona como una de las necesidades más apremiantes la modificación del sistema educativo nacional en todos sus niveles, de tal manera que la formación del individuo se haga en la investigación y para ésta. Es fundamental la reorientación y readecuación del sistema universitario nacional, el cual ha contribuido en gran escala al *empobrecimiento intelectual* colombiano.

Al igual que otros autores, considero que no existe la suficiente masa crítica de investigadores en el país. Por tanto, el sistema de ciencia y tecnología deberá desarrollar programas de formación de investigadores, en los cuales lógicamente se incluyen las maestrías y los doctorados. En una fase inicial debe favorecerse cualquier desarrollo, con el fin de evitar la concentración de estos programas en las universidades que han liderado estas actividades en el país y que no garantizan necesariamente la formación de los investigadores requeridos en las diferentes regiones.

También es importante resaltar que un sistema nacional de actividades científicas requiere, además de los investigadores, los administradores de la investigación. Es urgente desarrollar este componente del sistema.

Colciencias debe actuar como un eje convergente que propicie la integración, concertación y cambio de mentalidad que se requiere en todas las esferas del país, de tal manera que las actividades científicas del país, sean el respaldo del desarrollo socioeconómico.

Comentarios de Juan Pablo Negret

Me limitaré a comentar dos puntos: la función de las ciencias básicas y el contexto de la cooperación internacional.

Una de las características que distinguen por inteligencia o desarrollo a los individuos o a los pueblos es su capacidad de poseer una visión penetrante, una proyección a largo plazo en el futuro. La misión que tiene enfrente Colciencias es la de sentar las bases para ayudar a Colombia a garantizar ese futuro.

Ya lo he dicho en alguna ocasión: la auténtica función social de los científicos es hacer ciencia de excelencia y lo crucial ahora es lograr desarrollar un espíritu científico, lograr insertar la ciencia dentro de la cultura nacional. Visto desde este punto de vista, lo primordial no son los temas específicos de investigación en ciencias básicas, siempre y cuando sean de ciencia excelente, sino el proceso, o sea la formación de grupos, de escuelas de infraestructuras.

Lo más crucial de este proceso es entrar de lleno a practicar las corrientes de la ciencia universal, sin prejuicios, sin excluir nada. Lógicamente necesitamos tener prioridades e invertir nuestros limitados recursos de forma inteligente. Pero mucho cuidado: lo crucial es hacerlo con inteligencia y teniendo siempre de primera la calidad científica del proyecto. Simplemente resulta

siempre mucho mejor negocio apoyar un proyecto con excelencia que varios proyectos de menor categoría.

Lo más eficiente es trabajar en íntima colaboración con la comunidad internacional para así garantizar el nivel del trabajo y poder absorber rápidamente su experiencia. Lo ideal es apoyar grupos nacionales que se inserten de lleno, sin complejos ni timideces en esta comunidad internacional.

Comentarios de Angela Restrepo M.

El estudio de los diversos documentos presentados por Colciencias, así como la propia experiencia del grupo, permiten concretar los siguientes puntos.

Aunque en el pasado la investigación no había recibido la atención que se merecía como motor de cambio, el futuro es mucho más promisorio. En efecto, el gobierno, por intermedio de Colciencias, se ha comprometido a fortalecer la investigación en las universidades y centros especializados. Por ello, están dadas las condiciones para poner en marcha la gran tarea de fomentar la investigación en Colombia.

Es necesario diferenciar el tipo de institución, a saber:

- Universidades tanto públicas como privadas.
- Centros especializados de investigación, con ánimo de lucro o sin él.

Puesto que no son muchas las instituciones que hagan este tipo de investigación, es evidente que deben fortalecerse. Por ello sería importante llevar a cabo los siguientes programas:

- a. Capacitar personal joven, tanto en el país como en el exterior.
- b. Hacer disponibles fondos suficientes para mantener las líneas de investigación que caracterizan a cada institución.
- c. Facilitar la consecución de equipos, materiales y reactivos.
- d. Ayudar a implantar redes de comunicación a nivel nacional e internacional, tanto para consulta bibliográfica como para entrar en contacto con otras instituciones y con otros investigadores.
- e. Fomentar los nexos entre las universidades y los centros de investigación existentes en el país.
- f. Insistir con Planeación Nacional en la necesidad del apoyo estable y prolongado de las líneas de investigación que se siguen en universidades y en centros especializados de investigación; esto con el objeto de garantizar la continuidad de los proyectos.
- g. Permitir al investigador la selección del tema sobre el que desea trabajar y para el cual tiene competencia. Es decir, no limitar la disponibilidad de fondos a los temas presentados como convocatorias.
- h. Debe ponerse en marcha, cuanto antes, el proyecto de Colciencias de otorgar bonificaciones a los investigadores (Ciencia y Tecnología para una Sociedad abierta, Colciencias, Cap. 6. p. 144).

Evidentemente, es prioritario introducir cambios en el sistema educativo en el país, a varios niveles: primaria, secundaria, universitaria. Para ello es necesario:

- Crear conciencia en los jóvenes educandos de la importancia de la ciencia en el desarrollo del país y, de igual manera, su importancia en la realización del individuo como persona.
- Constituir programas de orden académico a nivel de doctorado para la formación de investigadores. Se sugiere que estos programas fueran de tipo interinstitucional para aprovechar los limitados recursos humanos existentes en las diversas instituciones donde se lleva a cabo investigación en ciencias básicas.
- Propiciar para que aquellos estudiantes que se encuentran en el exterior cursando programas de doctorado, realicen sus tesis en el país, en forma parcial o total dependiendo del tema que ha de tratarse.
- Sería deseable que en forma paulatina pero con un flujo constante se renovara la planta de investigadores en los diversos centros donde se realiza investigación.
- Promover la formación de docentes para que comprendan el papel de la investigación, de manera que ellos a nivel de secundaria y de universidad, puedan transmitir a sus alumnos el respeto y el interés por la investigación. Es necesario establecer un contacto permanente con tal sector; para ello se proponen las siguientes estrategias:

- Fomentar la participación del sector productivo con el sector investigativo. Crear un comité mixto (industria-institutos de investigación) que conjuntamente se encargue de mostrar la importancia de trabajar en compañía.
- Cuando la industria tuviese problemas que fuese posible solucionar por medio de la investigación, formular convocatorias a la comunidad científica.
- Por los beneficios que traería al país, se recomienda favorecer el trabajo conjunto entre universidades-centros de investigación-industria. Esta trilogía aceleraría el desarrollo nacional que se pretende.

Es necesario evaluar la competencia del investigador. Para tal fin proponemos:

- La evaluación descansará en la calidad de las publicaciones recientes del investigador. Así mismo en la demostración que se haga de la repercusión que ha tenido la enseñanza del investigador (número de estudiantes de grado y postgrado entrenados; tesis hechas bajo su dirección, etcétera).
- La excelencia del investigador debería ser premiada con ayudas financieras que le permitieran continuar o ampliar su línea de estudio.
- Como un reconocimiento a la institución donde se desarrolla el trabajo del investigador, tal institución sede debería recibir también una ayuda particular.

El grupo de investigadores de la CIB sugiere que para promover a corto plazo la investigación en ciencias básicas en Colombia, se debería seleccionar

un cierto número de centros de investigación, cuyo trabajo haya sido de alta calidad. A estos centros, Colciencias podría ayudarlos financieramente, fortaleciéndolos, además en profesores e investigadores; de esta manera, se transformarían en semilleros de investigadores jóvenes. Estos nuevos investigadores serían los encargados de multiplicar el interés por la investigación a todos los niveles.

Comentarios de Carlos J. Rodríguez

Hoy parece haber un reconocimiento mundial al valor del conocimiento y de la inteligencia para el desarrollo económico de las naciones. La intervención del Estado en favor de la investigación científica en los países desarrollados y del sudeste asiático ha sido fundamental para el desarrollo de sus economías.

Con el desarrollo de nuevas tecnologías los países del sur tienen por primera vez una opción real de ingresar en el mundo desarrollado sin necesidad de seguir el mismo esquema de industrialización de Occidente cuyo eje fue la industria pesada. En las nuevas tecnologías el insumo más importante es la inteligencia y el conocimiento.

El desarrollo de la inteligencia es ahora una meta importante del sistema educativo de cada país. No basta que las personas tengan unos cuantos conocimientos básicos y sepan vivir en sociedad. Por el contrario, es necesario que sepan además aprender a *aprender* y a resolver problemas nuevos.

En síntesis, la inteligencia es la nueva *máquina de vapor* de la revolución del conocimiento.

Hacia la creación de escuelas científicas

Los estudios de doctorado en Colombia deben ser una consecuencia natural del esfuerzo nacional por crear escuelas científicas enraizadas en Colombia pero con estrechos contactos internacionales.

Cualquier política nacional científica, PNC, deberá reconocer núcleos y apoyarlos generosamente.

Elementos de una PNC

- a. Identificación de los núcleos avanzados.
- b. Flexibilidad de las normas universitarias que pueden considerarse como trabas para el desarrollo de la carrera de investigador. Por ejemplo, debería cambiarse la legislación universitaria para que:
 - i. No siempre el investigador tenga que hacer docencia. (Un semestre sí, otro no.)
 - ii. El investigador pueda desplazarse dentro y fuera del país con más facilidad.

- iii. Calendario docente fijo y único para todo el país.
- iv. Posibilidad de manejar los dineros de los proyectos de investigación por fuera de los controles burocráticos estatales.
- v. Asignación salarial diferente.
- vi. Becas para asistentes de investigación.
- vii. Fortalecimiento de una revista científica en cada área y de una revista de divulgación científica en cada área. (La primera revista debe contar con jueces internacionales, publicarse regularmente y tener circulación y reconocimiento internacional.)
- c. Estímulo a la creación de seminarios científicos permanentes, SCPN, con un presupuesto generoso.
- d. Estímulo a la creación de centros de investigación, CI, asociados con las universidades, pero con independencia administrativa.

La empresa educativa

El esfuerzo por mejorar la calidad y la cobertura en la educación media debe acompañarse por uno similar en la educación superior. La razón es elemental: son las universidades las únicas que pueden contribuir significativamente al primer propósito, pues ellas son las más indicadas para definir y ejecutar planes de formación y capacitación de docentes para la educación media. Seguramente, en la elaboración de textos y material docente, el medio más económico de llevar calidad a la educación media, el Estado necesita contar con la colaboración de las universidades. Debe pensarse en un plan integral que involucre no sólo a la universidad, sino también la educación media.

Las políticas de corto plazo de los gobiernos son una traba al desarrollo científico del país.

La industria

El fondo de Colciencias debe crecer a partir de los impuestos a consumidores de productos de alta tecnología que se benefician de la investigación básica. Industrias que pagan al extranjero regalías por uso de alta tecnología deberían pagar un impuesto al Fondo. También se deberían estimular con exenciones a las que financien proyectos de investigación en Colombia.

Los industriales deberían ponerse una meta en cuanto a capacitación científica de su personal y la vinculación de científicos con entrenamiento avanzado. El fortalecimiento del postgrado en las universidades podría hacerse paralelamente con el esfuerzo de los industriales quienes deberían fomentar becas-crédito para formar al más alto nivel a sus futuros trabajadores. Se crearía así un incentivo casi perfecto para que jóvenes con talento se dediquen al desarrollo científico y tecnológico: becas con un trabajo garantizado en la industria. Por otra parte los becarios podrían pagar el crédito con parte de su trabajo.

Es claro que Colombia no cuenta con un número suficiente de científicos e ingenieros con formación avanzada si comparamos nuestras cifras con los países como México, Brasil o Argentina. Sin embargo, no existe ahora una demanda clara. Teniendo en cuenta el problema de la renovación de la planta de profesores de las universidades, su ampliación correspondiente a un número mayor de bachilleres previstos en la apertura educativa, la formación de nuevos profesores de educación básica requeridos en el mismo plan, la demanda por profesores universitarios con formación avanzada puede resultar dramática. El plan de capacitación de Colciencias, Colfuturo y los nuevos planes de doctorado son nuevas estrategias imaginadas, para poder responder a este reto. La apertura económica forzará posiblemente a las industrias a abrir puestos para personal entrenado científicamente. No resulta arriesgado entonces pensar que una ampliación de la cobertura en las universidades estará respaldada por una mayor demanda de sus egresados.

El problema de las relaciones entre industria y universidad irá resolviéndose, dadas las condiciones de competencia internacional que ha definido la apertura económica, en la medida en que personal con formación avanzada desempeñe su papel en la industria. La universidad debe abrirse a estas nuevas oportunidades y promover una reforma curricular acorde con los nuevos retos. Reformas como las que se adelantan en la Universidad Nacional y la que se diseña en la Universidad del Valle deben orientarse a la formación de este nuevo profesional más abierto y con mayor capacidad para resolver problemas nuevos.

Características de esta reforma son:

1. Educación científica y humanística básica en el pregrado.
2. Carreras más cortas.
3. Materias con menos intensidades horarias.
4. Enseñar menos pero mejor.
5. Importan más los procesos que los productos.
6. Enseñar a aprender.
7. Flexibilizar el currículo adoptando la organización por ciclos, componentes y créditos.

La reforma universitaria

La razón fundamental para que la investigación científica sea el eje de la universidad del futuro es que se está abriendo una brecha entre ciencia y tecnología; cada vez más las innovaciones tecnológicas dependen de los descubrimientos científicos. Por otra parte, el tiempo entre el descubrimiento y la aplicación ha disminuido dramáticamente.

El PDCB debe incluir mecanismos que estimulen la modernización de las universidades. No sólo se requiere que mejore la capacidad administrativa, sino también la calidad de la formación de sus egresados.

La perspectiva interdisciplinaria debe tenerse en cuenta más seriamente. La importancia de una formación integral en ciencias y humanidades adquiere dentro de esta perspectiva una nueva dimensión, pues ella facilita una comunicación entre dos personas con especificaciones diferentes.

El establecimiento de relaciones internacionales entre científicos radicados en Colombia y científicos colombianos radicados en el extranjero debe estimularse.

Las carreras científicas deben promover la ubicación de sus egresados del pregrado en campos diferentes: matemáticos ingenieros, físicos ingenieros, biólogos ingenieros, biólogos, sociólogos, son ejemplos de muchos de los nuevos perfiles profesionales que puedan desempeñar un papel crucial en el próximo siglo.

Por último, algunas de las observaciones anteriores nos llevan a reconocer que la educación bilingüe desde la primaria debe ser prioridad de todo el sistema educativo.

Comentarios de Darío Rojas Avellaneda

Los documentos elaborados por los investigadores convocados por Colciencias, recogen muchas de las experiencias de las personas que hemos transitado por algún tiempo en el quehacer científico en este país y presentan muy objetivamente la situación actual del desarrollo en ciencias básicas en Colombia, premisas fundamentales para la formulación de las políticas que han de regir el desarrollo en ciencias básicas en nuestro país. Estas son:

- Se requiere establecer por parte del gobierno la definición de una política que planifique, dirija y oriente el desarrollo científico y tecnológico del país.
- Se considera indispensable la participación de la comunidad científica nacional en la formulación de las políticas y en la planificación, organización, orientación y dirección de la investigación científica y tecnológica.
- Se requiere un organismo superior del Estado, que sea capaz de coordinar, planificar y controlar la investigación que se realice en los diferentes centros o instituciones ya sean éstos de carácter público o privado.
- Se debe asegurar una financiación adecuada de la investigación por parte del Estado con una asignación de recursos suficientes provenientes del presupuesto ordinario de la Nación, sin perjuicio de poder disponer de fondos provenientes de préstamos de organismos internacionales o de fondos provenientes de fundaciones o de agencias internacionales de apoyo a la investigación.

Para el planteamiento de un Programa Nacional en Ciencias Básicas se deben considerar como objetivos centrales:

- La consolidación de la comunidad científica nacional en ciencias básicas, lo cual implica entre otras el desarrollo de las siguientes acciones:

- El apoyo a los grupos de investigación existentes en el país que hayan demostrado capacidad para realizar investigación por la producción de resultados que hayan aportado soluciones válidas a los problemas concretos planteados o porque han sido validados por su confrontación con la comunidad científica internacional.
- El apoyo y fomento a nuevos grupos de investigación para que presenten proyectos de investigación considerados de importancia para el desarrollo de las ciencias básicas, y que la calidad de sus integrantes, formación académica y experiencia investigativa sean garantía para su realización.
- El fomento de la colaboración y cooperación entre los diferentes grupos de investigación existentes o en vías de conformación para evitar el aislamiento científico y propiciar la conformación de redes de investigación en las diferentes disciplinas.
- El apoyo y fomento a la realización y participación en eventos científicos de carácter nacional e internacional con el ánimo de crear espacios para la reflexión, presentación y confrontación de resultados y abrir oportunidades para el mutuo conocimiento y de posibles colaboraciones.
- El establecimiento de políticas y métodos de evaluación suficientemente claros y transparentes que permitan juzgar la pertinencia, la calidad científica y la factibilidad de realización de los proyectos de investigación sometidos a aprobación para financiación. Con esto se debe también lograr responder a aspectos como el de la fijación de prioridades en la aprobación de financiación a las diferentes solicitudes.
- La modernización y actualización de los programas de pregrado en ciencias básicas ofrecidos por las universidades e instituciones de enseñanza superior y el cambio en los métodos de enseñanza tradicionales para lograr una formación más interdisciplinaria que permita a los futuros investigadores abordar con mayor propiedad los problemas cada vez más complejos a que estamos siendo confrontados y que al mismo tiempo faciliten en el futuro la creación de grupos interdisciplinarios.
- El fomento y apoyo a los programas de postgrado existentes en nuestras universidades, en especial a los programas de maestría y doctorado, que garanticen la formación de investigadores del mismo nivel de los formados en los centros de renombre internacional. Este apoyo debe, en el sentido más amplio, considerar aspectos como la conformación, complementación y modernización de la infraestructura física y de equipos que soportan el programa, la dotación y actualización permanente de bibliotecas y la conexión a redes internacionales de información y los relacionados con las necesidades de formación y capacitación del recurso humano necesario.
- El reconocimiento social a la calidad de investigador, dándole la remuneración apropiada de acuerdo con las exigencias, responsabilidades e importancia que debe representar el trabajo de investigación científica para la sociedad.

- La cooperación entre la comunidad científica y el sector productivo es altamente recomendable y deberá ser fomentado como política de un programa de desarrollo en ciencias básicas.

Comentarios de Enrique Winograd

Entre los puntos tratados en varios de los ensayos y que me gustaría resaltar debido a que los considero de suma importancia son:

Redes científicas

Establecer centros de investigación en las universidades que presenten un desarrollo relativamente superior a las demás. En un principio se deberán establecer unos pocos centros los cuales serán dotados con los elementos indispensables para realizar las actividades investigativas incluyendo equipos de laboratorio y material bibliográfico.

Cerebros fugados

Para el establecimiento de los centros de investigación se requiere personal calificado que en buena parte no están presentes en el país. A este respecto se podría tratar de repatriar personal calificado del exterior en condiciones que sean favorables para su retorno. Es importante que estos individuos se incorporen a centros donde haya la infraestructura necesaria para llevar a cabo sus investigaciones.

Financiamiento

Después de dotar los centros de investigación con la infraestructura necesaria, se deberán buscar fuentes estables de financiación que respondan a una política abierta y continuada. El gobierno deberá hacer un esfuerzo cada vez mayor para incluir un mayor porcentaje del producto interno bruto hasta llegar a niveles comparables a otros países en vías de desarrollo.

PONENCIAS INTERNACIONALES (resumen)

A continuación se presenta un resumen descriptivo de las intervenciones de los asesores internacionales en el Simposio.

Los asesores comparten los planteamientos formulados en los ensayos, que figuran en el capítulo 2, y destacaron los siguientes puntos:

Comentarios de Jorge Allende (Chile)

- Indudablemente la aprobación de la Ley de Ciencia y Tecnología constituye un gran avance para el desarrollo de la actividad científica en Colombia.

- Es imprescindible el impulso de una política que permita aumentar varias veces el número actual de investigadores para asegurar así el éxito en el desarrollo de la ciencia y la tecnología y en el mejoramiento de la calidad de vida de nuestros pueblos.
- Es factor esencial para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, la formación de doctorados nacionales de alta calidad, y para lograrlo se deben fortalecer y consolidar los grupos de investigación. La formación en el exterior únicamente debe realizarse en aquellas áreas prioritarias para el desarrollo del país, en las cuales no se posea capacidad propia y en coordinación con los programas de desarrollo. Se debe realizar evaluación en comités mixtos nacionales y extranjeros.
- La formación de investigadores en el extranjero debe contar con una política clara que garantice su regreso y la creación de una infraestructura que permita una alta productividad y el mantenimiento de cooperación internacional.
- Es inaplazable fortalecer la cooperación a nivel nacional y latinoamericano entre los científicos, grupos de investigación, las universidades y el sector productivo para aumentar el flujo y la utilización eficiente de los recursos y elevar el desarrollo de la ciencia en nuestra región.
- Es recomendable la organización de dos fondos para el apoyo a proyectos de investigación: el primero cuyos criterios de evaluación sean la calidad y validez científica, capacidad demostrada de los proponentes y la factibilidad de realización. El segundo destinado a apoyar proyectos prioritarios de relevancia nacional con criterios de evaluación diferentes como: interdisciplinariedad, intergrupales e interinstitucionales. Este tipo de proyecto no surge espontáneamente, es el resultado de convocatorias a los científicos que trabajan en campos relacionados con el sector productivo y a los ministerios que tengan que ver con el asunto y de conversaciones en torno a un tema particular.

Comentarios de Michel Patty (Francia)

- Es vital para el desarrollo de la ciencia tener en cuenta su dimensión epistemológica, filosófica, histórica y social.
- La formación de los científicos debe considerar como columna vertebral la búsqueda de la verdad, la estima y confianza en sí mismo y en la comunidad científica. Para el desarrollo de esta empresa es importante contar con la participación activa de los investigadores, fortalecer la cooperación internacional, realizar pasantías posdoctorales en el exterior y brindar la atención que se merece a la relación profesor-discípulo.
- La ciencia constituye una búsqueda de la verdad; fundamentalmente es un pensamiento; además es en sí misma una cultura y como tal debe integrarse a la cultura universal.

- La universidad es una empresa humana cuya función básica es la de producir conocimiento sobre las necesidades sociales más urgentes y difundirlo.
- El desarrollo económico de un país está estrechamente ligado con su desarrollo científico, nivel de organización y repartición de los bienes.

TEMAS DE REFLEXION DEL SIMPOSIO (RELATORIAS)

Criterios para la selección de temas de investigación (Comisión primera)

Presidencia: *Marco Quijano, William Ponce, Moisés Wasserman*

Relatoría: *Clemente Forero, Humberto Samper*

Planteamiento del problema

La definición de criterios para la selección de temas de investigación puede tener dos propósitos:

- a. Reflejar políticas de financiación de proyectos.
- b. Orientar la formación de grupos nuevos y convocar a su creación.

Además invitar a investigadores jóvenes a formarse en determinadas áreas, y aprovechar la movilidad temática que puedan tener los grupos de investigación para cumplir determinadas misiones de valor estratégico para el desarrollo de la comunidad científica nacional.

Cuando la propuesta de criterios tiene como objetivo definir políticas de financiación de proyectos, el problema está ligado al de definir el modelo y los procedimientos para la asignación de recursos entre alternativas.

Se puede pensar en varias alternativas de modelos de asignación de recursos para la investigación:

- a. La primera consiste en definir prioridades sobre líneas o temáticas y asignarle a cada línea una cuota de recursos *a priori*, y luego repartir dicha cuota entre los mejores proyectos dentro de la temática definida.
- b. La segunda alternativa consiste en definir un rasero básico de calidad y financiar todos los proyectos que cumplan estos estándares de calidad, independientemente de la temática que propongan. Cuando sea necesario racionar los fondos entre un grupo de propuestas cuyo valor total supere las disponibilidades, se deben reajustar los estándares de calidad. Este último procedimiento dejaría la calidad como único criterio de selección.

Este último es el procedimiento que ha operado hasta el momento en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, aunque se ha complementado con la verificación de la pertinencia del tema propuesto en relación con el programa científico (teórico o experimental) que el grupo investigador se propone seguir en el largo plazo.

Los estándares de calidad se definen en relación con distintos aspectos:

- Claridad de propósitos y coherencia de la metodología propuesta.
- Significación de los resultados esperados dentro del panorama de la frontera del conocimiento.
- La trayectoria del grupo y especialmente del investigador principal, sus enlaces internacionales, sus publicaciones anteriores, etcétera, como indicador indirecto de la calidad de los resultados que se esperan obtener.
- Capacidad de la institución para la investigación, como indicador indirecto de la garantía que se tiene de una conclusión de éxito del proyecto, a pesar de las dificultades que se puedan presentar.
- Viabilidad financiera de la propuesta (dando por entendido que no siempre se hace indispensable tener plena seguridad científica o tecnológica de llegar a resultados positivos).

La pertinencia es el otro criterio general que se utiliza en la evaluación de las propuestas de investigación o en la definición de estrategias de largo plazo por parte de un grupo de investigación. En términos generales, la pertinencia se entiende como el valor que tiene la propuesta de investigación dentro del planteamiento estratégico del grupo. Cuando se trata de definir el programa de investigación de un grupo, la pertinencia sería el valor o significación del programa propuesto para el grupo dentro de la estrategia global del conjunto de la comunidad científica.

Las consideraciones de pertinencia pueden ser cruciales cuando se trata de definir la creación de nuevos grupos, o cómo aprovechar la movilidad científica de los mismos y orientarlos hacia lo más significativo para la sociedad o para el devenir de la comunidad científica nacional.

Debe señalarse que la tendencia actual de la planeación científica y tecnológica, así como la planeación en general, gira más en torno a los ejercicios de planeación estratégica de grupos e instituciones que sobre planes nacionales rígidos dentro de los cuales se tendrían que enmarcar las actividades de todos ellos. Los planes globales integran esos programas estratégicos de los grupos y también se preocupan por convocar a la creación de determinados grupos. En este contexto está incluida la reconversión metodológica y temática de algunos de los grupos ya existentes sobre la base de negociaciones.

En estas negociaciones, los grupos adelantan ejercicios de planeación estratégica que se inician con la consideración del estado del arte y el desarrollo de una prospectiva de su área; luego ubican, en ese contexto, su propia actividad presente, escogen *nichos* para su desarrollo dentro de ese panorama mundial u optan por definir un problema específico de gran significación científica o social que se proponen resolver a mediano o largo plazo.

El Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas tiene la posibilidad de hacer convocatorias para la creación o reorientación de los grupos nacionales de investigación.

Debe exigir calidad y proyección estratégica de los grupos que atiendan a su llamado.

En el momento de proyectarse hacia el futuro, al de diagnosticar los campos en los cuales debe investigarse, el Consejo con el apoyo de la comunidad científica debe definir criterios cuya naturaleza es el objeto de la discusión de esta Comisión.

Cuestiones fundamentales que se debatieron en el grupo

¿Debe existir o no una priorización temática en la investigación? La sección anterior propone una respuesta a este interrogante.

La gestación no convocada o espontánea de grupos nuevos debe ser promovida. ¿Quién debe financiarlos? La propia institución debe apoyarlos; se debe promover la alianza entre grupos incipientes y grupos consolidados; y buscar la forma de ofrecerles apoyo cuando existan señales promisorias.

En el caso de los grupos consolidados, se apoyarán sus propuestas si cumplen criterios de calidad, y en algunos casos se les invitará a revisiones de su orientación y en especial de su programa temático.

Se discutieron con particular atención los siguientes criterios para juzgar propuestas de investigación:

- Originalidad y creatividad.
- El criterio de originalidad debe ser complementado con el de competitividad. Es decir, la originalidad debe establecerse a la luz de las posibilidades y de las ventajas que un grupo pueda tener en ciertas temáticas, cuando de competir internacionalmente se trata.
- El proceso mismo de la investigación podría en algunos casos justificar por sí solo la investigación, aunque la investigación no logre resultados positivos. ¿Qué es lo que se gana independientemente de los resultados esperados? Sin embargo, se anota la inconveniencia de plantear investigaciones cuyos resultados se consideren improductivos o improbables antes de iniciarla.
- Se deben dejar abiertas las opciones para que una investigación pueda justificarse ya sea por su aplicabilidad o por su visibilidad internacional. Una propuesta de investigación debe conducir a lo uno o a lo otro. Una investigación que no cumpla las expectativas no debe ser financiada.
- En la escogencia temática, se debe atender a la tradición pero se debe buscar la innovación. La tradición es útil sobre todo en términos de los interrogantes (generalmente teóricos) que plantea; la innovación debe buscarse en los resultados y en los procedimientos que conduzcan al conocimiento y a la respuesta a esos interrogantes.
- En algunos casos, la movilización que en una temática genere por parte de la comunidad científica también puede ser criterio de valoración de una propuesta.

Otros temas de discusión de la Comisión fueron los siguientes:

- ¿Deben premiarse o favorecerse los proyectos que se desarrollan totalmente en el país? ¿Es meritoria tal realización por la autonomía que puede otorgarles a los grupos nacionales? ¿Bajo qué condiciones es valiosa esa capacidad de desarrollar proyectos "100% realizadas en Colombia"? En materia de ciencia experimental, realizados con qué criterio deben desarrollarse estos proyectos integrales? Se propone que se tome en consideración, más que el valor *per se* de la fabricación nacional, la productividad científica misma del esfuerzo propuesto, o la proyección que pueda alcanzar el grupo por disponer de una instrumentación que no podría tener de otra manera. En aquellos casos en que la realización de un prototipo o determinada experimentación pueda hacerse con menor esfuerzo viajando al exterior y la disponibilidad del equipo no tiene un valor estratégico en la competencia científica internacional, se recomienda viajar. Pero se reconoce que en muchos casos, cuando los prototipos o instrumentos construidos servirán por mucho tiempo y no están disponibles en el mercado o los mejoran o resultan menos costosos, éstos deberán construirse. Igualmente, parece aceptable que es preferible desarrollar la capacidad nacional de construcción de instrumentos y equipos alrededor de proyectos auténticamente originales, que desarrollar tal capacidad alrededor de proyectos repetitivos. La relatoría no tiene total claridad sobre estos puntos y propone dejar abierto el debate.

Finalmente, aunque no se desarrolló mucho la discusión sobre este tópico, una de las intervenciones sugirió discutir la conveniencia o inconveniencia de exportar muestras, o información científica en general.

Conclusiones

La discusión del tema propuesto se enriquece cuando se acepta la necesidad de continuar apoyando grupos consolidados sobre la base de la calidad de las propuestas que presentan, siempre y cuando haya claridad estratégica sobre la proyección del grupo, y seguridad acerca de la pertinencia de la actividad que se apoya con respecto a esa proyección.

Cuando se piensa en convocar a la constitución de nuevos grupos o movilizar el potencial de reacción de los grupos hacia ciertas temáticas, es indispensable la definición de estrategias y criterios globales para su definición.

Estar en la frontera indudablemente conlleva ser original. En la frontera, el conocimiento es un *conjunto disperso* y, por tanto, no es difícil ser original.

Las convocatorias en que deben pensar los consejos de programa pueden ser convocatorias a proyectos que resuelven problemas específicos y convocatorias a grandes emprendimientos.

Las macroconvocatorias deben ser el resultado de un ejercicio de prospectiva y de planeación estratégica de los consejos, basado en un cuidadoso estudio.

Hay varias opciones de inserción en la ciencia internacional y todas ellas deben ser acogidas. Entre ellas pueden mencionarse las siguientes:

- La inserción en los programas de ciencia normal estándar, en asociación con grupos de otros países.
- El avance teórico a través del estudio de lo específico, para llegar al cuestionamiento de paradigmas dominantes a través de su confrontación con condiciones específicas del medio.
- La competencia y la rivalidad con los grupos de punta en temáticas de interés universal.
- La alianza estratégica con estos grupos, con miras a lograr un rápido avance del conocimiento por el intercambio de información y la especialización.

Recomendaciones

1. Hacer un inventario de las temáticas que se desarrollan en Colombia y estudiar su ubicación en los programas de investigación internacionales. Igualmente debemos saber claramente cuáles son las temáticas que no se desarrollan en el país y cuáles las que desarrollan colombianos y amigos de Colombia en el exterior.
2. Convocar a planes institucionales. Las instituciones harían su reflexión estratégica y luego el conjunto se armonizaría para aprovechar las ventajas de cada una e invitarlas a la especialización y la cooperación cuando sea pertinente, pero permitiendo que exista la competencia cuando ésta dinamice el avance del conocimiento.
3. Completar el inventario de grupos de investigación del país. Invitar a los grupos a presentar proyecciones estratégicas que den cuenta de su ubicación presente y futura y de lo que requieren para llegar a ese propósito. Estos planes deberían comprender:
 - Panorama mundial de la temática.
 - Qué se está haciendo en el grupo, el país y en el mundo.
 - Qué quiere hacer el grupo.
 - Qué se requiere para ubicar al grupo en la frontera del conocimiento.
 - Qué nichos dentro del área prometen al grupo asegurar su competitividad internacional como grupo científico.
4. Publicar listados de proyectos de investigación que han sido financiados en el pasado. Contratar en algunos casos la evaluación de sus resultados y repercusiones.
5. Publicar un instructivo para la presentación de propuestas de investigación y promover mecanismos para la asesoría en el desarrollo de estrategias de investigación a grupos nuevos.

6. Diseñar una estrategia para la asignación de fondos en situaciones de escasez de recursos: parte de este mecanismo podría ser el establecimiento de cortes temporales para asegurar la competencia entre proyectos de calidad por recursos escasos. Por último, se deben mejorar los raseros de calidad y otros esquemas de racionamiento.

Los doctorados en Colombia (Comisión segunda)

Presidencia: *Myriam Henao, Alicia de Mesa*

Relatoría: *José Luis Villaveces C.*

Planteamiento del problema

La comisión que trabajó sobre doctorados comenzó por aceptar, de manera general, la importancia estratégica que tiene la existencia y el funcionamiento de doctorados de buena calidad en los campos de las ciencias básicas para sustentar la realización de la investigación en la universidades.

También fue aceptada la necesidad de realizar el doctorado en Colombia para asegurar la formación de nuevos investigadores que, en esta etapa de sus carreras, trabajen activamente con grupos establecidos en el país antes que en el exterior.

De manera implícita estuvo presente en todas las discusiones la exigencia de que estos doctorados se acomoden a niveles internacionales de calidad.

El grueso del análisis hecho por la comisión giró alrededor de algunos grandes temas que pueden ser expresados así:

- a. Si estamos tan convencidos de que es necesario poner en marcha los doctorados, ¿qué no nos deja hacerlo?
- b. ¿Qué elementos fundamentales entran en la naturaleza de un buen doctorado?
- c. ¿Qué podemos decir sobre las condiciones de funcionamiento de un buen doctorado?

Siguiendo este orden se resumirán brevemente algunos de los temas principales tocados durante el trabajo de la comisión y, al final, se presentará una lista de las conclusiones que recogieron consenso al terminar la sesión.

¿Qué no nos deja hacer doctorados?

- a. Es imposible hacer un doctorado sin becas. El Estado debe generar programas de becas con fondos estatales, así como de estímulos para que el sector privado también financie las becas y la investigación en el país. De igual forma es importante estimular las *alianzas* entre las universidades y los centros de investigación bien dotados del sector privado.
- b. El sistema de becas debe centrarse en el apoyo de estudios en aquellas universidades que demuestren la suficiente calidad.

- c. Es importante un sistema de estímulos para despertar vocaciones doctorales.
- d. En las condiciones actuales de acceso a la bibliografía y a la información en general es muy difícil realizar doctorados.
- e. También se requiere alcanzar la eficiencia administrativa. Los dineros para los proyectos y especialmente para las becas deben llegar de manera regular a los beneficiarios. Nuestras instituciones estatales son aún demasiado pesadas en su administración.
- f. Se requiere un sistema adecuado de estímulos a los investigadores, para que tengan condiciones adecuadas de vida y trabajo. Debe constituirse el Sistema Nacional de Investigadores o promulgarse el estatuto del investigador.
- g. Es necesaria la generación de estímulos para que aquellos quienes tengan títulos doctorales se vinculen a la universidad.
- h. Se plantearon los obstáculos de carácter institucional que dificultan la puesta en marcha y el financiamiento de los programas doctorales. Se requiere una transformación de fondo en la universidad y en los mecanismos de evaluación del Icfes.

De la naturaleza del doctorado

- a. El tipo de mención que da un doctorado no debe ser restrictivo. Debe otorgarse sólo en áreas muy grandes: doctorado en Ciencias con mención en Física, en Ciencias Biológicas, etcétera. La formación debe tener la amplitud necesaria para adaptarse a los cambios en la ciencia.
- b. El doctorado no debe exigir el magíster como precedente.
- c. Sería bueno ingresar en un postgrado y sólo al final del primer año optar por un magíster o un doctorado.
- d. El problema relevante es: ¿cuántos directores potenciales de tesis tenemos? Debería haber un ramillete de cierta variedad que le permita adquirir un espacio amplio al doctorando. Una universidad que ofrezca programas doctorales debe tener al menos tres profesores capaces de dirigir tesis, como núcleo central del programa. Para tal fin, las universidades deben aprovechar el personal altamente capacitado de los centros de investigación.
- e. Todo doctorado debe incluir examinadores externos.
- f. Los doctorados deben incluir alguna forma de cooperación de intercambio con el exterior, que permita que el estudiante pase algún tiempo en el extranjero.
- g. Todo doctorado debe incluir la publicación de algunos artículos en revistas de buen nivel.
- h. La comunidad científica debe participar en la aprobación de los programas doctorales.

Formas de funcionamiento del doctorado

- a. Es importante generar mecanismos de cooperación entre las universidades que podrían ofrecer doctorados, para su preparación. En este proceso debe tenerse en cuenta el sector privado.
- b. Posteriormente debe mantenerse una fuerte cooperación entre las universidades para realizar doctorados. Así mismo deben existir mecanismos ágiles y fáciles de cooperación entre las universidades, formas de intercambio y potenciación de los recursos.
- c. Es indispensable generar mecanismos que garanticen la continuidad de la financiación de los doctorados.

Conclusiones

La comisión apoya la posición que presentó el señor rector de la Universidad del Valle durante la inauguración del Simposio, relativa a la definición y al carácter de una universidad: ésta es una entidad de enseñanza superior que debe tener una facultad de ciencias y una facultad de ciencias humanas activas en la investigación y que esté en la capacidad de ofrecer programas de postgrado académico: es decir, maestrías y doctorados.

Se recomienda promover los posdoctorados como un medio de dar visibilidad a la universidad colombiana en el exterior y preferir a quienes hayan realizado posdoctorados para las cátedras.

Se recomienda presentar al gobierno un paquete de incentivos para que la industria desarrolle actividades de investigación e invierta en programas similares en la universidad.

Se solicita a Colciencias agilizar la puesta en marcha del programa de capacitación universitaria y divulgarlo ampliamente.

AlIcfes se recomienda revisar y agilizar el procedimiento de aprobación de los doctorados especialmente para aquellas universidades con una reconocida trayectoria en la investigación científica.

Es importante retomar seriamente el programa nacional de mantenimiento de equipos.

Las universidades deben ofrecer incentivos para la vinculación de personas con títulos doctorales como docentes universitarios.

Es indispensable una buena bibliografía para realizar un doctorado. Es necesario que exista un número adecuado de revistas científicas en la biblioteca de los grupos que sustentan el doctorado. Esto no excluye la posibilidad de existencia de una hemeroteca nacional eficiente que preste servicios de consulta electrónica, de microfichas, etcétera, aunque ésta a su vez no sustituya la primera.

Es importante discutir el tema de los doctorados por disciplinas con el fin de aunar esfuerzos en los casos donde sea posible.

Grupos, redes, comunidades y su marco institucional (Comisión tercera)Presidencia: *Hans-Jurgen Meyer*Relatoría: *Luis Carlos Arboleda, Hernando del Castillo***Planteamiento del programa**

La mesa de trabajo reconoce la significación estratégica de la nueva política de Colciencias, que privilegia en su plan de acción para el Programa Nacional de Ciencias Básicas el apoyo fundamental a las actividades investigativas de los productores directos de conocimiento, y a las asociaciones naturales que ellos establecen en grupos, redes y comunidades especializadas. Para la realización de una política de estas características se requiere la participación decisiva de los propios investigadores. Sin su compromiso no es posible hacer viable ninguna iniciativa de fomento por parte de las instituciones del Programa de Ciencias Básicas y Colciencias. Teniendo claridad sobre este criterio central como punto de partida, la mesa ha considerado que el fortalecimiento de las actividades de los grupos y redes de investigación se puede ir alcanzando a través de medidas concretas en los niveles institucional, financiero, comunicación y de las sociedades académicas.

Nivel institucional

- Como tarea urgente, Colciencias debería participar representando los intereses de la comunidad científica en los procesos de reforma universitaria que empiezan a darse (especialmente el establecimiento de un proyecto de ley universitaria para llevar al congreso), con el fin de que se integren a este proyecto reestructuraciones que faciliten la constitución y el funcionamiento de los grupos en las universidades. Esto independientemente del hecho de que el ámbito de intervención de Colciencias sea el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.
- En cuanto a los modelos institucionales para la investigación en ciencias básicas, se plantea la conveniencia de evaluar las experiencias existentes en el país: CIF, CIB, Cideim, Inciva, LIQC, Cenicafe, Cenipalma, centros e institutos de las universidades o adscritos a ellas. Esta evaluación debería contemplar la inserción institucional, facilidades administrativas, gestión de proyectos, capacitación y manejos de recursos, acceso a programas de fomento del Estado, capacidad de contratación y de establecimiento de convenios, mecanismos de venta de servicios al sector productivo y al sector público, etcétera.
- En cuanto a modelos institucionales de investigación a nivel universitario se recomienda tener en cuenta el sistema próximo a adoptarse en la Universidad del Valle, que crea nuevas relaciones y espacios para la actividad de los grupos y redefine el concepto de profesor universitario permitiendo en ciertas condiciones la completa dedicación a la investigación.

- Se recomienda analizar qué medidas se deben adoptar para desmontar los obstáculos que las mentalidades y culturas burocráticas oponen a los procesos de reforma institucional en la investigación.
- Colciencias debería buscar los medios para que la universidad facilite las condiciones de generación de grupos nuevos: permitir que se localicen problemas nuevos, lo más amplio posibles y de carácter interdisciplinario. Esto no es fácil, pues los grupos ya establecidos tienden a monopolizar las oportunidades y a imponer a los grupos de desarrollo incipiente la *importancia* de sus propios problemas de investigación. Los grupos débiles o de desarrollo incipiente terminarán imponiéndose en la medida que sepan utilizar los instrumentos disponibles en el sistema y en el mundo científico para encontrar una identidad.

Incentivos financieros

- Colciencias podría comprometerse a financiar un rubro de administración (*overhead*), como mecanismo para estimular de lleno a las instituciones hacia las actividades de investigación. Esta es una experiencia histórica que tuvo mucho éxito en el despegue de la investigación universitaria en los Estados Unidos en la década del 30 después de la creación de la NSF.
- Garantizar la continuidad de la actividad investigativa de los grupos a través del trámite oportuno de las propuestas sobre las fases sucesivas de la investigación.
- Reconsiderar las exigencias a los investigadores para aprobar las solicitudes de fomento (viajes, pasantías, publicaciones, asesores, etcétera).
- Las universidades no cumplen la asignación del 2% del presupuesto de inversión en ciencia y tecnología. Si lo hicieran, con esta inversión podrían complementar los recursos de la financiación provenientes del sistema, a través de acuerdos; por ejemplo: proyectos hasta un cierto monto se financiarían en las universidades, y en adelante se propondría su financiación a Colciencias.
- Colciencias debería informar oportunamente a los investigadores y grupos sobre las oportunidades, modalidades y criterios que progresivamente elabora en cuanto a la financiación de viajes, publicaciones, asesores internacionales, etcétera, a través de propuestas de fomento y proyectos de investigación.

Estrategias de comunicación

- Creación y fomento a las publicaciones nacionales y regionales como un medio para fortalecer la visibilidad de grupos, redes y comunidades. Es necesaria la formación de comités editoriales que garanticen la calidad. Así mismo debe combinarse con una política de publicación en revistas de la corriente principal (*mainstream*). Se debería crear también una comisión

que estableciera el perfil temático de las revistas nacionales que mejor convenga a una estrategia de difusión científica a distintos niveles de especialización en el país.

- Incentivar la participación de los investigadores en congresos. A pesar de las limitaciones que tiene la participación en congresos frente a otros medios de comunicación científica (por ejemplo, las publicaciones), éstos permiten un fogueo internacional; son un medio para garantizar una prioridad de los resultados que no se obtienen publicando en revistas. Además los congresos permiten una comunicación directa y oportuna de las tendencias mundiales de la investigación en su campo, lo cual es fundamental para localizar nichos de competitividad para los grupos colombianos en formación. El contacto personal es una componente vital de la comunidad científica, aún más si se considera nuestro aislamiento.
- Crear a través de Colciencias redes de intercomunicación electrónica directa entre investigadores colombianos y extranjeros dentro de una misma área o áreas afines. Colciencias perfeccionaría su base de datos de investigadores y grupos activos y sería el nodo central aportando estos costos, y las instituciones garantizarían la infraestructura de las conexiones.
- Otros mecanismos fundamentales para la consolidación de grupos y la formación de redes y comunidades que se consideraron en la mesa de trabajo y a los cuales es necesario crear el mejor ambiente en el país, son los siguientes:
 - Propiciar la apertura de laboratorios especializados y el uso de equipo altamente costoso a investigadores y grupos del área de investigación.
 - Crear una capacidad nacional especializada de diseño y mantenimiento de instrumentos en apoyo a laboratorios integrados en redes.
 - Fomentar al menos un seminario por año para el intercambio de avances y resultados de investigación en cada red especializada, y la publicación de sus respectivas memorias.

Recomendaciones adicionales

1. Instalar inmediatamente nodos de la red Binet en las universidades de Antioquia, Valle e Industrial de Santander.
2. Tramitar los permisos gubernamentales para instalar la red Telnet en Colombia. Mediante esta red es posible conectarse a través de un microcomputador a cualquiera de los supercomputadores que hay en el mundo para hacer uso de su *software* o entrar en una base de datos.

La investigación en ciencias básicas y su asociación con los sectores de la producción y las necesidades sociales (Comisión cuarta)

Presidencia: *Sergio Fajardo, Gabriel Poveda*

Relatoría: *Martha Cecilia Daza*

Planteamiento del problema

Se consideró necesario dar a conocer ante la nación el gran potencial que presenta la comunidad de científicos colombianos, y su aporte con sus saberes y capacidades al avance del país en todas sus actividades: en el gobierno, en los servicios a la sociedad, en el dominio de la naturaleza y en el desarrollo de los sectores productivos. Para esto, los propios científicos deben tomar la iniciativa.

Estrategias generales

- Popularizar y exaltar la ciencia y hacer ver sus grandes beneficios potenciales para la sociedad.
- Inculcar en los jóvenes el interés por la ciencia desde los primeros años de educación.
- Enseñar al país lo que hacen y lo que han hecho los científicos colombianos de ayer y de hoy.
- Poner en contacto a profesores y estudiantes de ciencias con centros de desarrollo científicos y tecnológicos oficiales y particulares que promuevan las aplicaciones de la ciencia a la agricultura, los demás sectores productivos, la salud, el ambiente y otros frentes.
- Promover científicos, estudiantes adelantados en instituciones y entidades como empresas, granjas y otras de tipo productivo a través de pasantías como las que se contemplan en los contratos de investigación de Colciencias.
- Propiciar la realización de tesis en ámbitos de la ciencia aplicada, dentro de empresas de producción y de servicio, aprovechando la buena disposición que ya hay en algunas de ellas.

Instituciones universitarias

Propender a un mayor y mejor desarrollo de la legislación y las normas sobre ciencia y tecnología que se expidan en desarrollo del artículo 69 de la actual Constitución nacional. En este sentido se buscará:

- Que la ley normativa sobre la universidad plantee una definición rigurosa sobre *universidad* y que haga efectiva la triple función de docencia, investigación y extensión que ellas deben cumplir, en el marco de altas especificaciones de excelencia y sin subestimar ninguna de esas tres funciones.
- Que se expidan nuevas leyes adicionales a la Ley 29 de 1990 que completen y hagan más eficaz la legislación de fomento al desarrollo de la ciencia. Que dentro de la universidad se integren más coherentemente las labores docentes, las investigativas y las de extensión.
- Plantear una profunda reestructuración de las universidades, en programas, currículos, metodologías y administración que responda a las grandes transformaciones para modernizar el país. Para esto será necesario:

- Que en la formación de científicos y profesionales técnicos se incorpore una cuota apropiada de trabajos sobre problemas colombianos para desarrollar a fondo la creatividad de investigadores, docentes y educandos.
- Que se abran líneas permanentes y continuadas de investigación para formar verdaderas escuelas y núcleos de estudio científico de temas, retos y problemas colombianos de especial interés para la nación.
- Dar una importancia mucho mayor a la actual, a la función de la universidad como generadora de un nuevo conocimiento de alta calidad y amplia validez.
- Impulsar más a fondo la función de extensión a través de trabajo investigativo y científico sobre problemas de la naturaleza del hombre y de la sociedad en las regiones y en el país.
- Dar cuidadosa y eficaz utilización a los fondos y recursos disponibles para la formación de recursos humanos de alta calidad como los de Colfuturo, Icetex y Colciencias, la cual hará una coordinación eficiente.
- Esforzarse por vincular y mantener en el país a los mejores docentes, investigadores y científicos.
- Establecer programas de maestría y doctorado (incluyendo los doctorados *sandwich*) de alta calidad académica y fuerte orientación a la investigación original, creativa y autóctona. Que en la preparación de la ley normativa sobre universidades se dé una amplia participación a Colciencias para que ésta gire alrededor de la actividad científica en el más alto nivel.
- Que la universidad asuma la función de incrementar el número y nivel de científicos en Colombia, mediante la formación en el país o el exterior, y la invitación de valiosos hombres de ciencia de otros países.
- En vista del esfuerzo de la investigación en ciencias básicas se crearán doctorados que intensifiquen la investigación en profesiones relacionadas como las ingenierías y la medicina.
- Es indispensable el fortalecimiento de la investigación y el estudio interdisciplinario desde el nivel de estudiantes, posgraduandos, doctorandos y profesores.

Ciencia básica y sector productivo

Insistir en acciones emprendidas por Colciencias, las universidades, los sectores productivos y grupos científicos orientados para poner en marcha tareas y programas de investigación que impliquen desarrollos científicos fundamentales que repercutan en beneficios para la ciudadanía, la producción, los recursos naturales, la cultura y la calidad de vida de la nación.

Algunas fórmulas para lograrlo serían las siguientes, entre otras:

- Identificar desde la academia científica aquellos aspectos de la vida de la sociedad donde pueda aprovecharse de modo eficaz la investigación básica y aplicable.

- Crear centros de investigación sectorial como los que existen ya, para el café, la caña, los bosques, el petróleo y el acero.
- Constituir incubadoras de empresas que tengan alto contenido de tecnología.
- Promover desde Colciencias el encuentro de investigadores y científicos con empresarios, funcionarios públicos, universidades y entidades internacionales e invitarles a trabajar conjuntamente sobre temas de especial importancia para el país.
- Otorgar amplia divulgación a la investigación básica y promover su aplicación, como medio esencial y eficaz para obtener un mayor reconocimiento público de los científicos en el país y también para elevar su estatus.
- Desarrollar el diseño de un sistema nacional de apoyo al investigador, que rescate el valor de la actividad científica con incentivos claros para la vinculación de científicos al sector productivo.
- Buscar ejemplos de éxito de "acercamiento de ciencia y tecnología al sector productivo" en el contexto latinoamericano. Analizarlos y explorar su viabilidad en Colombia. Igualmente aprovechar la experiencia que en este tema tienen países desarrollados, para buscar proyectos conjuntos; aprovechando el contexto de apertura internacional, crear elementos jurídicos que faciliten el traslado de tecnologías modernas que requieran desarrollo científico en Colombia, posiblemente en colaboración con investigadores de otros países.

CONCLUSIONES

El primer Simposio Nacional de Ciencias Básicas reunió a 66 coordinadores de grupos de investigación colombianos de las matemáticas, la física, la química, la biología y las ciencias de la Tierra. Su propósito fundamental fue consultar a la comunidad científica sobre los ensayos, documentos y comentarios que fueron preparados en el seminario del programa con el objeto de convocar, a los investigadores colombianos y a la juventud que se está formando en las ciencias, a realizar el Programa Nacional de Ciencias Básicas.

Después de la lectura del documento de Colciencias, que intenta recoger las concepciones generales, la convocatoria contenida en los ensayos, y la presentación de los elementos salientes de éstos, tuvo lugar una discusión abierta sobre el plan de ciencias básicas, concebido como el conjunto de propuestas e invitaciones al desarrollo del saber contenidas en los documentos y en las deliberaciones del Simposio.

Aunque la consulta se dio sobre la totalidad de la propuesta, los científicos convocados se reunieron en talleres para trabajar alrededor de las estrategias de realización inmediata que se proponen en los ensayos, documentos y comentarios.

Estas estrategias comprenden la reflexión sobre los criterios de selección de temáticas de investigación; los doctorados como instrumento de política científica; los grupos y las redes como sujetos de la investigación y la relación de las ciencias básicas con los sectores productivos y las necesidades de la sociedad.

Las conclusiones generales de ese Simposio complementan las propuestas por cada una de las comisiones.

El Simposio tiene el especial significado de iniciar una amplia relación de apoyo mutuo, consulta y comunicación entre la comunidad de investigadores y los organismos de dirección del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. De este modo se ha dado un paso para impulsar las estructuras de participación en la definición de las políticas del Estado.

Se ha avanzado igualmente en la constitución de una comunidad de investigadores de las ciencias básicas que trasciende las fronteras disciplinares y que potencia las posibilidades de la actividad científica colombiana.

Una conclusión fundamental del Simposio es la necesidad de repensar la universidad colombiana teniendo como fin impulsar la ciencia en el país. La comunidad de investigadores debe participar en la reforma del sistema universitario colombiano y proponer los criterios que le abran un espacio real a la actividad científica para asegurar una formación universitaria que prepare y apasione a la juventud por su participación en la empresa de hacer avanzar el conocimiento de la humanidad.

La apertura internacional, en particular la cooperación latinoamericana, es un compromiso de la comunidad científica colombiana.

La calidad y la pertinencia deben ser los criterios fundamentales en la evaluación de la actividad científica colombiana.

La comunidad de las ciencias básicas está dispuesta a participar en las convocatorias que haga el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología para la realización de grandes propósitos nacionales. Se observa el interés de los investigadores colombianos por acercarse y asociarse, en una relación de mutuo beneficio con el sector productivo, para su modernización y con el Estado para la solución de los problemas fundamentales que afectan a la población.

Recomendaciones

Convocar, a finales de 1993, al término de los períodos de los actuales consejos nacionales de ciencia y tecnología, el segundo Simposio Nacional de Ciencias Básicas.

Realizar un seminario con los miembros de todos los consejos de los programas nacionales de ciencia y tecnología con el objeto de integrar sus planes y políticas en un plan nacional de ciencia y tecnología.

Conformar comités disciplinarios o con otros criterios, con el objeto de apoyar la labor del Consejo Nacional de Ciencias Básicas y ayudarle a proyec-

tar su acción, su reflexión prospectiva, su capacidad de evaluación y su misión de convocatoria.

Invitar a la comunidad científica colombiana a la reflexión y a la presentación de propuestas acerca de los campos del saber que deben ser objeto de esas convocatorias.

Se recomienda darles mayor solidez y respaldo a los esfuerzos integradores latinoamericanos y subregionales con el desarrollo de redes y programas internacionales de actividad científica.

Aunque se reconocen avances, la comunidad científica continúa preocupada por la lentitud en los procesos de financiación a la investigación. Aunque los presupuestos han aumentado, los giros efectivos a las instituciones de investigación se han estancado con grave perjuicio para la estabilidad de los grupos nacionales de investigación. Se recomienda poner al día este proceso de financiación para garantizar la supervivencia y el desarrollo de importantes programas científicos de nuestro país.

Preparar documentos de política sobre temas cruciales para el funcionamiento del Sistema de Ciencia y Tecnología:

- a. Criterios y procedimientos para la evaluación de propuestas de investigación.
- b. Política de formación de recursos humanos para la ciencia y la tecnología y reorganización e integración del sistema nacional de becas.
- c. Sistema nacional de investigadores.
- d. Política de publicaciones.
- e. Regionalización de la ciencia y la tecnología.
- f. Estrategia para la reincorporación de colombianos formados en el exterior a los grupos e instituciones de investigación del país.
- g. Criterios para la creación de corporaciones mixtas e institutos orientados a servir de apoyo a las macroconvocatorias que haga el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología para impulsar la ciencia y la tecnología.

Finalmente, la comunidad científica colombiana comprende que la modernización de las estructuras sociales y productivas del país implica un acuerdo de vastas proporciones que compromete a distintas fuerzas sociales. Entre ellas naturalmente está la de quienes le hemos dedicado nuestra vida al avance del saber y aceptamos contribuir con nuestros conocimientos y a través de nuestra actividad y participación en la construcción de una sociedad mejor.

COMENTARIOS FINALES

Consejo del Programa Nacional de Ciencias Básicas a la comunidad científica

Introducción

Desde su instalación en octubre de 1991, el Consejo del Programa de Ciencias Básicas ha venido analizando y discutiendo diferentes mecanismos y posi-

bilidades conducentes a consolidar la comunidad científica colombiana. En estas discusiones se han tratado diversos temas, algunos varias veces. Entre estos últimos destacamos: los programas de doctorado, la internacionalización de la ciencia que se realiza en el país, la interacción de la comunidad científica con otros sectores de nuestra sociedad, la modernización de las universidades, los recursos para financiar un plan de desarrollo de las ciencias básicas, la aprobación de proyectos, etcétera.

Un paso importante en este proceso de discusión y reflexión fue el dado en el primer Simposio de Ciencias Básicas, celebrado en Buga en el cual participó un amplio sector de la comunidad científica colombiana.

En los tres meses transcurridos desde la realización de este importante evento, hemos venido destilando algunas de las muchas ideas y propuestas que en él se plantearon y hemos discutido algunas nuevas.

Tenemos el propósito de operacionalizar muchas de las conclusiones que resultaron del Simposio y de estar en permanente contacto con la comunidad científica. En estos comentarios finales sólo se presentan algunas características y criterios del plan.

Bases de un plan de desarrollo en ciencias básicas

Propósitos fundamentales

Consideramos que los objetivos básicos del plan deben estar orientados hacia el fortalecimiento y consolidación de la comunidad científica y a propiciar la inserción de la actividad científica que se realiza en Colombia en el desarrollo científico que se efectúa mundialmente, en el sector productivo y en amplios sectores de la sociedad, como un aspecto cultural fundamental. En el anterior sentido es propósito del plan inducir la creación de una cultura científica en el sentido más general.

Características del plan

Las características básicas del plan deben estar encaminadas a facilitar el cumplimiento de los objetivos generales que mencionamos anteriormente.

En este sentido el plan debe ser orientador a largo plazo, pero al igual que el desarrollo científico, debe ser dinámico y evolutivo, consolidando lo que existe pero dejando espacios para que nuevas ideas y grupos incipientes puedan desarrollarse. El plan debe plantear retos y estimular el trabajo científico. De igual forma el plan debe ser capaz de invitar y motivar a amplios sectores a que participen en el desarrollo científico con determinados criterios de calidad y pertinencia, los cuales deben regir la actividad científica que se realice en el marco del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

Además, el plan debe contener los elementos necesarios que permitan integrar diferentes comunidades científicas y tecnológicas en el país, así como propiciar las relaciones con los pares en el exterior.

El plan debe contemplar explícitamente el papel que desempeñan los protagonistas para el desarrollo científico: los científicos, los investigadores en formación, las universidades, los institutos de investigación, el sector privado, los organismos financiadores, los medios de información y el Estado.

De la misma forma el plan debe considerar la infraestructura física (laboratorios, equipos, bibliotecas, bases de datos, etcétera) disponible en el país, así como las necesidades de mantenimiento, renovación y adquisición.

En el plan deben estar contenidas globalmente las necesidades de formación y capacitación en las diferentes áreas incluyendo no únicamente la necesidad de científicos sino también de tecnólogos y técnicos. Igualmente en el plan debe estar descrito el tipo de proyectos, programas y en general de actividades científicas que financieramente puedan ser apoyadas, así como los criterios de evaluación.

En el plan deben figurar explícitamente los recursos financieros existentes y las necesidades que a largo plazo se prevén con el fin de comenzar desde ya a conseguir los recursos que garanticen asegurar un desarrollo sostenido en los próximos años.

Naturalmente en el plan deben estar planteadas las estrategias necesarias para poder ejecutarlo y los mecanismos para su evaluación.

Consolidación de la comunidad científica

Sobre este aspecto haremos algunos comentarios referentes a la evaluación de proyectos de investigación, a las publicaciones de carácter científico y a la interdisciplinariedad. Algunos aspectos relacionados con la capacitación y muy especialmente lo referente a programas de doctorado será tratado como una estrategia, pues su importancia y necesidad fueron ya discutidas a fondo en el Simposio.

Publicaciones

Respetando las especificidades de cada disciplina, el Consejo hace las siguientes consideraciones generales sobre publicaciones de resultados científicos en ciencias básicas:

El proceso investigativo está basado en la cooperación y competencia entre las personas involucradas en él y tiene como uno de sus objetivos el hacer contribuciones significativas al conocimiento en áreas pertinentes a una especialidad establecida o emergente. Las contribuciones pueden ser individuales o de un equipo de trabajo y suelen darse bien como ideas originales o como patentes.

Claramente la publicación de los resultados de las investigaciones conducen no solamente a integrarse a la corriente mundial de la actividad científica sino que también constituye una forma eficaz de evaluar los resultados de proyectos de investigación.

Para que los resultados de una investigación cumplan la finalidad de contribuir al avance de la ciencia, éstos deben darse a conocer a la comunidad científica. Si la presentación de los resultados se hace a través de informes de circulación restringida o es dada a conocer sólo a grupos reducidos de personas, se puede asegurar que, aun en el caso de haberse logrado resultados de incuestionable relevancia, éstos no están contribuyendo al desarrollo y proyección de la disciplina correspondiente. Es, pues, necesario que los resultados obtenidos de una investigación científica tengan una difusión lo más amplia posible.

La presentación de los resultados a través de conferencias públicas o medios populares de difusión (prensa, radio, televisión, etcétera) sólo cumplen un papel de divulgación y vulgarización muy necesario e importante, pero por este carácter carecen de la profundidad que demanda la investigación científica.

La divulgación de resultados a través de seminarios y conferencias especializados es insuficiente porque llega solamente a un número reducido de pares localizados en áreas geográficas limitadas.

La presentación de los resultados en congresos, coloquios, talleres y otras actividades afines, es necesaria pero tiene limitaciones tales como: el corto tiempo dado a los expositores, el reducido número de verdaderos especialistas que asisten a dichos eventos, la limitada edición de las memorias del certamen, etcétera. No desconocemos, por supuesto, el hecho de que la participación en estos eventos es importante ya que permite la confrontación de ideas y el afianzamiento de contactos.

Los resultados de un trabajo de investigación tienen posibilidades realistas de contribuir al avance de la ciencia sólo si su divulgación se hace a través de publicaciones en revistas especializadas, que tengan la más amplia cobertura geográfica, en el idioma de mayor aceptación de la respectiva comunidad científica y que sean de reconocido prestigio por esa comunidad.

Únicamente de esta manera se podría garantizar, en principio, que las publicaciones sean leídas, comentadas y citadas por la comunidad científica mundial.

El publicar en revistas de cobertura regional o nacional tiene una importancia didáctica y contribuye al avance regional de la mencionada disciplina. El publicar resultados de potencial relevante en revistas que no se citen, así lleguen a todo el mundo, es retrasar el avance científico por el período que tome una difusión más amplia de los resultados logrados.

Aunque no hemos hablado explícitamente sobre patentes, entendemos, en forma natural, que al considerar todos aquellos proyectos de investigación cuyos resultados conduzcan a patentes, éstas serán contempladas como una importantísima producción.

Aprobación de proyectos

Actualmente el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y los consejos de programas están discutiendo el documento "Criterios y procedimientos para la aprobación de proyectos de investigación científica" presentado por Colciencias. De ser aprobado este documento se constituiría en una política que abarcaría a todo el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, respetando las especificidades de cada programa. Este documento será dado a conocer oportunamente a la comunidad.

Los criterios fundamentales para la aprobación de proyectos han de ser los de calidad, pertinencia y eficiencia, y el procedimiento básico para la aprobación es la evaluación por pares nacionales e internacionales.

Aunque estos conceptos son en sí mismos abstractos, difíciles de definir y de operacionalizar, alguna de sus dimensiones pueden caracterizarse en términos generales y otras sólo en relación con cada programa.

Dentro del contexto del Programa de Ciencias Básicas al hablar de calidad, como el más fundamental de los criterios, nos referimos esencialmente a: qué va a investigarse y en qué radica su importancia, qué se pretende encontrar, quiénes presentan la propuesta incluyendo la capacidad de competencia del grupo y/o ventajas relativas que tengan, qué contactos tienen los investigadores con otros grupos en el país y en el exterior, qué conocen los investigadores sobre el tema, cómo van a hacerlo, con qué medios cuentan, qué necesitan para hacerlo, qué capacidad de administración y de gestión existe en la entidad que presenta a los investigadores, de qué formas van a dar a conocer sus resultados, cómo van a formarse nuevos investigadores, cómo va a ayudar la institución a la realización del proyecto.

En el caso de grupos incipientes se tratará de brindar el apoyo necesario para que se efectúen conexiones con grupos consolidados en el país o en el exterior. Entendemos que un grupo está consolidado cuando ha trabajado una línea de investigación continua y coherentemente.

Interdisciplinariedad

Sobre este tema se ha venido hablando muy insistentemente en muchos foros y reuniones de tal forma que en varios casos se le trata como una panacea. Es un error considerarla como una yuxtaposición de trabajos disciplinarios o como la colaboración que en un momento determinado puede brindar a un trabajo en una determinada disciplina una persona o grupo de otra disciplina.

La interdisciplinariedad surge alrededor de problemas concretos y no como un objetivo en sí; cuando se plantean problemas que están en la interfase entre dos o más disciplinas, los investigadores tienen que aprender a trascender las barreras disciplinarias para poder comunicarse y para poder integrar los conocimientos que surgen de cada disciplina.

Sería un error, como en varias ocasiones se ha tratado de insinuar, considerar la interdisciplinariedad como criterio de calidad.

Estructura institucional

En diferentes reuniones y en el Simposio mismo, se ha sentido el clamor de la comunidad científica pidiendo el cambio de las instituciones universitarias para hacer de la investigación el eje de la actividad académica universitaria. Esto demanda plantear nuevos currículos y metodologías con las cuales se inculque en el estudiante un espíritu creativo y flexible. Es fundamental para que se dé una integración con el sector productivo que carreras en áreas tecnológicas intensifiquen sus estudios en ciencias básicas. Similarmente es necesario plantear nuevas organizaciones administrativas en las cuales se considere al grupo de investigación como la unidad fundamental para el desarrollo científico. La institución debe aceptar y fomentar el avance y creación de grupos. En este contexto la planeación estratégica de los grupos debe incluir el mecanismo de integración con la institución, y la planeación estratégica de la institución debe estar basada en la de los grupos. De esta forma los grupos pueden adquirir la movilidad y el dinamismo necesario para desarrollar sus actividades dentro de marcos institucionales claros pero no rígidos.

Naturalmente, los profesores *comprometidos* con la investigación deben obtener de su institución las condiciones necesarias que les permitan una vida digna y sin preocupaciones económicas.

Aspectos financieros

Los principales recursos que han existido y que existen actualmente para la financiación de actividades científicas han provenido de préstamos de la banca internacional. Estos préstamos usualmente están condicionados a políticas mundiales que no necesariamente se identifican con las necesidades nacionales y están fundamentados en objetivos inmediatistas con mecanismos de evaluación basados en relaciones costo-beneficio que son muchas veces inconvenientes para actividades científicas. Además de que el monto de los préstamos es muy pequeño existe un tiempo muerto entre préstamos, lo que dificulta la continuidad de la investigación científica. El Consejo considera que es responsabilidad del Estado financiar generosamente el desarrollo científico. Una decisión de aumentar paulatinamente el porcentaje del producto interno bruto para investigación sería lo más recomendable.

Estrategias

Política de inmigración

Con el fin de reforzar los recursos humanos altamente capacitados existentes en el país, Colciencias está comenzando a implantar una política de inmigra-

ción, con el fin de traer alrededor de 900 científicos, tecnólogos y artistas. Los cálculos han tenido en cuenta no sólo la posibilidad de crear nuevas líneas de investigación en el país, sino también y de manera muy especial se han considerado los grupos existentes. Naturalmente las bases para la selección de candidatos son méritos académicos. El Consejo ha solicitado que en este proceso de selección puedan participar los grupos existentes.

Dentro de este programa de inmigración se propiciará la posibilidad de que extranjeros o colombianos residentes en el exterior realicen su año sabático en Colombia.

Programas de doctorado

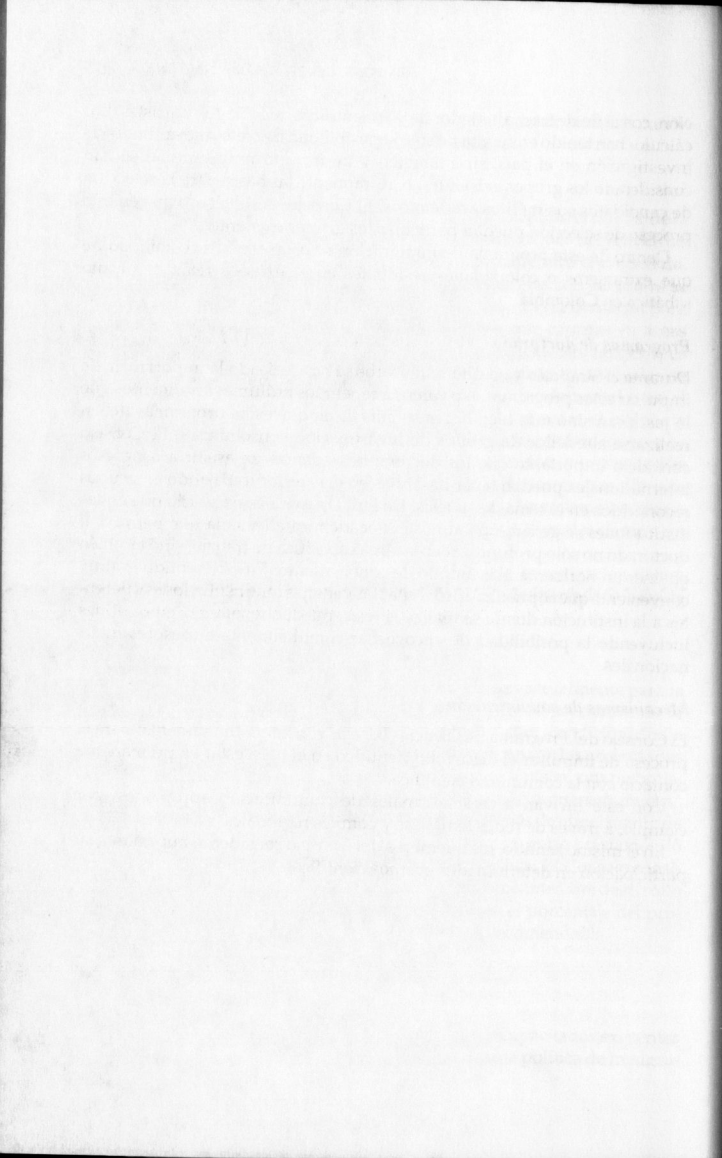
Durante el Simposio y en diferentes foros se ha recalcado la importancia de impulsar estos programas. No vamos a repetir los múltiples argumentos que lo justifican sino más bien hacemos énfasis en que estos programas deben realizarse alrededor de grupos de investigación consolidados. El Consejo considera importante que los doctorandos además de asistir a congresos internacionales puedan tener pasantías en el exterior trabajando en grupos reconocidos en el tema de su tesis. De igual manera es necesario que en las instituciones se genere una atmósfera académica adecuada que permita al doctorado no sólo profundizar en su área específica de trabajo, sino también obtener un horizonte más amplio de conocimiento. En este sentido es muy conveniente que se puedan aprovechar las ventajas que instituciones diferentes a la institución donde se realiza la tesis, puedan tener en campos afines incluyendo la posibilidad de aprovechar conjuntamente a asesores internacionales.

Mecanismos de comunicación

El Consejo del Programa de Ciencias Básicas considera fundamental para el proceso de impulsar el desarrollo científico en el país, estar en permanente contacto con la comunidad científica.

Con este fin van a crearse canales de comunicación apropiados, por ejemplo, a través de redes temáticas y comités regionales.

En el mismo sentido, los miembros del Consejo consideran importante su participación en determinados eventos científicos.



ANEXOS

ANEXO 1

INFORME DEL COORDINADOR DEL SIMPOSIO DEL PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIAS BÁSICAS

Alvaro Pantoja

Descripción de actividades

El programa del Simposio se organizó en sesiones plenarias y comisiones de trabajo. Durante la primera sesión plenaria (inaugural) el director de Colciencias, doctor Clemente Forero, presentó el documento preparado por la entidad.

Durante la segunda sesión plenaria los autores de los ensayos expusieron brevemente los elementos más relevantes de sus trabajos y los asesores internacionales formularon sus primeros comentarios y sugerencias. Estos documentos aparecen en la presente publicación.

Posteriormente los participantes conformaron cuatro comisiones o mesas de trabajo que sesionaron por cerca de seis horas analizando los temas generales y específicos sugeridos a cada mesa.

Las comisiones trataron los siguientes temas:

Comisión No. 1. Criterios para la escogencia de temas de investigación

- Tensión entre la tradición e innovación temática.
- Lo específico y lo universal: nichos de originalidad en ciencias básicas.
- Compromisos a largo plazo y movilidad temática de los grupos.
- Pertinencia para el presente y para el futuro.
- Negociación entre temas de necesidad social y preocupaciones universales.

Presidencia: *Marco Quijano, Moisés Wasserman y William Ponce.*

Relatoria: *Clemente Forero, Humberto Samper.*

Comisión No. 2. Los doctorados en Colombia

- El sistema trunco de la formación de investigadores para la ciencia y la tecnología.
- Los doctorados como estrategia de fortalecimiento de la actividad científica.
- Calidad, evaluación y validación internacional.

Presidencia: *Alicia de Mesa y Myriam Henao.*

Relatoria: *José Luis Villaveces.*

Comisión No. 3. Grupos, redes, comunidades y su marco institucional

- Modelos de gestión de grupos de ciencia.

- b. El conocimiento como proceso social.
- c. Estrategias para la consolidación de la comunidad científica colombiana.
- d. La relación entre los grupos científicos y las instituciones.

Presidencia: *Hans-Jürgen Meyer*.

Relatoría: *Luis Carlos Arboleda, Hernando del Castillo*.

Comisión No. 4. La investigación en ciencias básicas y su asociación con los sectores de la producción y las necesidades sociales

- a. La doble tarea de la comunidad científica colombiana: visibilidad internacional y respuesta a las solicitudes de la sociedad nacional.
- b. Los pactos entre la sociedad y la comunidad científica.
- c. Las necesidades sociales y la ciencia.
- d. Los puentes entre las instituciones de investigación (universidades, centros) y el Estado, los sectores de la producción y las comunidades.

Presidencia: *Gabriel Poveda y Sergio Fajardo*.

Relatoría: *Martha Cecilia Daza*.

Posteriormente, en tercera sesión plenaria, los relatores presentaron los informes de cada comisión; los asesores internacionales hicieron nuevos comentarios y observaciones sobre el trabajo realizado.

El Simposio se clausuró con una amplia e intensa discusión sobre las relatorías y sobre otros aspectos de importancia para el Programa Nacional de Ciencias Básicas.

Las conclusiones generales del evento así como la riqueza de las discusiones y de las propuestas elaboradas permiten afirmar que el Simposio de Buga-1992 no fue una oportunidad más que tuvo la comunidad científica nacional para reunirse. Forjó las bases de un amplio acuerdo y entrega al Consejo del Programa los elementos para formular un plan de acción acorde con las aspiraciones de esa comunidad del país.

Esta publicación es un testimonio del evento y, se espera, un instrumento facilitador de la comunicación entre científicos y entre éstos y los gestores del Programa Nacional.

ANEXO 2

PREGUNTAS MUNDANAS A LOS CIENTÍFICOS COLOMBIANOS

Gabriel Poveda Ramos

1. ¿Cuál es la ecuación en derivadas parciales de la vibración *pronunciada* de una lámina metálica alabeada? Así son las láminas de los cascos de barcos. ¿Bajo qué condiciones tiene soluciones únicas? ¿Cuáles son sus frecuencias propias de vibración? Este tema interesa a los constructores de barcos, de Colombia y de todas partes, a los pescadores y a la Armada Nacional.
2. El rozamiento y la fricción de superficies es una de las mayores causas de pérdida de energía no recuperable. ¿Qué podemos investigar sobre los problemas estadísticos, mecánicos, térmicos, ópticos y eléctricos, qué ocurren entre dos superficies sólidas en rozamiento? Este campo de la física (la tribología) interesa a mecánicos, operadores de máquinas, ingenieros de la industria, etcétera. En nuestras universidades no hemos pasado de la ley de Coulomb-Amontons.
3. La cinética química de la gasificación del carbón y sus mecanismos termoquímicos no son bien conocidos ni aun a nivel internacional. ¿No podemos hacer algo para avanzar en su conocimiento? Interesa a los millares de personas o entidades que necesitan un combustible barato en Colombia y en donde haya carbón, en el mundo.
4. * El maíz ópáco, alto en contenido de lisina, es un híbrido difícil de reproducir por semillas. ¿Podría desarrollarse un método agrícola para reproducirlo por clonación? La respuesta a esta pregunta interesa a más de un millón de agricultores que producen maíz, y a dos millones de niños menores de 5 años que padecen deficiencia proteínica aguda.
5. La electrofísica de los plasmas en hornos de arco de altas corrientes tampoco es bien conocida, en profundidad, al menos en nuestros países latinoamericanos. ¿No podríamos en Colombia hacer retroceder un poco la frontera de la ignorancia en este tema? Esta posibilidad interesa a la industria siderúrgica del país y a toda la industria actual o futura que construya maquinaria y equipo y que tiene que hacer soldadura eléctrica.
6. ¿No hemos buscado todavía, de manera sistemática y rigurosa, bacterias que sean biodegradantes del dodecil-benceno y del tridecil-benceno sulfonados que están acabando con la vida acuática en todos los ríos colombianos? Algunos de los químicos, de los biólogos y de los científicos biotecnólogos podrían hacerlo. Esa búsqueda interesa al país entero y a otros países pobres (y aun a algunos ricos).
7. ¿Cuál es y cuánto vale la dimensión fractal (o de Hausdorff-Besikovich) de los microporos de las zeolitas? Un matemático y un químico colombianos podrían averiguarlo. Interesa mucho por la posibilidad de usar tales minerales colombianos como catalizadores (o soportes de catalizadores) en muchas industrias químicas.
8. ¿Podría alguien establecer las ecuaciones histero-diferenciales (o diferencio-diferenciales) que rijan los procesos de nacimiento y muerte de ternas, cuaternas o n-plas de colonias bacterianas que sean interactuantes por antagonismos o por cooperación? ¿Y esos sistemas serían estables al modo de Poincaré y Lyapunov? ¿Y cómo serían sus atractores? Interesa en industrias de alimentos, de bebidas y en muchas aplicaciones biotecnológicas previsibles en el futuro y necesarias.
9. La conducción del calor en cuerpos sólidos no fourierianos (no lineales o no permanentes) como carbones, cerámicas inhomogéneas, arcilla, grasas, arena, etcétera, permanece sin que alguien haya investigado sus correspondientes leyes no lineales de propagación, y sin que nadie haya deducido y resuelto la correspondiente ecuación de conducción, en derivadas parciales, en régimen transitorio. Nuestros físicos y matemáticos podían generar resultados originales. ¿Por qué no hacerlo?
10. La extracción de proteínas foliares es desde hace algunos años un recurso potencial promisorio para atacar la escasez y el costo de los alimentos proteínicos, que mantienen subalimentados a

seis millones de colombianos. Por qué no iniciar un programa sistemático de búsqueda de especies y cultivares vegetales de alto contenido de aminoácidos y especialmente de alto contenido en triptófano (que es común en las proteínas animales pero mucho menos en las vegetales). Interesa a estos compatriotas famélicos, a los botánicos del mundo y de Colombia, a la FAO, etcétera.

11. Euler (¡nada menos!) se interesaba por temas mundanos como las vigas cargadas, las columnas de edificios, el casco de los navíos y las ruedas hidráulicas. No era *un científico puro*; Euler construyó su famosa ecuación diferencial-vectorial para el movimiento, estacionario o no, de líquidos perfectos (no viscosos). Posteriormente Navier y Stokes la generalizaron para fluidos viscosos newtonianos. Nadie ha hecho, al parecer (al menos en América Latina) el trabajo correspondiente para el flujo de líquidos y cuasilíquidos no newtonianos; y menos aún de los que tengan reologías inestables. Valdría la pena que un físico colombiano se ocupara del tema. Interesa a los ingenieros y técnicos que trabajan con lodos, *slurries*, resinas, pinturas, etcétera.
12. En los carbones de distintos países se han encontrado que contienen macromoléculas y radicales orgánicos de altísimos pesos moleculares y de compleja organización espacial. El descubrimiento del fullereno en el espacio es un éxito reciente muy sonado. Pero en el caso de los carbones colombianos esa búsqueda no se ha hecho. ¿Qué tal si un buen químico lo afronta? El tema sería de interés aun para la ciencia química internacional.
13. El vanadio y el cadmio son metales violentamente tóxicos, tanto en compuestos minerales como en compuestos organometálicos, en el aire o en el agua. Una manera de neutralizarlos sería convertirlos por la fotoquímica del sol en moléculas estables y no tóxicas. En Colombia se queman combustibles que contienen ambos elementos y que intoxican la atmósfera. ¿Querría algún químico descubrir esa fotoquímica? Si lo logra, su resultado interesa a todos los habitantes de la mayoría de las ciudades industriales del país.
14. Las *chorellas* y las *spirulinas* son microorganismos fotosintetizadores fijadores del nitrógeno atmosférico, y que se multiplican rápidamente. Son una esperanza para el mundo para producir material proteínico en grandes cantidades. ¿No habrá otros microorganismos análogos en el medio colombiano? ¿No habrá biólogos que deseen averiguarlo?
15. La electroquímica (electrólisis, electroforesis y electroósmosis), puede proporcionar técnicas eficaces y muy económicas para eliminar cationes tóxicos (como el cromo hexavalente, el plomo, el vanadio, el estaño, el mercurio, etcétera). Eso interesaría a los millones de colombianos que toman aguas contaminadas. ¿Algunos físicos y químicos compatriotas no encontrarían interesante este tema, aun en el campo de la ciencia *pura*? Sin perjuicio de hacerle un gran servicio al país.
16. La pirodinámica es la física de la combustión instantánea y turbulenta (como una detonación) en cámaras cerradas. Los científicos colombianos (ni los de otros países) no conocemos bien la pirodinámica de la combustión del carbón, de sus *slurries* ni de sus gases. ¿No será interesante estudiarla? Ofrece problemas interesantísimos, que aún no están bien resueltos, sobre cinética química termodinámica, convección de calor, química de sólidos, turbulencia, teoría de caos, superfractales, etcétera. Este es un campo novedoso y promisorio que interesa a los ingenieros, a los industriales, a los operarios, a los mineros y a todos los que se ocupan de quemar carbón, en Colombia y en el exterior. Entre otras cosas porque, cuando se acabe el petróleo en el mundo, dentro de 50 años, aún nos quedará carbón para otros 300 años.
17. La bahía de Cartagena la están envenenando el mercurio y el *Escherichia coli*. Los sedimentos del canal del Dique la están atarquinando y están matando los corales. Para atacar este enorme problema multiforme hay que esgrimir buena hidrodinámica, ecuaciones en derivados parciales no lineales, biología molecular, potentes sistemas de cómputo, excelente fisicoquímica, teoría de sistemas termodinámicos abiertos, microbiología avanzada y otras ciencias. ¿Será irrespetuoso sugerir que la matemática *pura*, la física *pura* y otras ciencias *puras* se ocupen del tema? Allí les espera mucho trabajo interesante y benéfico por hacer. Los niños que jueguen en esas playas en el siglo venidero, lo agradecerán. ¡Ah! Lo mismo hay que hacer en ciénagas y lagunas que están muriendo: Fúquene, Tota, Sonso, Zapatosa, Ayapel, La Virgen, la de Santa Marta, etcétera.

18. El río Cauca fluye de Cali a Cartago por encima de un enorme acuífero subterráneo que se está agotando. La CVC hace lo mejor que puede por cuidarlo. Pero nadie conoce su contorno, su hidráulica, su barometría, su hidroflora. Mucho podrían hacer los científicos colombianos para salvar este recurso. Ello los haría quizá menos *puros*, pero sin duda más útiles para el bien público.
19. Especies piscícolas como el bocachico y muchos otros están desapareciendo de nuestros ríos. Algo parecido le ocurrió a la pesca en el mar Adriático hacia 1902. Vito Volterra se interesó en el tema. Señaló las medidas para arreglar el problema, y de paso inventó (para ese trabajo) las ecuaciones integrales que llevan su nombre. ¿Habrá quizá algún matemático colombiano que ayude a estudiar y a detener la extinción de la pesca en nuestros ríos?
20. El famoso teorema de Hurst, sobre largas series temporales estacionarias en la naturaleza, lo estableció su autor observando los registros de caudales del río Nilo. Tiene mucho interés teórico y práctico saber si los caudales del Magdalena satisfacen dicho teorema. ¿No habría un estadístico colombiano que quiera hacer un aporte interesante y útil sobre esta cuestión? Los ingenieros hidrólogos, el Himat o las víctimas de las inundaciones se lo agradecerían. Y, a propósito: ¿la gran crecida anual del Magdalena es un solitón (como la porroca del Amazonas) y de larga longitud de onda? ¿O es un paquete de ondas? ¿Cuál es su espectro?
21. El problema de la dinámica de las reacciones químicas entre componentes en fases heterogéneas vienen debatiéndolo los químicos desde la época de Vant' Hoff. Se ha intentado ponerlo en sistemas de ecuaciones diferenciales cuya complejidad no ha permitido avances importantes. Recientemente se ha descubierto que una reacción de este tipo constituye un claro y hermoso ejemplo de fenómeno de caos (en el nuevo sentido de esta palabra). Si esto es así, cabría pensar en el ejercicio de registrar la evolución en el tiempo de algunas de estas reacciones, de inferir la cinética química correspondiente, y de reconstruir el sistema de ecuaciones (quizá no lineales) que gobiernan la reacción. Si se logran avances, contribuirían a resolver situaciones problemáticas en laboratorios y en industrias químicas en el país y en el exterior.
22. La galena (sulfuro de plomo natural) se usó en los primeros 20 años de este siglo como semiconductor para detectar señales de radio en los primeros radiorreceptores. Hoy día no se usa. El silicio y el germanio cumplen esa función y otras varias que requieren semiconductores eléctricos de alta calidad. Pero el silicio y el germanio son muy costosos y difíciles para producir en alta pureza. Surge la posibilidad de pensar en otras sales y aleaciones cristalinas, naturales o artificiales, más económicas, que sean buenos semiconductores eléctricos. La tarea ofrece analogías con la investigación de superconductores artificiales que hoy se hace en Colombia. Pero parece menos difícil y menos costosa la que sugerimos. Si tuviéramos éxito, sería un verdadero *breakthrough* en la física del estado sólido.
23. La física, la química y la metalurgia de aleaciones ternarias y cuaternarias de metales y no metales, abren interesantes caminos para producir y estudiar aleaciones y cerámicas con propiedades especiales y, eventualmente, para generar resultados importantes para la tecnología mundial. He aquí un vasto campo para científicos jóvenes con imaginación, conocimientos y paciencia. No sería raro que en Colombia saliera otro *breakthrough* en este tema.
24. La programación lineal (que Danzing inventó en 1943) se usa hace tiempo para formular mezclas concentradas para alimento animal. Para preparar alimentos humanos no se puede hacer lo mismo porque nosotros somos una especie animal de particulares exigencias gastronómicas. Pero es bien posible que si se combina la programación lineal con la programación booleana, puedan hacerse avances en este sentido, para especificar dietas óptimas y sápidas para los colombianos de menores ingresos, que lo necesitan y lo merecen.
25. Los últimos avances teóricos y experimentales de los gases reales en altas presiones y en altas temperaturas, se deben al desaparecido físico P.W. Bridgeman. Si algún nuevo físico colombiano reanudara esta tarea, quizá llegaría a hacer aportes importantes en la teoría y en sus aplicaciones industriales (como la producción del gas de carbón a alta presión).
26. En Colombia destruimos cada año áreas de bosques y selvas del orden de 600 mil hectáreas. Estamos acabando así, aceleradamente, con muchas especies forestales nativas que tienen gran va-

lor ecológico, paisajístico e industrial: la palma del Quindío (nuestro árbol nacional), el cedro, el roble, el cativo, el aliso, el guayacán, y mucho más. Hoy no es posible repoblarlos, porque no se encuentran sus semillas, precisamente por lo escasos que ya son sus ejemplares. ¿No sería posible que un buen biólogo desarrollara en su laboratorio y en sus viveros los métodos clonales para reproducir masivamente estas especies? Las generaciones futuras, la FAO y todo el mundo lo agradecería.

27. En 1935 el físico húngaro Theodor Von Khárman estableció las ecuaciones que llevan su nombre y el de Nikuradze, sobre el flujo de fluidos en conductos cerrados. Tales ecuaciones rigen para fluidos isotérmicos y monotérmicos, y no contemplan por eso fenómenos de intercambio de calor. En las chimeneas de las calderas, en los hornos rotatorios de cemento y en otros equipos industriales se manejan gases a altas velocidades, con grandes diferencias de temperaturas y fuertes gradientes de presión. Desde Colombia podríamos quizá hacer un aporte científico y técnico de importancia, si un científico compatriota dedujera las ecuaciones generalizadas de Khárman-Nikuradze en medios fluidos convectivos con altos gradientes de presión y altos gradientes de temperatura.
28. Hay razones para pensar que muchos materiales sólidos amorfos no cumplen la Ley de Ohm: los minerales granulares; algunos plásticos conductores; ciertos materiales cerámicos, y mezclas de polvos metalúrgicos como las que se usan en procesos de *powder metallurgy*. Si algún físico nacional ahondara este tema, con visión y en profundidad podría tropezar con resultados teóricos y experimentales de gran interés para la teoría física y para la ingeniería eléctrica.
29. Ustedes saben que hay procesos bioquímicos metabólicos que pueden producir hidrógeno por la descomposición de hidratos de carbono y de proteínas. ¿Será iluso pensar que un microbiólogo colombiano encuentre y cultive cepas bacterianas que produzcan fermentos, para catalizar la generación de hidrógeno por este proceso en cantidades industriales? Si tal cosa ocurriera se estaría dando un trascendental paso de avanzada para desarrollar el uso industrial del hidrógeno como el combustible limpio para el mundo del futuro.
30. La mayoría de los matemáticos colombianos rehúyen el campo de los algoritmos lógicos y numéricos, porque los consideran triviales y de menor categoría intelectual. Sin embargo, ese terreno está lleno de retos interesantes, importantes y útiles para muchos aspectos de la vida del país: su demografía, su meteorología, su hidrología, sus recursos naturales, su economía, su transporte, etcétera. El mero subtema de la posible aplicación del método de elementos finitos para resolver ecuaciones diferenciales parciales de segundo orden, o de orden superior, lineales y no lineales, homogéneas o no, es una invitación atractiva para generar resultados de valor teórico y de gran utilidad empírica.
31. El médico y botánico antioqueño Andrés Posada Arango señaló desde el siglo pasado el interés y la importancia que merece la búsqueda de los agentes activos que les dan a muchas plantas naturales el valor farmacológico que les atribuye el vulgo. Muchos laboratorios extranjeros le han seguido el consejo al profesor Posada, con grandes beneficios económicos y otros para ellos. Pero nosotros casi nada hemos hecho en Colombia en este sentido. Botánicos, bioquímicos, farmacólogos y médicos tienen aquí un campo científicamente muy válido y humanamente muy benéfico para hacer ciencia de indudable calidad.

ANEXO 3

PROYECTOS DE INVESTIGACION DEL PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIAS BASICAS, EN EJECUCION

Centro Internacional de Física, Santafé de Bogotá, D.C.

Nombre del proyecto: *Estudios biofísicos y moleculares del desarrollo de la excitabilidad de la retina del pez zebra.*

Investigador principal: José Antonio Ramírez Latorre.

Corporación para Investigaciones Biológicas, Medellín.

Nombre del proyecto: *Busqueda del hábitat natural del Paracoccidioides brasiliensis por medio de biología molecular.*

Investigadora principal: Ángela Restrepo.

Fundación Universidad del Norte, Barranquilla.

Nombre del proyecto: *Inmunología e inmunogenética de la respuesta inmunitaria al virus de la hepatitis B. Un estudio de familias en poblaciones colombianas.*

Investigador principal: Eduardo Egea.

Instituto Nacional de Salud, Santafé de Bogotá, D. C.

Nombre del proyecto: ** Estudio de los fenómenos dependientes de Ca^{++} durante la invasión del eritrocito por el parásito Plasmodium falciparum. **

Investigador principal: Moisés Wasserman Lerner.

Nombre del proyecto: *Utilización de cultivo de células de Schwann.*

Investigador principal: Hernán Hurtado Giraldo.

Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas-INCIVA, Cali.

Nombre del proyecto: *Contribución al conocimiento y ecología de las familias de coleópteros de la cuenca del río Calima-Valle del Cauca.*

Investigador principal: Luis Carlos Pardo.

Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá, D. C.

Nombre del proyecto: *Estudios inmunogenéticos de la susceptibilidad a enfermedades infecciosas: fase I tuberculosis.*

Investigador principal: Alberto Gómez.

Universidad de Antioquia, Medellín.

Nombre del proyecto: *Programa: productos naturales vegetales: fase III.*

Investigador principal: Luis Fernando Echeverry.

Nombre del proyecto: *Diagnóstico diferencial y precoz de rechazo e infección por citomegalovirus.*

Investigador principal: Jorge Ossa.

Universidad de la Salle, Santafé de Bogotá, D. C.

Nombre del proyecto: *Establecimiento y caracterización de líneas celulares de mosquitos de intereses epidemiológicos.*

Investigador principal: Felio Jesús Bello García.

Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, D. C.

Nombre del proyecto: *Física de dispositivos cuantitativos.*

Investigador principal: Neil F. Johnson.

Nombre del proyecto: *Programa de física experimental de altas energías.*

Investigador principal: Juan Pablo Negret Arboleda.

Nombre del proyecto: *La variabilidad de los componentes de idoneidad de desarrollo y de viabilidad evolucionaria hacia la divergencia intergénica en Drosophila pseudoobscura de Colombia.*

- Investigador principal: H. F. Hoenigsberg.
 Nombre del proyecto: *Estudio de interacción entre los mutantes deficientes en reparación en Drosophila melanogaster.*
 Investigador principal: H. F. Hoenigsberg.
 Nombre del proyecto: *Aspectos bioquímicos y nutricionales de las acidurias orgánicas.*
 Investigador principal: Luis A. Barrera.
 Nombre del proyecto: *Autocorrelación de frecuencias génicas de aislamiento por distancia.*
 Investigador principal: H. F. Hoenigsberg.

Universidad del Quindío, Armenia.

- Nombre del proyecto: *Propiedades ópticas y eléctricas de semiconductores para aplicaciones en optoelectrónica.*
 Investigador principal: Hernando Ariza Calderón.

Universidad del Valle, Cali.

- Nombre del proyecto: *Infinitas soluciones a un problema semilineal elíptico en el exponente crítico de sovolver.*
 Investigador principal: Carlos J. Rodríguez Buitrago.
 Nombre del proyecto: *Respuesta inmune de malaria mecanismos moleculares de la inmunidad a la malaria y su aplicación al desarrollo de vacunas.*
 Investigador principal: Sócrates Herrera.
 Nombre del proyecto: *Formación intramolecular de enlaces C-C a través de los radicales libres trisilano.*
 Investigadora principal: Luz Marina Jaramillo.
 Nombre del proyecto: *Estudio de las propiedades mecánicas, estructurales, magnéticas y de resistencia a la corrosión de los sistemas de aleaciones Fe - Mn - Al y Fe - Mn - Al - C.*
 Investigador principal: Germán A. Pérez.
 Nombre del proyecto: *Arquitectura macromolecular de las membranas plasmáticas de melanocitos normales y de vitiligo.*
 Investigador principal: Felipe García Vallejo.
 Nombre del proyecto: *Sustrato neuroanatómico, inmunohistoquímico y neuroquímico de la enfermedad de Alzheimer: estudio de los circuitos colinérgicos ascendentes en ratón primate y humanos.*
 Investigador principal: Julio Villalobos.

Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

- Nombre del proyecto: *Obtención, modificación y caracterización espectroscópica de aceites esenciales colombianos.*
 Investigadora principal: Helena Stashenko.
 Nombre del proyecto: *Síntesis y ensayo de catalizadores heterogenizados para oxidación selectiva de hidrocarburos.*
 Investigador principal: Edgar Pérez.

Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D. C.

- Nombre del proyecto: *Obtención de sondas para detección de Plasmodium y P. Vivax homólogos a regiones de las RNA ribosomales 5s y 18s.*
 Investigador principal: Luis Eugenio Andrade.
 Nombre del proyecto: *Polimorfismos genéticos en poblaciones indígenas y mestizas de Colombia.*
 Investigador principal: Emilio Yunis.
 Nombre del proyecto: *Programa de investigación en química teórica y quimiometría. Fundamentos matemáticos de la estructura molecular y reactividad química: bases teóricas y aplicación a reacciones del tipo R-NH₂ + R-CHO y a los procesos de carbonización.*
 Investigador principal: Luis H. Blanco.

- Nombre del proyecto: Calibración de escala de distancias cósmicas.
 Investigador principal: Paul Gieren Wolfgang
- Nombre del proyecto: Estudio de la fase magnética "spin glass" en soluciones sólidas con uno o más iones paramagnéticos.
 Investigador principal: José Díaz Pedraza.
- Nombre del proyecto: Estudio de los compuestos super conducciones de alta temperatura crítica en bloque y en película gruesa.
 Investigador principal: Eduardo Posada.
- Nombre del proyecto: Programa de sanidad vegetal: biología molecular de la tristeza cítrica: identificación de las diferentes cepas en virus benignos y severos que afectan los diferentes cítricos en Colombia.
 Investigador principal: José V. Peñaranda.
- Nombre del proyecto: Diversidad celular en retinoblastoma.
 Investigador principal: Oscar Oliveros.
- Nombre del proyecto: Estudio citogenético de las abejas de Colombia, familia Apidae.
 Investigadora principal: Guiomar Nates.
- Nombre del proyecto: Desarrollo de métodos estadísticos para reconstruir series temporales con información faltante o parcial -etapa I.
 Investigador principal: Favio Nieto S.
- Nombre del proyecto: Preparación, caracterización y evaluación de catalizadores y soportes de escalabanco.
 Investigador principal: Luis Alfredo Oviedo Aguilar.

ANEXO 4

PARTICIPANTES EN EL SIMPOSIO DEL PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIAS BASICAS

Consejo del Programa

<i>Sergio Fajardo</i>	Universidad de Los Andes
<i>Hans-Jurgen Meyer</i>	Universidad del Valle
<i>Moisés Wasserman</i>	Instituto Nacional de Salud
<i>Myriam Henao</i>	Icfes
<i>Marco A. Quijano</i>	LIQC - Federacafé
<i>William Ponce</i>	Universidad de Antioquia
<i>Gabriel Poveda</i>	Estudios Poveda Jaramillo
<i>Alicia de Mesa</i>	Universidad Nacional

Colciencias

<i>Clemente Forero</i>	Director
<i>Luis Carlos Arboleda</i>	Subdirector de Formación y Redes
<i>Humberto Samper</i>	Programa de Ciencias Básicas
<i>José Luis Villaveces</i>	Subdirector de Programas
<i>Martha Cecilia Daza</i>	Programa de Ciencias Básicas
<i>Hernando del Castillo</i>	Programa de Ciencias Básicas

Asesores internaciones

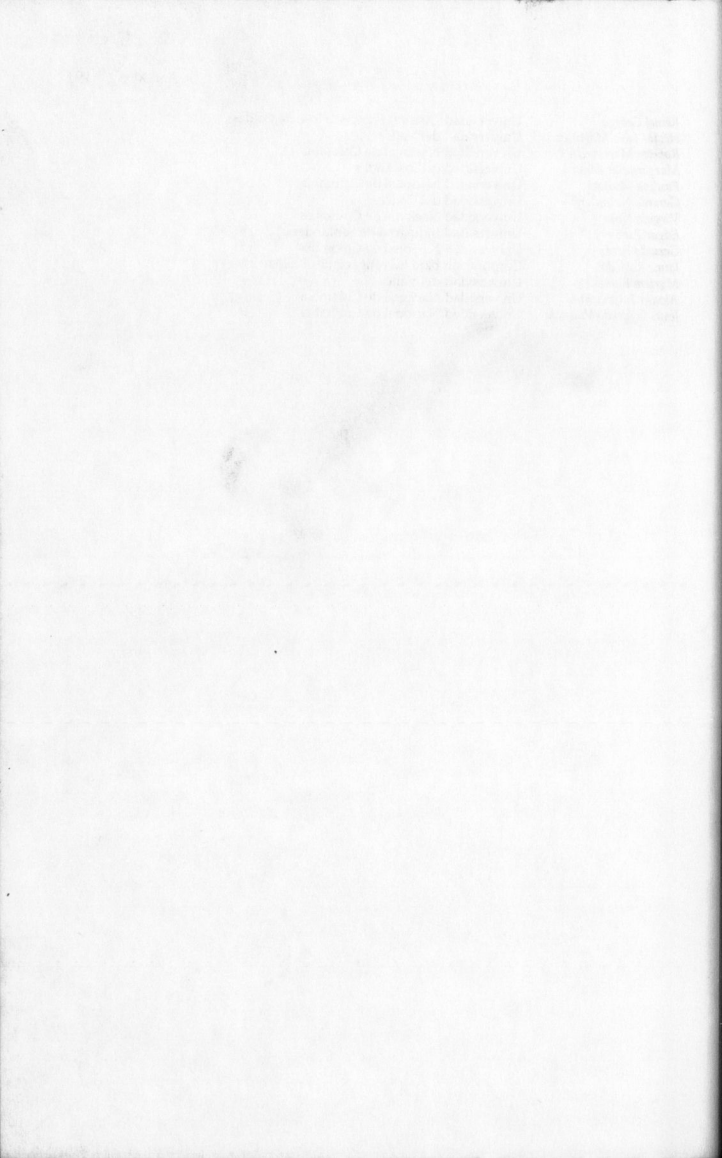
<i>Jorge Allende</i>	Universidad de Chile
<i>Michel Patty</i>	CNRS, Paris - Francia

Participantes nacionales

<i>Hernando Ariza</i>	Universidad del Quindío
<i>Luis A. Barrera</i>	Universidad de Los Andes
<i>Angela Camacho</i>	Universidad de Los Andes
<i>Luis Rafael Caraballo</i>	Universidad de Cartagena
<i>Carlos Coral</i>	Ingeominas
<i>Edgar Daza</i>	Universidad Nacional de Colombia
<i>Carmenza Duque</i>	Universidad Nacional de Colombia
<i>Mauricio García</i>	Universidad Nacional de Colombia
<i>José Granes</i>	Universidad Nacional de Colombia
<i>Luz Marina Jaramillo</i>	Universidad del Valle
<i>Javier Marrugo</i>	Universidad de Cartagena
<i>Regino Martínez</i>	Universidad de Antioquia
<i>Jorge Mejía</i>	Universidad de Antioquia
<i>Alirio Montaña</i>	Universidad de Los Andes
<i>Belly Narváez</i>	INCIVA
<i>Juan Pablo Negret</i>	Universidad de Los Andes
<i>Oscar Oliveros G.</i>	Universidad Nacional de Colombia
<i>Alvaro Pantoja V.</i>	Centro Internacional de Física
<i>Eduardo Posada</i>	LIQC - Federacafé
<i>Darí Rojas</i>	Icfes
<i>Carlos Rodríguez</i>	Universidad del Valle
<i>Yesid Torres</i>	Universidad Industrial de Santander
<i>José Antonio Zuleta</i>	KODAK Colombiana Ltda.
<i>Orlando Aya</i>	Universidad Industrial de Santander
<i>Jaime Bernal</i>	Pontificia Universidad Javeriana
<i>Mauricio Camargo</i>	Universidad de Antioquia
<i>Luis Fernando Castro</i>	Universidad del Valle
<i>Carlos Corredor</i>	Universidad del Valle
<i>Patricia del Portillo</i>	Instituto de Inmunología
<i>Felipe García</i>	Universidad del Valle
<i>Gerardo Gordillo</i>	Universidad Nacional de Colombia
<i>Hernán Hurtado</i>	Instituto Nacional de Salud

<i>Kemel George</i>	Universidad Distrital Francisco José de Caldas
<i>Héctor Jairo Martínez</i>	Universidad del Valle
<i>Roberto Martínez</i>	Universidad Nacional de Colombia
<i>Margarita de Mesa</i>	Universidad de Los Andes
<i>Paulina Muñoz</i>	Universidad Nacional de Colombia
<i>Gerardo Naundorff</i>	Universidad del Cauca
<i>Virgilio Niño</i>	Universidad Nacional de Colombia
<i>Edgar Páez</i>	Universidad Industrial de Santander
<i>Gerardo Pérez</i>	Universidad Nacional de Colombia
<i>Jaime Robledo</i>	Corporación para Investigaciones Biológicas
<i>Myriam Romero</i>	Universidad del Valle
<i>Alonso Takahashi</i>	Universidad Nacional de Colombia
<i>Jesús Sigifredo Valencia</i>	Universidad Nacional de Colombia

.....



Este libro terminó de imprimirse
en los talleres de Tercer Mundo Editores
en septiembre de 1993, Santa Fe de Bogotá, Colombia
Apartado Aéreo 4817.

ESTRATEGIAS

La actividad de los Programas Nacionales se enmarca dentro de las siguientes estrategias transversales:

ARTICULACIÓN de las actividades de ciencia y tecnología a través de la creación y fortalecimiento de redes disciplinarias y temáticas.

REGIONALIZACIÓN de la actividad científica y tecnológica para que las regiones puedan acceder en forma directa a los procesos de producción y apropiación del conocimiento para enfrentar sus desafíos específicos.

CONSOLIDACIÓN de la comunidad científica y de desarrollo tecnológico en grupos de investigación con una dinámica innovadora.

VALORIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO por medio de su integración a los sectores productivos, a la solución de los problemas sociales y al desarrollo cultural.

INTERNACIONALIZACIÓN de la actividad científica y tecnológica para impulsar los procesos de apertura económica y la incorporación del país a la sociedad mundial. La red colombiana de investigadores en el exterior -Red Caldas-, y los programas de repatriación e inmigración de científicos son instrumentos complementarios de esta estrategia.

FORMACIÓN DE INVESTIGADORES al más alto nivel, especialmente en el de doctorado, dentro y fuera del país.

INCORPORACIÓN A LA CULTURA COLOMBIANA de la ciencia y la tecnología mediante el estímulo a la creatividad y a una relación más estrecha de todos los sectores sociales con el conocimiento.

La construcción de un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología abierto, no excluyente y participativo ha creado nuevos espacios para la creatividad científica y la innovación tecnológica en Colombia.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y los Consejos de los Programas Nacionales, conformados por investigadores, miembros del sector privado y funcionarios del Estado, orientan el Sistema. Los grupos de investigación interactúan con los Consejos haciendo sus propios ejercicios de planeación estratégica. Con esto se posibilita la negociación de sus planes, y su incorporación en la orientación general de las actividades nacionales de ciencia y tecnología. El amplio trabajo de planeación participativa que se desarrolló a lo largo de 1992, sentó las bases de esta relación entre los programas nacionales y los grupos de investigación.

En estos libros se recogen los ricos materiales producidos durante ese primer año de funcionamiento del nuevo Sistema. Es un arduo camino el recorrido desde la convocatoria de la Misión de Ciencia y Tecnología, y la expedición de la Ley 29 de 1990 y de los Decretos que le dieron forma al Sistema.

Existen ahora mejores condiciones para que la actividad científica y tecnológica pueda desplegarse en Colombia. La iniciativa y la responsabilidad se desplazan, en gran medida del Estado a los empresarios, los investigadores y las universidades. Esta nueva alianza es indispensable para que la creatividad y el conocimiento científico apoyen el desarrollo económico, el desenvolvimiento cultural y la entrada de Colombia en condiciones favorables a la sociedad mundial.