

# programa nacional de ciencia y tecnología en recursos energéticos

---

República de Colombia

Ministerio de Minas y Energía - COLCIENCIAS

1.985



33.79  
718p  
j.2

333.79  
C718p  
EJ1

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
COLCIENCIAS

**Programa Nacional  
de Ciencia y Tecnología  
en Recursos Energéticos**

REPUBLICA DE COLOMBIA  
BOGOTA, 1985

## CONTENIDO

	Página
PRESENTACION .....	7
I INTRODUCCION .....	11
II SITUACION ENERGETICA .....	15
III BASES CONCEPTUALES DEL PROGRAMA .....	25
IV ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION Y DESARROLLO ...	33
1.    Petróleo y Gas Natural .....	34
2.    Carbón .....	35
3.    Energía Eléctrica .....	36
4.    Energía Nuclear .....	38
5.    Energía de Biomasa .....	39
5.1.  Leña, Carbón y Residuos Vegetales .....	39
5.2.  Alcoholes .....	41
5.3.  Biogas .....	42
6.    Energía Eólica .....	43
7.    Energía Solar .....	44
7.1.  Calentadores de agua .....	45
7.2.  Destiladores solares .....	45
7.3.  Secadores de grano .....	45
7.4.  Refrigeración solar .....	45
7.5.  Celdas Fotovoltáicas .....	46
8.    Geotermia .....	46
9.    Conservación y Ahorro de Energía .....	47
10.   Planeación y Política Energética .....	49
V EL PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA EN RECURSOS ENERGETICOS .....	55
1.    Subprograma de Desarrollo Carbonífero .....	58
2.    Subprograma de Conservación y Sustitución de Energía .....	63
3.    Subprograma de Bienes de Capital y Desarrollo Industrial .....	67
4.    Subprograma de Desarrollo, Adaptación y Difusión de Tecnologías .....	70
5.    Subprograma de Planificación y Política Energética, Sistemas de Información y Capacitación .....	73
VI ASPECTOS INSTITUCIONALES Y FINANCIEROS .....	81

Esta publicación fue realizada con el apoyo financiero de la Organización de los Estados Americanos, OEA.

ISBN: 958-9037-00-3

Impreso por:  
 EDITORA GUADALUPE LTDA.  
 Teléfono: 269 07 88  
 Bogotá, Colombia

## PRESENTACION

*El Ministerio de Minas y Energía encuentra de mucho interés el presente "Programa Nacional de Ciencia y Tecnología en Recursos Energéticos" diseñado por COLCIENCIAS por cuanto él constituye un excelente complemento para un mejor desarrollo de las diferentes políticas que en el sector minero-energético tiene que implementar este Ministerio.*

*Evidentemente la financiación de actividades de investigación y desarrollo en las diferentes fuentes y tecnologías energéticas es uno de los escollos más importantes que tiene que enfrentar y vencer el sector energético colombiano, para lo cual en buena hora se presenta este Programa que sin duda contribuirá de manera muy significativa a su solución.*

*Los distintos subprogramas en que se encuentra dividido el esquema de trabajo propuesto en este documento son bastante representativos de las distintas necesidades que en esta materia tiene el sector energético colombiano, de tal manera que allí tendrán cabida cualquiera de las actividades que se desarrollen para el buen éxito de la política energética.*

*El desarrollo económico nacional descansa fundamentalmente en el sector energético, circunstancia que ponen de presente la gran prioridad que ha tenido y seguirá teniendo este sector lo cual conlleva la realización de un significativo nivel de inversiones que necesitan ser bien estudiadas para obtener el máximo beneficio.*

*Las grandes posibilidades de desarrollo energético representadas únicamente en el petróleo y el carbón exigen un gran esfuerzo de investigación y adecuación tecnológica para un mejor aprovechamiento integral de estos recursos. Esfuerzos similares se precisan para optimizar la estructura de consumo energético actual con el fin de adecuarla a la realidad del contexto nacional e internacional. Estas tareas señalan una idea de la magnitud de recursos financieros que a nivel de pre-inversión requiere el sector energético y para lo cual el concurso de COLCIENCIAS se considera de singular importancia.*

IVAN DUQUE ESCOBAR  
Ministro de Minas y Energía

I  
**INTRODUCCION**

---

Consciente de la responsabilidad de orientar sus actuaciones hacia la solución de los problemas apremiantes del país, COLCIENCIAS ha venido propiciando la investigación y desarrollo en materia de los recursos energéticos desde hace ya varios años.

La actuación de COLCIENCIAS en este campo se ha dirigido tanto hacia la financiación de actividades de investigación y desarrollo en las diferentes fuentes y tecnologías energéticas, como de algunas "investigaciones básicas" que sirvieran para conocer la realidad energética nacional y la capacidad científica y tecnológica del país para apoyar su desarrollo energético.

Fruto de esta última línea de acción, se cuenta hoy con una serie de documentos<sup>1</sup> y experiencias que, sumadas al diálogo intenso con investigadores y técnicos de las entidades estatales y privadas de todo el país que actúan en el campo energético, le permite proponer al país la implementación del presente *Programa Nacional de Ciencia y Tecnología en Recursos Energéticos*.

Se advertirá en el programa un decidido interés por superar algunos de los tradicionales obstáculos a la contribución efectiva de la investigación al desarrollo general del país, y por reforzar y consolidar la capacidad científica y tecnológica nacional al brindar a los investigadores y planificadores, los recursos financieros, los mecanismos y los instrumentos necesarios para tal propósito.

Este programa se enmarca dentro de una filosofía general que cada día cobra mayor fuerza en la planificación de la ciencia y la tecnología en América Latina, y en particular la de los recursos energéticos. Se trata de un movimiento hacia la concertación y confluencia de intereses entre investigadores, planificadores económicos y usuarios de tecnologías que permita la asignación de prioridades de investigación, la movilización de los recursos financieros adecuados para el logro e implementación de soluciones o innovaciones tecnológicas concordantes con las necesidades y realidades de los países.

Por esta razón en el documento se hace énfasis en la importancia de orientar la investigación y el desarrollo en el sector energético, no

---

1. Verse, particularmente los documentos de: A. Ferrari; C. E. Sinisterra; H. Rodríguez; R. Beltrán; A. Gómez, A. Meleg, F. Navas y J. E. Torres; J. F. Isaza.

teniendo en cuenta únicamente la oferta de investigación, sino planteando desarrollos e investigaciones que permitan la solución de necesidades energéticas plenamente identificadas. Se trata aquí de señalamiento hacia quién van dirigidos los esfuerzos de investigación y desarrollo, para posteriormente determinar cuál o qué recurso o desarrollo satisface las necesidades planteadas.

## II

### SITUACION ENERGETICA

---

Después de algo más de un decenio de crisis energética que afectó a las sociedades industrializadas y repercutió ampliamente en los países en vía de desarrollo, la mayoría de los países del mundo implementan políticas que les permitan satisfacer sus demandas futuras de energía en el mediano y largo plazo.

Ahora que la era de bajos costos del principal recurso energético (el petróleo) ha desaparecido, se requiere la búsqueda de soluciones duraderas que permitan afianzar la base energética y mantener el ritmo de desarrollo tanto en los países industrializados como en los que aspiran a industrializarse.

Los países en vías de desarrollo, particularmente los de América Latina, que son altamente dependientes de hidrocarburos líquidos, están implementando modelos que permitan la utilización mesurada y planificada de este tipo de combustibles, al mismo tiempo que el aumento de la contribución de las fuentes energéticas alternativas dentro de sus balances energéticos nacionales.

A pesar de los efectos de la recesión industrial a nivel internacional y a los programas de conservación y sustitución de energía, la demanda mundial seguirá en aumento. En los últimos veinte años, casi todo el aumento se ha traducido en mayor consumo de petróleo y gas, al punto que actualmente el petróleo satisface más del 45% de esa demanda, y continuará contribuyendo con una importante proporción de la energía necesaria, antes y después del año 2000.

Un rápido esbozo de la situación mundial y colombiana de reservas remanentes de recursos energéticos y unos estimativos de costos, sirven de orientación para entender la importancia de la ejecución de un programa nacional de investigación y desarrollo en recursos energéticos como el planteado.

## PETROLEO

Aproximadamente el 54.1% del total de las reservas conocidas a nivel mundial están en el Medio Oriente; esta región continuará siendo el mayor productor de todo el orbe. Si no se agregan otras reservas a las ya comprobadas de toda la tierra, que ascienden a casi  $630 \times 10^9$  barriles, estas durarán 32 años al ritmo actual de consumo. Sin embargo, lo más probable es que hasta bien avanzado el próximo siglo el abastecimiento de petróleo continúe a los niveles actuales, debido a nuevos descubrimientos, mayor grado de extracción en los yacimientos en explotación y una mayor disponibilidad de petróleo de origen no tradicional.

En Colombia la situación de reservas recuperables de petróleo de todos los yacimientos conocidos asciende a 609 millones de barriles, a diciembre de 1983 (sin incluir los nuevos descubrimientos). A la tasa de producción actual, su duración alcanzaría unos 12 años, y si fuera posible aumentar la producción para satisfacer el consumo interno, su duración sería de 9 años.

Si consideramos los petróleos no convencionales, encontramos que a nivel internacional la producción recuperable con técnicas hoy conocidas permitirían duplicar las reservas remanentes del crudo convencional. En la mayoría de los casos, los costos de producción superan los US\$ 50/barril, lo cual se explica al considerar que el solo costo de la inversión para su desarrollo está entre US\$ 15.000 y US\$ 25.000 por barril diario.

Para Colombia no existen estimativos de reservas de estos crudos, aunque se tienen explotaciones limitadas (crudos de Castilla) y se han realizado con algún éxito exploraciones en los Llanos Orientales.

#### GAS NATURAL

Las reservas mundiales de gas natural se estiman en  $455 \times 10^9$  barriles de petróleo equivalente. De ellas, el 29.50% corresponde a gas asociado, y el 70.75% a gas no asociado. Si se mantienen los consumos actuales, éstas alcanzarían hasta el año 2038.

Las reservas en Colombia se estiman en  $4 \times 10^{12}$  pies cúbicos, que equivalen a 650 millones de barriles de crudo. Con las tasas de producción actual su duración sería de 32 años, aunque se debe advertir que con mayor exploración de este recurso el panorama de reservas puede aumentar en forma apreciable. Por otra parte, la determinación de políticas más agresivas para el aprovechamiento del gas natural puede acortar su duración.

#### CARBON

Los recursos carboníferos del mundo son inmensos, mucho más cuantiosos que los de cualquier otro combustible fósil. Existen depósitos de carbón en más de 80 países, pero casi el 90% de los recursos geológicos se concentra en solo 4 países (URSS, EE.UU., China y Australia).

Las reservas mundiales se estiman en  $11.000 \times 10^9$  toneladas. De éstas, sólo  $997 \times 10^9$  son económicamente recuperables, que al ritmo actual de consumo cubrirían más de 300 años. Por su parte, las reservas inferidas a nivel actual son suficientes para más de 3.500 años.

En Colombia las reservas totales se estiman en  $16.5 \times 10^9$  toneladas, de las cuales  $3.5 \times 10^9$  están localizadas en el Cerrejón. Con los

consumos actuales, los proyectados y los niveles de exportación previsibles, no existe riesgo de disminuir peligrosamente las reservas. De hecho, la distribución territorial y la buena calidad de los carbones colombianos permitiría sostener un dinámico crecimiento de la participación de este recurso en el balance energético y la balanza comercial del país.

#### HIDROELECTRICIDAD

El potencial técnico mundial de capacidad de hidroelectricidad, sobre la base de caudales de agua reales o posibles, se estima en unos 2.500 gigavatios.

El potencial colombiano en proyectos superiores a 100 MW está estimado en 100 millones de kilovatios, de los cuales se está utilizando el 4%. La principal limitante para una mayor utilización reside en el elevado costo de desarrollo.

#### ENERGIA NUCLEAR

Las reservas mundiales de uranio, razonablemente aseguradas, con costos de extracción inferiores a US\$ 130/kgr, ascienden a 2.3 millones de toneladas, con recursos adicionales inferiores de 2.7 millones. La producción en 1981 fue de 44.000 ton., la cual puede sostenerse durante 57 años con las reservas probadas. Los precios de hoy son inferiores a US\$ 40/kilo.

Con los precios actuales y los previsibles, y dada la crisis en que se debate la industria, los proyectos mineros en Colombia han entrado en una etapa de aplazamiento indefinido.

#### ENERGIAS NO CONVENCIONALES RENOVABLES

La actual contribución de las fuentes energéticas nuevas y renovables ("FENR" — Solar, Biogas, Eólica, Geotermia, Maremotriz) al balance energético es insignificante. Se espera que para los próximos decenios contribuya entre el 1% y el 3% del balance total, aunque por su posible impacto social su importancia no puede medirse exclusivamente en estos términos. Para Colombia se ha estimado que en el año 2000 la participación de las FENR puede ser del 1.5% del balance total, beneficiando a un 7.6% de la población.

— SOLAR: La cantidad de energía del sol que llega a la superficie de la tierra a lo largo de un año equivale a más de 15.000 veces el consumo anual de energía del mundo. No obstante, la explotación comercial de este abundante recurso presenta grandes dificultades. La energía solar es de baja intensidad y sólo está disponible de

manera intermitente. Existen grandes problemas técnicos por resolver, a fin de contar con mejores formas de recoger y almacenar esa energía dispersa.

Se calcula que en el año 2000, la energía solar podría aportar entre 1 y 2 millones de barriles diarios equivalentes de petróleo en el total de los países industrializados.

— **GEOTERMIA:** La mayoría de los recursos geotérmicos explotados actualmente están situados en regiones volcánicas (California, Japón, Islandia, Nueva Zelanda, etc.).

La producción de electricidad de origen geotérmico representa el 0.1% de la producción eléctrica del mundo, pero es de considerable importancia local en algunos lugares.

— **BIOMASA:** Hasta el momento, el enorme potencial para la producción de energía vegetal apenas ha comenzado a aprovecharse. Sin embargo, existen amplias posibilidades para explotar estos recursos.

Es probable que la biomasa no llegue a ser a escala mundial un sustituto común de los productos del petróleo, pero indudablemente tiene importancia en los países que tratan de reducir su dependencia del petróleo importado desarrollando sus propios recursos.

— **EOLICA:** El recurso eólico no es uniforme en el planeta. Los vientos no son tan fuertes en los trópicos como en las latitudes más altas, aunque hay zonas en las cuales los alisios y los accidentes geográficos originan vientos de velocidad aprovechable. La principal ventaja de la fuerza eólica es que ofrece una fuente suplementaria de energía renovable sin polución. Sin embargo, mientras no se resuelva el problema de almacenamiento, es difícil hacer que la demanda y la oferta se correspondan.

Los siguientes cuadros comparativos de costos de los principales recursos energéticos a nivel nacional e internacional, permiten observar que no sólo la abundancia del recurso y el estado de avance de la tecnología para su aprovechamiento representan factores importantes para la consideración de los investigadores y planificadores colombianos, sino que además juegan un papel primordial los costos relativos y de mercado de las diferentes energías.

## COSTOS COMPARATIVOS DE LA ENERGIA

(A nivel internacional)

RECURSO	RANGO US\$ <sup>1</sup>
Petróleo del Medio Oriente	2-4
Petróleo del Mar del Norte	5-20
Esquistos Bituminosos	30-50
Carbón USA	4-8
Carbón Europeo	14-25
Gas Natural Licuado	25-40
Líquidos de Carbón	50-65
Biomasa	45 y más de 100
Electricidad convencional	70-130
Electricidad a partir del sol, viento, mareas	100 y más

NOTA: Estos datos globales tienen únicamente el objetivo de suministrar una visión general del costo de las diferentes fuentes energéticas a nivel internacional.

## PRECIOS INTERNOS DE LOS HIDROCARBUROS EN COLOMBIA

(Galón — Pesos \$ de 1983)

	Precio refinería	Transporte y manejo	Impuestos	Distribuc.	Precio total al público
Gasolina motor extra	15	41.31	27.76	6.93	88
Gasolina motor corriente	14.5	32.89	24.75	5.36	77.50
Diesel					
A.C.P.M.	24.32	26.13	20.38	6.67	77.50
Querosene	36.91	32.51	1.48	6.60	77.50
Fuel Oil	16.41	20.46	0.66	3.27	40.80

FUENTE: Ministerio de Minas y Energía (Memoria al Congreso 1983-1984).

1. Dólares de 1980, por barril de petróleo equivalente sobre base térmica.

## COSTOS ESTIMADOS DE LA ENERGIA EN COLOMBIA

RECURSO	RANGO US\$ <sup>1</sup>	
<b>Petróleo</b>		
Boca de Pozo	3-12	
Refinería	4-20	
Importado	28-32	(Costo marginal)
<b>Carbón</b>		
Boca de Mina	4.0-5.0	
Consumidor	6.0-7.5	(Explotación tradicional)
Boca de Mina	5.5-8.0	
Puerto	12.5-17.5	(Explotación moderna)
<b>Hidroelectricidad</b>		
En Planta	46-60	
En Distribución	71-93	(Costos de expansión marginal)

NOTA: Estos datos tienen únicamente el objetivo de suministrar una visión general del costo de las diferentes fuentes energéticas a nivel nacional.

1. US\$/barril de petróleo equivalente.

## PRECIOS DE MERCADO DE LA ENERGIA EN COLOMBIA

RECURSO	US\$/Millones de BTU	
<b>Hidrocarburos</b>		
Gasolina	6.04	
ACPM	5.81	
Fuel Oil	3.08	
Cocinol	1.16	
Querosene	5.95	
Gas licuado de petróleo (G.L.P.)	4.60	
Gas natural uso comercial	1.41	
Gas natural uso doméstico	1.41	
Gas natural industrial	1)26	
Gas natural en generación eléctrica	0.54	
Gas natural en petroquímica	0.82	
<b>Carbón</b>		
En Cundinamarca y Boyacá	0.87	(precios a granel)
En Antioquia	1.0	
<b>Electricidad<sup>1</sup></b>		
Residencial	4.8 - 8.75	
Comercial	14.5 - 22.8	
Industrial	11.5 - 16.6	

NOTA: Estos datos tienen únicamente el objetivo de mostrar los precios de mercado de las diversas energías en Colombia.

De los cuadros anteriores se extraen las siguientes conclusiones:

1. La electricidad convencional tiene costos unitarios mucho mayores aún que los crudos sintéticos.
2. La electricidad no convencional es hoy la fuente de energía más costosa.
3. Es conveniente estimular en Colombia la producción y consumo de carbón y reservar la electricidad para otros usos como la iluminación y la fuerza motriz.
4. El querosene y el cocinol que se emplean para el mismo uso como combustible doméstico tienen relaciones de precios de 5 a 1.
5. La sustitución de energías a partir de hidrocarburos por energía eléctrica no es "a priori" viable en todos los casos.

1. Es variable de acuerdo a la ciudad y al tipo de Generación.

## PERSPECTIVAS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

Debido a la limitante que representa a nivel mundial y nacional las reservas de petróleo, la concentración de estas desde el punto de vista geográfico, el costo de la explotación por recuperación mejorada de los petróleos no convencionales (crudos extrapesados, arenas asfálticas y esquistos bituminosos) y la participación del recurso (45%), dentro del Balance Energético Mundial, hacen pensar en la necesidad de implementar programas nacionales ya sea de sustitución de hidrocarburos líquidos por otras fuentes que no posean el nivel de limitaciones anteriormente mencionadas o el aprendizaje de tecnologías de recuperación secundaria de petróleo y la actualización sobre los procesos que permiten la recuperación de los crudos no convencionales.

Casi el 60% de los hidrocarburos líquidos se emplean en el transporte (terrestre, fluvial y ferrocarrilero). Esto hace pensar en la importancia que representa para el país continuar los estudios adelantados sobre la conveniencia de dieselizar o no el transporte urbano y la "trolleización" de algunas ciudades intermedias. Además es importante la actualización en las áreas de mayor investigación en el mundo encaminadas hacia la posibilidad de contar en un futuro con sistemas de transporte individual accionados por energía eléctrica.

Teniendo en cuenta el elevado costo de la generación eléctrica y que parte considerable del consumo se destina al sector residencial y comercial y en menor proporción al industrial, se hace necesario incentivar la utilización del gas natural en los anteriores sectores, e investigar la posibilidad de empleo de materiales más económicos para las instalaciones domiciliarias, el diseño de equipos (a gas) para uso final de energía y la difusión de tecnologías apropiadas para la producción de aire acondicionado a base de gas natural.

Una de las mayores pérdidas del sector eléctrico se presentan en la subtransmisión y distribución. Esto hace conveniente adelantar estudios de diseño de redes de distribución y revisión de las normas de subtransmisión que no tienen en cuenta los costos de las pérdidas de energía (actualmente superan el 20%, lo cual justifica una mayor investigación en esta área).

Se ha señalado que Colombia es un país que posee considerables reservas carboníferas. Sin embargo, este importante recurso no ha sido estudiado de manera integral, descuidando la conveniencia de desarrollar trabajos que permitan salvar las grandes limitaciones para su utilización como son: el transporte, uso y la contaminación ambiental durante su explotación y empleo.

Aunque la participación de las fuentes de energía no convencionales renovables, dentro del balance energético nacional es insignificante, se debe avanzar en la investigación de la aplicación de éstas a sectores específicos de la economía, mediante el diseño de tecnologías apropiadas que permitan su difusión.

III

## BASES CONCEPTUALES DEL PROGRAMA

---

Sobre el desarrollo científico-tecnológico de Colombia se ha escrito mucho, particularmente en la última década. En general, se cuenta con argumentos convincentes sobre lo que podría ser la contribución de la ciencia y la tecnología al proceso de desarrollo autosostenido en nuestra sociedad, así como diagnósticos bastante acertados que demuestran que el sistema científico-tecnológico no ha respondido en el pasado a las exigencias que le impone el desarrollo económico y el mejoramiento del nivel de vida de la población, aunque existen algunas brillantes excepciones.

A esta situación se ha llegado tanto por una insuficiencia de recursos humanos y financieros capaces de generar un conjunto de actividades científico-tecnológicas que ayuden a sustentar el desarrollo del país, como por la ausencia de una planificación y administración acertada capaz de unificar objetivos con los escasos recursos disponibles.

El "Plan Nacional de Concertación en Ciencia y Tecnología para el Desarrollo 1983-1986" permitirá subsanar la actual situación de desarticulación, si se realiza la coordinación institucional adecuada y se plantean programas de desarrollo coherentes con la actual realidad nacional. El Programa que aquí se describe, que forma parte integral del Plan, tiene como objetivo central ordenar y estimular las actividades de investigación y desarrollo energético, económico y social del país.

El análisis conjunto de las necesidades y perspectivas energéticas del país, y de los logros y limitaciones del sistema científico-tecnológico nacional en este campo, permite llegar a algunas conclusiones y sentar las bases conceptuales que fundamentan las propuestas de este Programa.

Concretamente, el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología en Recursos Energéticos parte de las siguientes premisas:

#### 1. LAS RESPONSABILIDADES DEL SISTEMA CIENTIFICO-TECNOLOGICO

La responsabilidad principal y propósito prioritario de la comunidad científica y tecnológica en un país con apremiantes necesidades de desarrollo económico y social, como Colombia, debe ser contribuir eficazmente a incrementar la productividad de la economía y mejorar la calidad de vida de la población, particularmente la más marginada de los beneficios de la era actual.

Para que la contribución de la ciencia y la tecnología al proceso de desarrollo del país sea eficaz o exitosa, es preciso que las actividades de investigación y desarrollo cuenten con políticas específicas de

fomento, con la confianza del sector industrial y demás usuarios, y con suficientes recursos financieros y humanos que le permitan avanzar progresivamente por las diferentes etapas de la cadena tecnológica.

Esto requiere que cada componente del sistema científico-tecnológico juegue un papel y asuma unas responsabilidades específicas:

a) De parte de la comunidad científico-tecnológica, enmarcar y encadenar sus esfuerzos investigativos hacia metas de mayores posibilidades de aplicación dentro del contexto socio-económico e institucional del país. Esto requiere, a su vez, que las universidades y centros de investigación fomenten mejores nexos con la comunidad de usuarios de tecnologías y estimulen la concentración y continuidad de esfuerzos de sus investigadores, en vez de presionar su dispersión, como ocurre con alguna frecuencia en la actualidad.

b) De parte de COLCIENCIAS, asumir la responsabilidad principal por asegurar y canalizar suficientes recursos financieros para cumplir sus compromisos dentro de las primeras tres fases de la cadena tecnológica (ver Figura 1, más adelante), ya sea con recursos propios o a través de la promoción y proposición de legislación, líneas de crédito y otros mecanismos que los demás organismos del Estado puedan movilizar con estos propósitos. COLCIENCIAS debe asumir, en fin, el papel de promotor y catalizador para que los distintos elementos del sistema contribuyan efectivamente al desarrollo científico-tecnológico nacional.

c) Del Estado, crear los estímulos y mecanismos financieros para la utilización comercial o masiva de las soluciones desarrolladas.

d) De la Industria Nacional, utilizar con mayor intensidad la capacidad científico-tecnológica del país para la solución de sus problemas tecnológicos, antes de acudir al exterior donde esto no sea la única alternativa.

## 2. LA LIMITACION DE RECURSOS

El país desafortunadamente no cuenta con suficientes recursos financieros, humanos y materiales especializados para abarcar la totalidad de las actividades de investigación y desarrollo que sus necesidades y oportunidades energéticas le exigen acometer. Simultáneamente, se presenta un nivel desigual de avance en las distintas actividades científico-tecnológicas de este campo: unas en donde se dificulta avanzar, pues las condiciones económicas y sociales actuales lo impiden; otras donde hay resultados promisorios los cuales deben apoyarse para permitir avanzar de escala en la cadena tecnológica; y otros donde a pesar de las oportunidades y necesidades apremiantes del país, aún no se han movilizado esfuerzos de investigación y desarrollo.

Para el caso del sistema energético, tanto la limitación de los recursos mencionados como el desarrollo desigual de la investigación imponen la necesidad de fijar prioridades y canalizar por lo menos un 90% de los recursos financieros disponibles hacia proyectos que cumplan estrictamente con las prioridades fijadas.

## 3. EL REALISMO CIENTIFICO-TECNOLOGICO

La cadena tecnológica se compone por lo menos de las siguientes etapas sucesivas (véase la Figura 1): comenzando con la Investigación Básica (generación o aumento del conocimiento), se pasa a la Investigación Aplicada (nivel experimental de laboratorio o de prototipos), luego a la Realización Técnica o Desarrollo propiamente dicho (etapa semi-industrial, de demostración experimental y económica), y finalmente a la Producción en Serie o Difusión Masiva (no posee elementos de investigación y desarrollo, convirtiéndose así en la aplicación de tecnología dominadas; cuando ya la tecnología ha llegado a este nivel de maduración, deja de requerir el apoyo de organismos de fomento de la ciencia y la tecnología y pasa a depender de mecanismos corrientes de financiación de actividades comerciales o de desarrollo socio-económico).

En Colombia, la mayoría de los recursos financieros y esfuerzos de investigación se concentran en las primeras dos etapas, que generalmente no se conciben o implementan como un paso lógico y previo a las etapas posteriores. Sin embargo, es imposible afirmar que se ha obtenido un logro tecnológico si no se supera el punto "A" de la figura indicada, y se vuelve imperativo avanzar a la etapa de planta piloto o demostrativa que permita evaluar la rentabilidad comercial o social de los procesos estudiados bajo las condiciones típicas de nuestro medio.

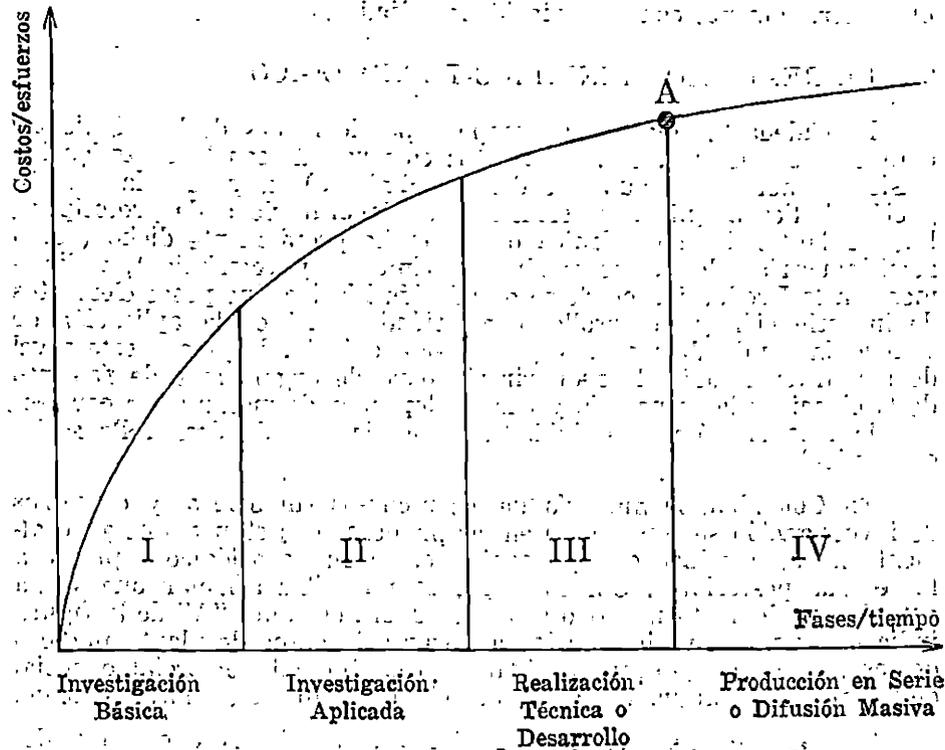
Partiendo de las premisas anteriores, es preciso reconocer que dependiendo de cada problema o área específica del sistema energético, en el país hay campos en donde se pueden realizar todas las etapas de la cadena tecnológica y otros en donde obviamente no se tienen las mismas posibilidades. Para la elaboración de cada subprograma específico, ha sido necesario evaluar críticamente en qué estado de avance nos encontramos y cuáles son las posibilidades realistas de lograr resultados progresivos en el mediano y largo plazo. Para aquellos casos en que es imposible o innecesario lograr el desarrollo local de la cadena tecnológica completa, dada la limitación de recursos o el conocimiento universal de tecnologías, explícitamente se reconoce que no se justifica continuar fomentando la investigación básica o ciencia pura como etapa inicial, sino que se trata ya de evaluar, adaptar y difundir tecnologías.

## 4. LA ESPECIALIZACION INSTITUCIONAL

En el punto anterior, se afirmó que la mayoría de los recursos de investigación y desarrollo en el país se han limitado a las primeras dos etapas de la cadena tecnológica. Esto tiene muchas explicaciones,

Figura 1-

ESQUEMA CONCEPTUAL DE LA CADENA TECNOLÓGICA



Conceptos Básicos:

1. Superar cada fase de la cadena de investigación y desarrollo requiere mayores esfuerzos y exige mayores inversiones, pero también que la fase previa haya sido concebida e implementada con la aplicación masiva en mente.
2. Si no se supera el punto A, no ha habido ningún logro tecnológico, y las inversiones en investigación y desarrollo no habrán producido resultados relevantes al país.
3. Si se trata de adaptación tecnológica, el proceso puede comenzar incluso en la Fase III.
4. El campo de acción de COLCIENCIAS se limita a las primeras tres fases que culminan con la puesta a punto de la tecnología para su difusión masiva. Sin embargo, deberá apoyar y podrá financiar parcialmente las actividades de difusión masiva cuando se trate de tecnologías novedosas o desarrollos nacionales que lo requieran para afianzarse en el país.

pero todas conducen a que el camino más fácil y de menor compromiso para los centros e instituciones involucradas en el sistema científico-tecnológico es la atomización y dispersión de esfuerzos, en donde todas las partes quedan satisfechas porque alguna labor se está haciendo, sin interesar los resultados.

Esta atomización y dispersión de esfuerzos, justificables solo si se percibe la investigación aislada como un complemento esencial a la docencia universitaria, implica así mismo la fragmentación excesiva de los recursos financieros disponibles e impide la acumulación progresiva de equipos y personal especializado que, junto con mayores montos financieros, permitirían aumentar el impacto social y económico de la investigación y desarrollo del país.

El programa aquí propuesto parte de la premisa que el país se beneficiará más si se canalizan suficientes recursos para permitir avances reales, aunque sea en menos frentes de trabajo pero con metas claras, definidas y con posibilidad de impacto, que con la atomización hacia pequeños y desgastadores esfuerzos aislados sin claridad de objetivos a largo plazo.

Si a esta apreciación se le agrega que la capacidad física e institucional de los diferentes centros o grupos de investigación es ciertamente limitada, se llega a la conclusión, que es necesario que ellos de cierto modo se especialicen en una o máximo dos áreas de investigación en el campo energético, de acuerdo con sus ventajas comparativas, sus avances y las necesidades del país<sup>1</sup>.

5. LA CONCERTACION DE PRIORIDADES

Las prioridades de investigación y desarrollo en ningún caso las puede ni las debe fijar COLCIENCIAS por sí sola, a pesar de ser el organismo estatal creado para la promoción de la ciencia y la tecnología en nuestro medio, sino que deben surgir de las necesidades y oportunidades detectadas conjuntamente por ella y las entidades estatales encargadas de fijar la política económica o administrar los recursos energéticos, por los gremios o sectores productivos involucrados en el desarrollo del sector, y por la comunidad científico-tecnológica que realiza o podría realizar las actividades de investigación y desarrollo en el área.

1. Es evidente que dentro de las universidades o instituciones más grandes y fuertes pueden existir varios centros o grupos de investigación que pueden participar en un programa de esta naturaleza. Sin embargo, se espera que cada uno busque consolidar una o dos líneas de investigación antes que multiplicar sus frentes de trabajo en detrimento de la calidad y proyección de sus resultados.

## 6. EVALUACION DE PROGRESO Y REAJUSTE DE PRIORIDADES

El proceso de la planificación, incluyendo el de la ciencia y la tecnología, es un proceso por naturaleza dinámico, de aproximaciones sucesivas, con ajustes de metas y prioridades en la medida en que se logren resultados positivos o negativos, o surjan nuevas circunstancias. Sin pretender que los reajustes se hagan diariamente, sí se considera necesario dotar desde el principio al Programa de los mecanismos de control, revisión, autocrítica y reorientación que le permitan a COLCIENCIAS analizar el grado de progreso que se va obteniendo, y aportar todo el apoyo institucional a su alcance para que los proyectos culminen exitosamente, además de planificar y reforzar los presupuestos para etapas posteriores. Los mecanismos previstos para corregir o evitar errores y revisar prioridades a medida que avanza el Programa permitirán que, sin dejar de impulsar de inmediato las actividades prioritarias ya detectadas, se garantice que en principio toda alternativa válida que se presente en el futuro reciba igual oportunidad de apoyo.

## IV

### ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION Y DESARROLLO

---

El sector energético se caracteriza por una importante actividad de instituciones del Estado que en mayor o menor grado participan en la planificación, financiación y ejecución de desarrollos en materia de exploración, explotación, transformación y comercialización de los recursos energéticos nacionales. La alta participación del Estado en las inversiones del sector lo hace particularmente apto para que su propio desarrollo impulse y acelere el avance de otros sectores de la economía.

Por otra parte, este sector es altamente intensivo en el uso de tecnologías extranjeras, y poco propenso a fomentar y utilizar desarrollos tecnológicos locales. Sin desconocer que el grado de madurez y la intensidad de capital de muchas de estas tecnologías extranjeras es tal que dificulta o torna innecesario el desarrollo tecnológico local, no deja de ser preocupante que se pierdan claras oportunidades de desarrollo y adaptación de tecnologías con los recursos humanos y materiales del país.

Si a las consideraciones por un lado de la oferta energética estatal se le agrega que en cualquiera de sus formas la energía es utilizada por todos los sectores productivos y grupos sociales del país, encontramos un vasto campo para ampliar el conocimiento científico-tecnológico hacia la solución de problemas energéticos específicos.

Los volúmenes de inversiones requeridas, los montos crecientes de importaciones de hidrocarburos líquidos y las necesidades generales de desarrollo económico y social del país, claramente indican las oportunidades —incluso exigencias— de la investigación y desarrollo en materias energéticas. Sin embargo, es necesario establecer y evaluar no solamente cuáles son esas oportunidades y exigencias, sino cuál es la capacidad científico-tecnológica real del país para encararlas.

La evaluación crítica de las actividades de investigación y desarrollo en los diferentes campos energéticos, le permite al país establecer con mayor certeza cuál es su capacidad humana, institucional y financiera para orientar en el corto, mediano y largo plazo, los distintos esfuerzos de desarrollo científico-tecnológico hacia el logro de sus objetivos energéticos, económicos y sociales.

Con base en los diagnósticos más detallados y extensos que para cada caso encomendó COLCIENCIAS<sup>1</sup>, en esta sección se presenta el estado actual de la investigación y desarrollo para los diferentes re-

---

1. Véase los informes de H. Rodríguez; R. Beltrán; A. Gómez, A.; Meleg, F. Navas y J. E. Torres.

cursos energéticos. Se ha preferido retener esta clasificación tradicional por recursos, no solamente porque los diagnósticos mismos fueron realizados por fuente, sino para reflejar más fielmente la segmentación institucional e investigativa con la cual convencionalmente se ha tratado la problemática energética.

Es necesario aclarar aquí que la fijación de prioridades de investigación y las futuras actuaciones de COLCIENCIAS en materia energética no se harán según esta misma clasificación, sino según áreas-problemas o necesidades sentidas, como se justificará oportunamente. Las indicaciones que esta sección trae sobre posibles líneas de investigación que para cada caso se podrían seguir, por tanto, simplemente buscan invitar a la reflexión y señalar el tipo de consideraciones que COLCIENCIAS tendrá en cuenta al evaluar propuestas de investigación y asignar sus recursos financieros.

Finalmente, se aclara también que las críticas y recomendaciones que para cada caso se esbozan están orientadas estrictamente a contribuir al desarrollo futuro de las actividades de investigación y desarrollo.

## 1. PETROLEO Y GAS NATURAL

En razón de las condiciones particulares de la búsqueda, producción, transporte, refinación y distribución de estos recursos, las actividades de investigación y desarrollo se han limitado casi exclusivamente a obtener el conocimiento de las tecnologías que se han venido aplicando en la industria petrolera, lo cual ha permitido adelantar negociaciones con proveedores y firmas extranjeras sobre equipos, métodos y proceso, para su introducción y aplicación en el país.

A pesar de existir problemas relacionados con la recuperación mejorada, la exploración en capas geológicas no tradicionales y la explotación de crudos pesados, no se han acometido proyectos de investigación que permitan obtener soluciones a estos casos concretos. El país podría aspirar a superar estos vacíos de investigación.

Con relación al gas natural, se han identificado una serie de posibles usos energéticos y no energéticos, como el metanol y el amoniaco-urea, utilizando procesos ya probados por empresas industriales de otros países. Estos procesos dependen para su desarrollo en el país, de las decisiones sobre negociación e importación de tecnología, de la participación del capital extranjero y de la obtención de financiación.

Actualmente, ECOPETROL está prestando su apoyo a los programas de investigación que en el área de petróleos adelanta la Universidad Industrial de Santander.

Indudablemente, con la definición de prioridades y el respaldo institucional y financiero de una empresa como ECOPETROL, la partici-

pación de COLCIENCIAS y el ICFES, y con las facultades especializadas en el área de petróleos existentes en el país, así como las facultades de geología y geofísica, la intensificación de la investigación en el área podría dar importantes resultados.

## 2. CARBON

Actualmente trece instituciones se encuentran adelantando programas sobre carbón, de las cuales once son centros universitarios y dos centros de investigación. Estos centros realizan proyectos de investigación en caracterización, beneficio, infraestructura, carbonización, gasificación, licuefacción, activación y usos de desechos de combustión. Existen estudios experimentales sobre uso de gas a partir del carbón como combustible para la industria, gas pobre de carbón para uso doméstico y utilización del carbón en mezclas de combustóleo.

En actividades relacionada con la sustitución, ECOPETROL adelanta un proyecto para adaptar a carbón sus calderas en la refinería de Barrancabermeja, así como otro para promover el uso de briquetas.

A pesar de la amplia cobertura temática, las actividades de investigación se adelantan con grupos muy reducidos, casi a nivel individual, y los investigadores dedican muy poco tiempo a estas labores frente a sus tareas docentes o administrativas. Sesenta y dos profesionales, de los cuales la mitad posee formación a nivel de post-grado, adelantan investigaciones relacionadas con el carbón, con un promedio de dedicación de cinco meses/hombre, siendo el 52% de este tiempo destinado a la labor de caracterización.

Las instituciones de investigación ofrecen servicios con el personal científico y los equipos disponibles, en el campo de los estudios geológicos y de evaluación de yacimientos, análisis físico-químico, estudios sobre caracterización físico-química y sobre explotación de minas y aspectos ambientales.

Muy pocos de los grupos de investigación existentes en el país adelantan proyectos demostrativos que permitan introducir nuevas tecnologías a las actualmente utilizadas. Se nota aquí un vacío grande a superar.

Puesto que las actividades de investigación se realizan simultáneamente con otro tipo de labores, generalmente docentes, es difícil precisar el valor de los recursos que se les asignan. Sin embargo, se ha llegado a estimar un valor de 41 millones de pesos en 1982, sin considerar la participación de la Cooperación Técnica Internacional.

A principios de 1980, COLCIENCIAS, CARBOCOL e INGEOMINAS publicaron una primera propuesta completa de un programa nacional de "Investigación y Desarrollo Tecnológico del Carbón", en consulta con el IIT, la Universidad Nacional, el DNP y expertos nacionales

de otras entidades. Si bien los esfuerzos reunidos allí y las acciones posteriores de estos organismos por concretar proyectos conjuntos, no llevaron de inmediato a la definición de una política nacional sobre investigación y desarrollo para el sector carbonífero, sentaron las bases para el inicio del Subprograma aquí contemplado. Por su parte, la canalización de recursos financieros adicionales por parte de COLCIENCIAS, CARBOCOL y el ICFES, permiten visualizar una etapa más fructífera para la investigación y desarrollo en este campo. CARBOCOL ha mostrado gran interés en promocionar y adelantar algunos programas de investigación y desarrollo en las áreas de caracterización, transporte y seguridad minera. Así mismo, ha realizado un censo sobre reservas, estado de las minas y producción, que se constituye en un elemento importante para la futura programación y determinación de prioridades en el área. Además, ha manifestado la urgencia de establecer un servicio de información para las diferentes actividades de la industria y está constituyendo un Fondo conjunto con COLCIENCIAS para financiar proyectos de investigación y desarrollo en materias carboníferas.

Los centros universitarios, a través de los programas BID-ICFES, recibirán un gran apoyo financiero para establecer programas de postgrado sobre mecanismos de carbonización, licuefacción, estructura del carbón, carboquímica, geología del carbón, seguridad de minas, combustión y gasificación, ejecutados por las Universidades Nacional de Bogotá y Medellín y la Universidad Industrial de Santander.

Complementando las actividades de los centros universitarios con las de otros centros de investigación, se podrán atender los requerimientos sentidos de los productores y la industria, impulsando actividades encaminadas al desarrollo de tecnologías para mediana minería, reforzando la infraestructura de la investigación alrededor de los grupos ya existentes e intensificando la investigación en tecnologías de combustión y gasificación. El trabajo sobre gasificación, aunque costoso, puede constituirse en un paso importante hacia el establecimiento de opciones rentables para un mayor uso del carbón en el país.

### 3. ENERGÍA ELÉCTRICA

En el área de energía eléctrica, una parte de la investigación básica está dirigida hacia el conocimiento de los recursos hídricos y la otra hacia la investigación de los sistemas eléctricos.

La investigación sobre recursos hídricos tiene antecedentes en el "Estudio del Sector Energía Eléctrica", con el cual se determinó un potencial hidroeléctrico de 93.085 MW en proyectos superiores a 100 MW.

De otra parte, y sin entrar a considerar los estudios que requiere cada proyecto en particular, se tienen inventarios para la instalación de pequeñas centrales hidráulicas (PCH) en el país, realizado por el

ICEL, y otro específico para el departamento de Antioquia, producto de un trabajo adelantado por la Universidad de Medellín. Estas actividades son apoyadas por los proyectos sobre cuencas hidrográficas y las labores de investigación y medición de institutos especializados como el HIMAT, el IGAC e INGEOMINAS. Sin embargo, ante las grandes perspectivas que ofrecen las PCH como medio de electrificación de zonas aisladas, se considera insuficiente el trabajo en este sentido.

Mientras que en investigación básica de los sistemas eléctricos no se adelanta ninguna actividad en el país, en actividades de desarrollo se tienen los estudios que, mediante modelos básicos de componentes de proyectos hidroeléctricos como presas, vertederos, etc., adelantan las Universidades Nacional, del Valle y de los Andes, habiendo propuesto esta última un análisis *ex post* de los desarrollos hidroeléctricos.

Respecto a componentes y equipos como turbinas, pequeñas turbinas, microcentrales y sus sistemas de control, transformadores, posterioría, condensadores, generadores y motores, hay algunos desarrollos por parte de la CVC, las Universidades como la del Valle, Cauca, U.I.S., Andes y Bolivariana, y por diferentes empresas privadas interesadas principalmente en los mercados nacional y del Grupo Andino. Las actividades de adaptación y transferencia de tecnología también son comunes, especialmente en el área de microturbinas, condensadores, motores y tableros eléctricos.

De otra parte, ISA, Planeación Nacional, ICEL y EPM desarrollan modelos de planeamiento de expansión del sistema eléctrico nacional, de planeamiento operativo, capacidad rodante, transmisión a grandes distancias, seguridad y costos de los racionamientos.

De acuerdo con los resultados de los planes de generación y transmisión, ISA con la colaboración de la Universidad de Antioquia y COLCIENCIAS, ha desarrollado modelos básicos de desagregación tecnológica de actividades para el control de un proyecto hidroeléctrico en ejecución y de equipos para proyectos de generación hidroeléctrica, líneas de transmisión y subestaciones, como una contribución a la programación de la producción de bienes de capital en el país.

En cuanto al planeamiento de los proyectos, el sector eléctrico sobresale como uno de los más desarrollados en el país, producto de la sólida capacidad institucional y un conocimiento adecuado de su realidad financiera. Esto ha permitido definir claramente algunas de las metas, lográndose importantes realizaciones, pero quedando de por medio impulsar una gran variedad de actividades en investigación, desarrollo, adaptación, difusión de tecnologías y desagregación tecnológica, las cuales constituirán en el mediano plazo un aporte al desarrollo del sector eléctrico y más especialmente del sector industrial del país.

#### 4. ENERGIA NUCLEAR

La relativa abundancia de recursos energéticos primarios, suficientes para sustentar el desarrollo eléctrico nacional por lo menos otros 25 años, ha hecho que en Colombia la opción nuclear de generación eléctrica haya recibido escasa atención en las políticas y los programas energéticos. Aún así, la mayoría de los estudios coinciden en reconocer que la nucleoelectricidad sí será opción para el siglo entrante.

Dadas las altísimas exigencias técnicas, científicas, industriales e institucionales que implican un programa de desarrollo nucleoelectrico, aún a veinte años visto, es necesario evaluar críticamente en qué estado de avance se encuentra ya el país en materia nuclear, y qué acciones se deben emprender hoy para llevarlo a un nivel de preparación que le permita encararlo sin improvisaciones que le resten capacidad de negociación y absorción de tecnologías.

En Colombia, la mayor cantidad y diversidad de actividades en materia nuclear las adelanta el Instituto de Asuntos Nucleares (IAN), como entidad responsable del desarrollo del sector y sus aplicaciones desde 1959. Para ello, emplea una nómina de profesionales adecuadamente capacitados, además de una biblioteca actualizada que satisface sus necesidades.

Desde 1965, el IAN opera un reactor experimental de 20 kw y ha dirigido su utilización predominantemente hacia las aplicaciones de radioisótopos.

Además de prestar servicios de seguridad y protección de radiaciones ionizantes, particularmente en Bogotá, el IAN tiene en marcha investigaciones en aplicaciones no energéticas que se realizan en áreas como la medicina, la minería, la hidrología, la agricultura, etc., que deben quedar enmarcadas dentro de otros aspectos de Plan Nacional de Ciencia y Tecnología 1983-1986.

El Instituto de Asuntos Nucleares desempeña una importante labor de análisis de muestras de minerales nacionales de uranio y ha montado un laboratorio para la producción de torta amarilla, concebido como paso previo al montaje de una planta piloto. Estas dos actividades pueden considerarse como preparatorias de un Programa nucleoelectrico.

Las demás actividades del país en materia nuclear tienen que ver principalmente con la aplicación no energética en el sector de la salud. Hay también una pequeña actividad hacia la formación universitaria mediante la cual el IAN recibe estudiantes para prácticas, conferencias, cursos y proyectos de física. Sin embargo, no existen programas de formación profesional en el país, teniendo que acudir el IAN al envío de personal al exterior para su capacitación.

El IAN en diciembre de 1983, le presentó al país un programa titulado "Plan de Desarrollo Nuclear", el cual esboza los programas

del Instituto en lo que respecta a Radioprotección y seguridad nuclear, Investigación y aplicaciones nucleares, Minerales de interés nuclear, Desarrollo en el campo nuclear y Planeamiento y apoyo. Para poder garantizar en los aspectos relacionados con producción e irradiación, el desarrollo del programa se requiere, según este documento, el cambio del núcleo del reactor y la renovación de la consola de control.

En la actualidad el IAN impulsa acciones tendientes a garantizar la infraestructura que le permita emprender un programa de esta magnitud.

#### 5. ENERGIA DE BIOMASA

##### 5.1. Leña, carbón y residuos vegetales

El uso de la biomasa por combustión directa no sólo se conoce bien desde tiempos antiguos, sino que todavía participa hoy en forma muy importante en el balance energético de Colombia. La leña es la fuente principal de energía para la cocción del 75% de los hogares rurales, y otro 5% lo utiliza como fuente secundaria de energía, para el mismo fin. Se estima que en 1981 el consumo residencial de leña llegó a casi 9.4 millones de toneladas. Por otra parte, los residuos vegetales también son ampliamente utilizados, no solamente en algunos procesos sino en otras industrias (cisco de café o de arroz en la producción de ladrillo) <sup>1</sup>.

Agrupamos aquí las actividades de investigación y desarrollo en estas áreas, por contar con un inventario conjunto de ellas encomendado por COLCIENCIAS <sup>2</sup>. De 27 instituciones nacionales en principio involucradas en el área, se encontró que solamente 10 tienen alguna actividad investigativa relacionada, dos con trayectoria superior a los 6 años. Los estudios y desarrollos que se realizan en estos temas incluyen proyectos en: <sup>3</sup>

— *Combustión directa de desechos y de madera:* Se estudia la factibilidad técnica y económica de aprovechar residuos de aserraderos; se ha obtenido una planta demostrativa para combustión de desechos

1. Véase Torres, J. E. "El Balance Energético Rural de Colombia y su Contexto Socio-económico 1981". CEDE/U. Andes. Nov. 1982, y COLCIENCIAS, julio 1983.

2. Véase Beltrán, R. "Caracterización Físico-química de madera y residuos agroindustriales: utilizados como combustibles-inventario de actividades de investigación y desarrollo en Colombia". Bogotá, U. Andes/COLCIENCIAS, 1983.

3. Las demás actividades tratadas en el inventario mencionado corresponden a hidrólisis de almidones para mezclas carburantes, otros proyectos de alcoholes combustibles y fermentación anaeróbica, que serán comentados en las sesiones correspondientes.

en lecho fluidizado y un prototipo de quemador en lecho fijo de tulas e intercambiador de calor; se desarrollan estufas mejoradas para briquetas, equipos industriales para la combustión de residuos para generar vapor y calor de secado, y hornillas paneleras autosuficientes en bagazo.

— *Pirólisis:* En la UIS se desarrolla una planta piloto móvil para pirólisis de residuos de madera con recuperación de subproductos.

— *Carbonización:* Se han realizado análisis físico-químicos de desechos de madera y sus características de carbonización con especies aptas.

El área de combustión directa es la que mayor actividad muestra entre estas, involucrando al ICA, al IIT, a las Universidades de los Andes y del Valle, y a empresas comerciales que han logrado adaptaciones tecnológicas importantes. Aunque los recursos utilizados y disponibles son pequeños, se cuenta ya con un trabajo que tiene trayectoria de varios años y que de continuar, permitiría un desarrollo tecnológico del área y de otras relacionadas, como la combustión del carbón.

La gasificación de la madera y de desechos está prácticamente abandonada. Esfuerzos anteriores en materia de gasificación (U. de los Andes) fueron suspendidos por los pobres resultados obtenidos, pero el IIT ha comenzado exploraciones en el área.

Aunque no se tienen cifras muy precisas sobre los recursos financieros movilizados hacia proyectos, se estima que en promedio cada uno gasta unos 247 mil pesos, salvo en el caso de ciertas empresas cuyas calderas y secadores cuestan más por tratarse de equipos industriales.

Esto explica por qué en los centros de investigación escasamente se haya pasado del nivel de prototipos, que la mitad de los proyectos de combustión solamente haya involucrado un mes/hombre cada uno, que las actividades se constituyan más bien de carácter informativo o de apoyo a la docencia universitaria, y que no se haya identificado muy claramente el sector económico hacia el cual se dirigen los esfuerzos de investigación.

De continuar este panorama de bajos esfuerzos y pocos recursos, no parece muy promisorio que las actividades de investigación produzcan impacto alguno en la economía o la sociedad. A pesar de que son susceptibles de ser abordados temas que tocan a grandes núcleos de la población (sector campesino) o a actividades económicas de significación dentro del país (procesos agro-industriales y forestales que producen altos volúmenes de desechos en forma concentrada y periódica), hasta el momento no se les ha asignado suficientes esfuerzos ni se ha concebido la contribución de la investigación y desarrollo al cambio de estos sectores.

Siendo así, dentro de su "Subprograma de Desarrollo, Adaptación y Difusión de Tecnologías", COLCIENCIAS apoyará el inicio de accio-

nes en este campo, en la medida en que éstas se conciban e implementen bajo los criterios fijados por este Programa. En este campo, donde las oportunidades son tan vastas, y las instituciones de investigación y desarrollo tan capacitadas, el país puede esperar muchos mayores resultados que los obtenidos hasta el momento.

## 5.2. Alcoholes

No hay duda que el programa brasileiro de sustitución de combustibles líquidos por alcoholes provenientes de la biomasa ha sido uno de los principales ejemplos mundiales de la respuesta efectiva que un país puede dar a la crisis petrolera surgida en la última década. Este programa ha movilizado gigantescos esfuerzos de investigación y desarrollo en términos de recursos humanos, infraestructura de investigación (equipos y laboratorio), así como el firme compromiso político de sortear y resolver todos los obstáculos para su implementación a medida que estos ocurrieran.

En Colombia, las principales actividades de investigación y desarrollo de alcoholes provenientes de la biomasa para mezcla con combustibles, se han realizado en la UIS (desde 1978) y en el CESET de la Universidad de Antioquia (desde 1980), con actividad tangencial o sin seguimiento actual por lo menos en la Universidad del Valle, el IIT y la Universidad de los Andes.

Tanto los esfuerzos de la UIS como los del CESET pertenecen a programas muy activos de alguna proyección, que han incluido etapas de demostración en vehículos, y han establecido puentes con usuarios potenciales (convenios UIS-INTRA, UIS-ECOPETROL, UIS-LICORERA DE SANTANDER y CESET-FABRICA DE LICORES DE ANTIOQUIA).

La UIS ha concentrado mayores esfuerzos en el trabajo con materias primas, y el CESET ha enfatizado la utilización de etanol para fines industriales, con una superposición de temas que les permite confrontar algunos resultados.

Los proyectos que se han realizado en el área incluyen:

— *Evaluación de materias primas:* Se han estudiado la yuca y otros productos agrícolas ricos en almidones, la caña panelera, la caña de azúcar, la celulosa, etc.

— *Mezclas:* Se han analizado propiedades físicas, químicas y carburantes de distintas mezclas con crudos pesados y aceites; además se ha trabajado sobre el equilibrio líquido, vapor, la deshidratación y el almacenamiento de etanol; problemas de corrosión.

— *Etanol anhidro:* Se desarrolla una planta piloto de deshidratación de etanol, existen diseños de miniplantas de deshidratación, etc.

— *Procesos y productos químicos:* Fermentación continua, uso de etanol como materia prima de productos químicos.

— *Motores:* Se han realizado pruebas de motores en banco con diferentes proporciones de mezcla, así como pruebas en ciudad y carretera de diferentes vehículos.

— *Prospección económica:* Los trabajos del CESET incluyen la evaluación de los posibles impactos socio-económicos de un programa de alcohol; la UIS no ha abordado el tema. Otros grupos (OEA/DNP, ENE, Universidad de los Andes y ECOPETROL) también han trabajado el tema sin contundencia de los resultados.

En Colombia se ha logrado demostrar técnicamente el funcionamiento de las mezclas de gasohol y las posibilidades de convertir el alcohol en una alternativa económica y socialmente sustentable, si se tiene en cuenta el volumen de divisas que utiliza el país para la importación de combustibles y la posibilidad de incorporar a la economía nacional sus abundantes recursos.

Es importante destacar el papel que ECOPETROL puede jugar en el desarrollo de proyectos de esta naturaleza, ya que a través de los mismos puede contribuir al desarrollo de fuentes energéticas alternativas al petróleo.

### 5.3. Biogas

— El biogas es producido por la digestión o fermentación anaeróbica de material orgánico, principalmente desechos. Además de obtener gas combustible, la biodigestión ofrece una solución a la contaminación originada por los desechos orgánicos y produce abonos enriquecidos y material que puede emplearse para alimento de animales.

En Colombia la experiencia lograda en este campo permite la construcción de plantas que eventualmente satisfacen las necesidades energéticas, desde un hogar campesino hasta una granja de mayores proporciones. En los centros de investigación universitarios o tecnológicos, las actividades hasta el momento se han concentrado en la familiarización con las tecnologías y las materias primas disponibles en el país, casi exclusivamente a nivel de laboratorio, sin una proyección de difusión acentuada. Por otra parte, se ha logrado un pequeño grado de comercialización por parte de algunas firmas especializadas. Sin embargo, los costos de un biodigestor comercial de tamaño familiar aún son altos.

La experiencia colombiana, a pesar de tratarse de tecnologías ampliamente conocidas, no es muy halagadora. Casi todos los biodigestores con base en desechos agrícolas (pulpa de café, por ejemplo) han

fracasado, aunque se ha obtenido mayor éxito en los que emplean estiércol de animales. Los problemas más comunes se refieren a la selección inadecuada de materiales para la construcción del biodigestor, así como al desconocimiento de su operación, no sólo por parte del usuario sino muchas veces del mismo constructor.

Por otra parte, el enfoque predominante de considerar el biogas como una alternativa para la cocina rural no ha conducido al desarrollo pleno de su potencial, ni como combustible para otros usos (iluminación, pequeños motores), ni como generador de biofertilizantes, alimento de estanques peceros, etc. Vista la biodigestión como un proceso de múltiples propósitos y teniendo en cuenta consideraciones elementales para su difusión (como abundancia, periodicidad, distribución espacial y accesibilidad económica de las materias primas), se puede esperar de él una mayor contribución al desarrollo rural y agroindustrial.

En este sentido, no se puede descartar la investigación y desarrollo en este campo, particularmente si busca la apropiación de tecnologías, mejoramiento de materiales, conocimiento pormenorizado de los procesos físico-químicos, diseño de prototipos u otras actividades que permitan ubicar su pleno potencial de aplicación y difundir la tecnología donde sea ventajosa. Por otra parte, en casos como el de los biodigestores con pulpa de café que en Colombia no han funcionado, y dada la importancia del cultivo en el país, sería aconsejable evaluar e internalizar la experiencia exitosa de algunos países centroamericanos, en lugar de abandonar los esfuerzos.

## 6. ENERGIA EOLICA

En cuanto a actividades en el área de la energía eólica, en molinos de viento para el bombeo de agua se ha trabajado en las Universidades Pontificia Bolivariana, del Valle y de los Andes, además del Centro Las Gaviotas y firmas comerciales como Molinos Gavilán. Estos molinos son de baja potencia y sirven para bombeo de agua de 20 a 25 metros de profundidad, con capacidades que oscilan según la altura y velocidad del viento.

El Instituto de Ensayos e Investigaciones de la Universidad Nacional (IEI), con un equipo de cuatro ingenieros, tres operarios y seis estudiantes, es el único centro identificado en el país que ha comenzado trabajos en el diseño y construcción de un generador eólico.

De la recolección de datos de 23 estaciones en las cinco zonas geográficas del país, el ENE encontró alto potencial eólico en la Costa Atlántica y en los Llanos Orientales (diciembre a marzo). En las demás zonas, incluyendo la Andina, el potencial es bajo en general, con fluctuaciones estacionales que impedirían la aplicación de la energía eólica salvo en casos donde pueda tolerarse un funcionamiento aleatorio o

donde se disponga de sistemas de almacenamiento con adecuada capacidad<sup>1</sup>.

La investigación y desarrollo en este tema podría orientarse hacia molinos livianos de bajo costo y pocas exigencias de instalación y mantenimiento, específicamente para aplicaciones y localidades donde la energía eólica pueda demostrarse atractiva frente a otras opciones. En términos de aerogeneradores eléctricos, sería aconsejable esperar los resultados del trabajo del Instituto de Ensayos e Investigaciones y la eventual realización de mapas eólicos regionales más completos, antes de emprender nuevos esfuerzos de significación.

## 7. ENERGIA SOLAR

Indudablemente, uno de los campos de investigación y desarrollo más activos y que moviliza mayor volumen de recursos financieros y profesionales especializados entre las FENR, es el de la Energía Solar. El estado actual de desarrollo de este campo, sin embargo, es desigual según la aplicación o tema especializado del que se trate.

Por su ubicación tropical, Colombia cuenta con una radiación solar relativamente uniforme a lo largo del año, lo cual ciertamente es una ventaja para el empleo continuo de dispositivos solares.

Existe un mapa de brillo solar para el país (DER-IAN-1979), que muestra las diferencias regionales en la duración promedio anual del brillo. Por su parte, el HIMAT recopila información diaria que permite establecer horas de brillo y niveles de radiación en estaciones dispersas a lo largo del país. Con esta información, se ha llegado a la conclusión que la radiación promedio anual en el país es de 4.5 kwh/m<sup>2</sup>, lo cual significa que para departamentos como Antioquia, Boyacá, Cauca, Cundinamarca, Nariño y Santander, se requerirían superficies de 0.8 m<sup>2</sup> de colector solar/por persona/para calentador es de agua, mientras que en zonas calientes se requerirían superficies de 0.5 a 0.6 m<sup>2</sup>/persona.

Recientemente el mapa de brillo ha sido complementado con un mapa de radiación solar para los Territorios Nacionales con base en información existente (CESEN/ENE, 1983) y se han emprendido labores por parte del Instituto de Asuntos Nucleares para realizar un Mapa o Atlas de Radiación Solar más completo, con base en mediciones experimentales, que en principio deberá contribuir a mejorar la eficiencia de captación de energía por parte de los dispositivos existentes o en diseño.

1. Ministerio de Minas y Energía/Departamento Nacional de Planeación, *Estudio Nacional de Energía*, preparado por Mejía, Millán y Perry Ltda. Bogotá, 1982.

### 7.1. Calentadores de agua

En el tema de calentamiento de agua, básicamente se han logrado superar las etapas de investigación básica aplicada y de realización técnica, para situarnos en la difusión masiva o comercial, por lo menos para ciertos estratos de ingresos o aplicaciones industriales. Se cuenta incluso con normas técnicas para calentadores solares establecidas por INCONTEC, aunque el banco de pruebas de colectores solares que la Universidad Nacional de Bogotá proyecta instalar aún no ha sido importado. El montaje de bancos de pruebas es importante para ejercer el debido control de calidad de las instalaciones solares futuras.

A pesar de la difusión acelerada de instalaciones de este tipo, a través de urbanizaciones como la Nueva Villa de Aburrá (Medellín) y Niza VIII (Bogotá), subsisten retos importantes para la comunidad de investigación y desarrollo: degradación de materiales, aislamientos, diseño, costo de los tanques, materiales y métodos de producción, para reducir costos así como eventualmente pasar a desarrollar colectores de alta temperatura para otras aplicaciones industriales.

### 7.2. Destiladores solares

Los destiladores solares han sido ampliamente estudiados, aunque no en la forma sistemática que permitiría establecer tanto la durabilidad de los materiales como la calidad de agua destilada. En este tema no ha habido suficiente continuidad ni se ha llegado en la práctica a la etapa de demostración. Es un área que definitivamente amerita mayor actividad, particularmente si se tiene en cuenta que gran parte de la población rural no tiene acceso a aguas limpias.

### 7.3. Secadores de grano

En el secado de granos, el trabajo ha sido insignificante comparado con el potencial de aplicación (se pierde hasta el 30% de algunas cosechas por almacenamiento húmedo). Si bien han sido construidos algunos prototipos, no se ha demostrado claramente la conveniencia de su uso. Como en los casos anteriores, subsisten problemas de durabilidad de materiales y de costos. Por la importancia de este proceso en la conservación de productos agrícolas el tema amerita el estudio sistemático y expandido, buscando particularmente pasar a la instalación de equipos de demostración que permitan evaluar su viabilidad técnica y económica.

### 7.4. Refrigeración solar

La refrigeración solar cuenta básicamente con tres alternativas:

1. Utilización de celdas fotovoltaicas para la generación de electricidad, acumulada en baterías. Su principal limitante es el elevado costo de generación de la electricidad.

2. La utilización de motores solares, que son poco eficientes y requieren acumulación de calor a altas temperaturas difíciles de obtener (100°C).
3. Mediante absorción, evaporación de líquidos refrigerantes a baja presión y expulsión de calor durante condensación a alta temperatura.

Los ensayos que se han realizado en el país, casi exclusivamente a nivel de experimentación universitaria, no han sido exitosos. Actualmente, no se detectan actividades en este tema a pesar que muchas comunidades aisladas no disponen de medios para almacenar productos perecederos (vacunas, pescado, etc.). Nuevamente aquí se detecta un divorcio entre las necesidades socio-económicas y las actividades investigativas.

#### 7.5. Celdas fotovoltaicas

El último tema de energía solar, en el que se ha trabajado bastante, particularmente en la Universidad Nacional y algunas empresas comerciales, es el de las celdas fotovoltaicas. Se trata aquí de una tecnología de altos costos (es la alternativa de generación eléctrica más cara del mundo por kw instalado) y de poco potencial de aplicación a mediano plazo en el país, salvo para usos puntuales (electrónica, telefonía rural).

Por otra parte, se trata de una tecnología de producción sofisticada y en relativamente rápido proceso de evolución, y se espera que antes de finalizar la década deberá haber reducciones drásticas en los costos. Los cambios en materiales y procesos que se están investigando en otros países requieren infraestructura tecnológica y humana con la que hoy no cuenta Colombia.

Dado lo anterior, no se encuentra razonable, por el momento, entrar a la producción comercial de celdas (cuya tecnología de producción puede volverse obsoleta antes de la recuperación del capital), ni desviar los recursos humanos y financieros hacia el desarrollo de tecnologías propias. Se recomienda sostener básicamente actividades en el diseño e ingeniería de sistemas de utilización de esta tecnología.

### 8. GEOTERMIA

La tecnología para el aprovechamiento del vapor de agua seco o saturado que se encuentra debajo de la superficie de la tierra en algunas zonas, es una tecnología totalmente conocida y madura, con costos que fluctúan entre US\$ 0.03/kwh (vapor seco) y US\$ 0.06/kwh (vapor saturado).

En Colombia, las actividades en energía geotérmica las han venido realizando desde 1978 el ICEL y la CHEC, con cooperación del gobierno

italiano y de OLADE. Estas actividades se han centrado en el reconocimiento de zonas y evaluación del potencial geotérmico, habiéndose identificado ocho proyectos de buenas posibilidades. Se han definido como zonas de máxima prioridad las de Chiles-Cerronegro y Azufral en Nariño, siguiendo con prioridad media las del Nevado del Ruiz y las de Paipa-Iza.

Para establecer la verdadera magnitud de los recursos, aún hace falta la perforación de pozos geotérmicos (con profundidad de 5 a 6 kilómetros). Se está considerando la instalación de una planta de demostración del orden de 10 MW hacia 1989, y para ello se sigue la estrategia de capacitación de personal colombiano en el manejo de esta tecnología. Se descarta totalmente la posibilidad de ningún tipo de desarrollo tecnológico propio en este campo, aún muy desconocido en nuestro medio.

### 9. CONSERVACION O AHORRO DE ENERGIA

Una de las metas más importantes de la política energética de la mayoría de los países, incluyendo a Colombia, es la disminución del crecimiento del consumo de energía, particularmente de hidrocarburos líquidos. A pesar que el crecimiento de la población y de la economía genera mayores demandas de energía, esta disminución se puede lograr, por lo menos parcialmente, mediante la racionalización del uso de diversos agentes energéticos.

En otras secciones, se han destacado algunas de las investigaciones y desarrollos tecnológicos que conducirían al uso racional de los recursos energéticos, mediante la sustitución de derivados del petróleo con fuentes relativamente más abundantes en la geografía nacional.

En esta sección, se concentrará la atención en otra forma de racionalización de perspectivas halagadoras, aún en el corto plazo, por no siempre requerir cuantiosas inversiones en el cambio de equipos y procesos. Se trata de la conservación o ahorro de energía, que busca minimizar el requerimiento energético para producir un mismo nivel de bienes o servicios.

En los últimos años ha habido algunas propuestas tanto a nivel estatal como gremial para emprender estudios y programas nacionales de conservación de energía, generalmente enmarcados dentro de la Cooperación Internacional (OEA, España, Francia, Alemania Federal y Brasil, entre otros). Aunque estas iniciativas apenas comienzan a materializarse en la formulación de un programa nacional decidido y coordinado, las experiencias de los últimos años han sido esenciales para su configuración. La mayor parte de los esfuerzos en este campo se han hecho en torno al sector industrial.

El Estudio Nacional de Energía (ENE), con colaboración del Gobierno de Alemania, realizó estudios detallados en cinco ramas industriales responsables por aproximadamente el 80% del consumo energé-

tico industrial de 1980. Este trabajo ha mostrado las posibilidades específicas de ahorro y sustitución en las ramas de cemento, siderurgia, pulpa y papel, alimentos, petroquímica y refinación de petróleo.

Por su parte, el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT) encontró que el potencial de ahorro de combustible en el sector de vidrio es de 37%, en el de productos químicos del 40% y en el de destilados de licores del orden del 18%, si se compara con parámetros internacionales.

El CIDI, de la Universidad Pontificia Bolivariana, ha realizado estudios específicos en empresas como la Fábrica de Licores de Antioquia, Jabones Inextra, Cales Primical y la Compañía Nacional de Chocolates, encontrando en todas posibilidades rentables de conservación.

Dentro de sus actividades en el área de conservación de energía, la Universidad de los Andes proyecta un inventario de calderas con la medición de sus eficiencias.

Empresas como ENKA de Colombia, Bavaria, Coltejer y Fabricato han realizado auditorías energéticas y han tomado medidas de ahorro consecuentes con sus resultados. A nivel empresarial o gremial, la ANDI e ISA también han contribuido a la concientización industrial del potencial de conservación, particularmente a través de campañas de difusión y la publicación de un manual de ahorro energético.

El ENE, con la colaboración de la ANDI, realizó una encuesta de Usos en el Sector Industrial, en 515 establecimientos con un número superior a 200 trabajadores. El Ministerio de Minas y Energía, además de colaborar con la anterior iniciativa, ha financiado la inclusión de módulos de consumo energético en las encuestas industriales del DANE, útil marco de referencia para el trabajo en el área.

Así mismo, el Ministerio ha emprendido un Programa Nacional para el Uso Racional de la Energía en el Sector Industrial, el cual pretende determinar una política coherente y permanente para, como mínimo, mantener el volumen absoluto de consumo de combustibles líquidos proyectados para el sector industrial antes de la recesión económica de 1984 y permitir la sustitución técnica y económica hacia recursos energéticos más abundantes.

Pasando a las actividades en torno a conservación en otros sectores de la economía, los esfuerzos principales se han visto en el proyecto MOPT-OEA (1982-1983) actualmente en ejecución sobre el uso racional de energía en el transporte, que ya ha determinado los perfiles de consumo de cada modo de transporte, su eficiencia energética, tipo de servicio y forma de energía, así como las áreas críticas para la conservación y ahorro de energía. De otra parte, la Universidad del Valle ha programado realizar un estudio sobre posibilidades de racionalización energética en el transporte de la ciudad de Cali.

A nivel residencial hace falta investigación y desarrollo, particularmente para disminuir el consumo en los electrodomésticos producidos en el país, bajo los patrones internacionales de épocas anteriores de energía barata.

Finalmente, la poca actividad que se ha desarrollado en términos de conservación energética en construcciones, se ha realizado en la Universidad de los Andes, que actualmente tienen en operación un equipo de medición digital para determinar el uso de energía en edificaciones.

Se puede observar que la mayoría de estos trabajos son realmente estudios sobre las posibilidades técnicas, y a veces financieras, de disminución de los requerimientos de combustibles en los procesos industriales con los equipos actualmente en servicio.

## 10. PLANEACION Y POLITICA ENERGETICA

En Colombia las actividades investigativas de más vieja data y mayor consolidación en este campo son las de los subsectores eléctrico y petrolero, que ya han sido reseñadas en sus respectivas secciones. En materia de desarrollo carbonífero, las investigaciones sobre planeación y política se han intensificado principalmente a partir de la evaluación de los proyectos de El Cerrejón.

La planeación del desarrollo de recursos energéticos y la fijación de políticas de precios, subsidios, comercio exterior y otras materias, tradicionalmente han sido respaldadas por estudios e investigaciones realizadas por las mismas entidades públicas responsables por su ejecución, o por grupos consultores o centros de investigación contratados para ello. Es así como el país cuenta con una sólida capacidad para realizar en forma autónoma la mayoría de los estudios de modelaje o estrategias energéticas, prefactibilidad, factibilidad, ingeniería básica y de detalle para las diferentes áreas salvo en algunas especialidades para las que aún es necesario contratar entidades extranjeras. Sin embargo, el Estado siempre ha hecho amplio uso de la consultoría y la cooperación técnica internacional en estas materias, no siempre con el debido cuidado para garantizar la absorción de metodologías y el control nacional sobre las recomendaciones de inversiones o políticas.

A partir de 1979, con la realización de investigaciones en el Departamento Nacional de Planeación y la Universidad de los Andes, se comienza en firme a estudiar las diferentes fuentes y demandas energéticas dentro de un marco más integrado que lo tradicionalmente acostumbrado. Con la realización de las primeras dos fases del Estudio Nacional de Energía —ENE— (1980-1982 y 1982-1983), la investigación básica para la planificación integrada del sector energético asume raíces más profundas.

El ENE-I desarrolló herramientas para la planeación energética global llevadas a cabo bajo la coordinación e intervención del DNP y

el Ministerio de Minas y Energía por consultores colombianos, de Alemania, Suiza, el BID y la OEA. Los principales trabajos de esta fase incluyeron el desarrollo de modelos de simulación, modelos de oferta de recursos convencionales, funciones de demanda, evaluación socio-económica de alternativas de oferta y demanda, así como estudios sobre la posibilidad de gasificar el carbón y producir metanol o etanol y los ya mencionados estudios sobre uso de energía en la Industria. Así mismo, se establecieron los balances energéticos desde 1970 y las bases para un Sistema Nacional de Información Energética (SIE), que se ha ido sistematizando y perfeccionando en el ENE-II con colaboración de las entidades del sector.

El ENE-II, que se ejecuta por un grupo especial creado en el DNP con apoyo de consultores nacionales y asesoría técnica internacional, ha continuado profundizando en el estudio del uso de energía, particularmente los sectores de industria, transporte, agricultura y el medio rural, extendiendo su actuación hacia estudios para resolver los problemas energéticos de los territorios nacionales, la Costa del Pacífico y San Andrés.

El Ministerio de Minas y Energía ha participado activamente en ambas etapas del ENE, y ha promovido varias iniciativas en materia de las fuentes de energía nuevas y renovables (FENR) y de la conservación y sustitución de energía en el sector industrial. En la actualidad, su interés se centra en el "Plan Minero" que han comenzado a desarrollar consultores nacionales, y en el censo del carbón anteriormente mencionado.

COLCIENCIAS ha financiado varias investigaciones de la Universidad de los Andes en el campo de la planeación y política energética, además de los diagnósticos sobre el estado actual de la Investigación y Desarrollo en los diversos recursos energéticos. Otras entidades públicas que han realizado o financiado investigaciones de este tipo incluyen, naturalmente, a casi todas las directamente vinculadas al sector energético. Entre éstas, ICEL y ECOPEPETROL son las que han traspasado los límites de los recursos energéticos de sus propios subsectores, la primera con estudios sobre la viabilidad de introducir las diversas FENR, y la segunda estudiando en particular las posibilidades de introducir el etanol y las briquetas de carbón a los sectores de uso.

En el pasado, diversos centros de investigación y universidades han realizado investigaciones de planeación y política energética, FEDesarrollo (1978) estudió las perspectivas de desarrollo del sector y las implicaciones económicas y financieras que conlleva la balanza de pagos energética. Posteriormente, ha realizado trabajos sobre etanol y otras relacionadas con el sector transporte. Desafortunadamente, esta actividad no ha continuado.

El Instituto SER de Investigación ha realizado estudios sobre riesgo asociado con la generación hidroeléctrica y nucleoelectrónica, así como sobre el impacto socio-económico de la electrificación rural. Estos tra-

bajos, sin embargo, no forman parte de un programa definido de actuación en el campo energético.

EAFIT de Medellín tiene planes generales de trabajo en el área, pero no ha emprendido investigaciones sistemáticas todavía. La Facultad de Economía de la Universidad de Antioquia ha incursionado esporádicamente en el tema (a través de la evaluación económica del etanol y del estudio sobre impactos económicos del racionamiento eléctrico), pero no tiene planes concretos de continuar estas líneas de investigación.

La Facultad de Economía de la Universidad Nacional de Bogotá ha vislumbrado un posible campo de investigación en el tema, y tiene en marcha cuatro proyectos de tesis de postgrado orientados a iniciar estas actividades.

En materia de planeación y política energética, el único centro universitario con un programa definido y activo tanto en materia de investigación como a nivel docente es la Universidad de los Andes, a través de sus facultades de economía e ingeniería. Investigadores de estas facultades han trabajado en la formulación de modelos energéticos integrados, la realización del balance energético rural y sus interacciones con variables socio-económicas y tecnológicas, la planificación de sistemas eléctricos, aspectos ambientales de plantas hidroeléctricas y termoeléctricas, problemas relacionados con la racionalización del uso de energía en los sectores transporte, industrial y residencial, además de algunos de los diagnósticos sobre la investigación y desarrollo en materia energética para COLCIENCIAS. Actualmente continúan la línea de investigación sobre interacciones energía/sociedad en el medio rural, se desarrolla un modelo econométrico sobre los efectos económicos de los precios de los combustibles y se han iniciado actividades orientadas hacia la transferencia y adaptación del modelo MEDEE de la Universidad de Grenoble.

Es innegable el impulso que ha recibido la investigación en materia de planeación y política energética a través de los grandes esfuerzos del Estado y algunos centros de investigación, particularmente en los últimos cinco años. Como resultado, se cuenta hoy con valiosas herramientas para el análisis de las opciones energéticas del país, así como con un creciente conocimiento de estructura de consumo energético de los diferentes sectores económicos y sociales.

A pesar de los avances metodológicos y del conocimiento del sistema energético, sigue faltando un análisis más detallado de los usos finales de energía y de sus interacciones con factores económicos, socio-culturales, tecnológicos, ambientales, institucionales, etc. Por otra parte, hace falta comenzar a difundir de una manera más sistemática y amplia todo el acervo estadístico e información detallada recopilados en los últimos años, para lo cual COLCIENCIAS ya está discutiendo acciones concretas.

V

**EL PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIA  
Y TECNOLOGIA EN RECURSOS ENERGETICOS**

---

La evaluación de los antecedentes, actividades, logros, oportunidades y vacíos de investigación y desarrollo en los diversos campos energéticos invitan a la reflexión y a la búsqueda de una conciliación de objetivos, intereses y esfuerzos que le permitan al país aprovechar racionalmente sus recursos energéticos, científico-tecnológicos y financieros para maximizar el desarrollo económico y social.

El Programa que aquí se traza pretende precisamente el ordenamiento y consolidación de las actividades de investigación y desarrollo en apoyo al desarrollo energético, económico y social del país. Para ello, COLCIENCIAS destinará parte de sus recursos propios y de un préstamo del BID para financiar las actividades que se enmarquen dentro de las prioridades aquí fijadas, promoverá activamente la canalización de recursos financieros adicionales por parte de otras instituciones estatales y privadas en apoyo a ellas, y colaborará con todas las iniciativas o acciones de otras instituciones que busquen objetivos similares.

Ahora bien, es necesario aclarar los factores que se tomaron en cuenta en la elaboración de los subprogramas específicos que aquí se presentan.

La consideración fundamental, de la cual se derivan todas las demás, es que ni la energía ni la ciencia y tecnología son objetivos en sí mismos, sino instrumentos o medios de lograr el mejoramiento del bienestar social de la población y el aumento de la productividad económica del país. Sin esta premisa básica, no tendría sentido intentar el ordenamiento y la orientación de prioridades de investigación y desarrollo que se desea imprimir con este Programa.

En términos energéticos, esto implica que no es el desarrollo de cada recurso físico por sí sólo, sino la provisión de servicios energéticos, lo que se debe perseguir. Por ello tampoco tendría sentido perpetuar la orientación de la investigación y desarrollo según fuentes energéticas, salvo por una importante excepción que más adelante se justificará. Es decir, se deja de lado la formulación de programas para el petróleo, gas natural, energía solar, etc., en favor de una programación por necesidades u objetivos a satisfacer con esos recursos.

En términos de investigación y desarrollo, esto implica que fundamentalmente se orientan todas las acciones hacia la aplicación concreta de las soluciones técnicas o tecnológicas encontradas en beneficio de la población y la economía. Se busca, por tanto, superar la etapa de estudios de papel o de laboratorio, llegar a la realización técnica y poner a punto las soluciones desarrolladas para impulsar su difusión ampliada en la sociedad, tal como se ha enfatizado en las bases conceptuales de este Programa.

Ahora bien, en algunos casos se conoce cuál es el potencial de aplicación de una tecnología específica; sea porque se tienen estudios de mercado y características de usuarios, porque se han evaluado de manera detallada los recursos energéticos físicos, porque se conoce el parque tecnológico y sus formas de uso, o por una combinación de estos conocimientos. En otros casos, puede contarse con insuficiente información para determinar cuál es el verdadero potencial de aplicación de las tecnologías bajo estudio dentro del contexto de las necesidades y oportunidades nacionales. En estos casos, será necesario apoyar la generación de un mejor conocimiento antes de proseguir con la financiación de investigación y desarrollo de tecnologías que puedan resultar irrelevantes o innecesarias para el país.

Aquí hemos tocado el evasivo concepto de "potencial de aplicación", que debe entenderse como una combinación de parámetros físicos, técnicos, financieros, económicos e incluso culturales que para cada caso determinan el grado de penetración que una determinada tecnología puede tener en el país. Definiciones más precisas dependerán de cada caso, pero lo importante de señalar aquí es que se trata de un concepto multidimensional. De poca utilidad a corto, mediano e incluso largo plazo es conocer con precisión la cuantía física de cualquier recurso energético si no se cuenta con tecnologías actuales o en desarrollo para utilizarlo bajo las condiciones económicas, culturales y financieras del país. Igualmente, tampoco tiene sentido generar una tecnología sofisticada que "funciona" en abstracto, pero que no cuenta con posibilidades de abastecimiento regular de insumos energéticos o que sea inaccesible financiera o culturalmente a la población o a los sectores productivos.

Pasando ya a los subprogramas específicos, tenemos en primer lugar el de "Desarrollo Carbonífero". Este es el único subprograma que se plantea por recurso pero sin apartarse de la filosofía expuesta anteriormente; es decir, orientar la investigación y el desarrollo hacia la solución de necesidades plenamente identificadas. Este enfoque por recurso se justifica dado el bajísimo nivel de desarrollo del carbón frente a su propio potencial de aplicación. Colombia es un país con abundantes recursos carboníferos, de buena calidad, distribuidos cerca de los centros de consumo. Sin embargo, escasamente utiliza cinco millones de toneladas sin tener en cuenta sus condiciones específicas (se utiliza carbón coquizable en generación termoeléctrica, por ejemplo).

Ahora bien, el impulso que se le está dando a la explotación carbonera busca fundamentalmente la generación de divisas, como si se tratara de cualquier otra mercancía sin contenido energético. Mediante este subprograma COLCIENCIAS propiciará el máximo aprovechamiento energético y el mayor valor agregado posible del recurso carbonífero, fomentando el desarrollo y adaptación de tecnologías en todas las fases factibles de su explotación, transformación y uso.

El "Subprograma de Conservación y Sustitución de Energía" busca la mayor racionalidad en el uso de energía en sus diversas formas. No se busca de ninguna manera frenar o disminuir el consumo de energía, indiscutiblemente necesario para el desarrollo del país y la satisfacción de las necesidades y aspiraciones de la población. Se pretende eliminar el desperdicio evidente en algunos sectores o procesos con el fin que la energía ahorrada redunde en otros beneficios: su utilización en otros sectores o procesos que no accedían a ella; el ahorro, (o, incluso, generación) de divisas, etc. En este Subprograma, se busca igualmente superar el divorcio existente entre los grupos o centros que trabajan sobre "conservación" y los que enfatizan la "sustitución", así como incorporar al análisis de ambos la multidimensionalidad ya referida en términos de la sustentabilidad técnica, financiera y económica de las soluciones propuestas.

El "Subprograma de Bienes de Capital y Desarrollo Industrial" busca que las inversiones del sector de oferta energética impulsen el desarrollo tecnológico e industrial del país, mediante la progresiva incorporación de componentes y equipos desarrollados y/o producidos localmente. Aquí nuevamente, se intenta introducir un giro adicional a las políticas y a la investigación sobre desagregación tecnológica y bienes de capital que en los últimos años, afortunadamente se ha venido realizando, pues no se limita el objetivo a la producción de bienes de capital, sino también a la producción de componentes y equipos de menor porte. En la práctica, para muchos casos esto es lo que en realidad se podría pretender en el corto y mediano plazo, por las dimensiones mismas de la economía colombiana.

El "Subprograma de Desarrollo, Adaptación y Difusión de Tecnologías" se orienta mucho más hacia la generación y diseminación de tecnologías de uso final de energía, en algunos casos auto generada. En este Subprograma, se trata ya de equipos que consuman energía (calderas, motores, estufas, calentadores, hornos, etc.), para la provisión de algún servicio energético que satisfaga las necesidades sociales (cocción de alimentos) o económicas (movimiento de carga) del país. Nuevamente, aquí se pretende un análisis integral del problema, donde la solución técnica no sea disonante con la accesibilidad financiera o cultural del usuario, o con la mejor utilización de los recursos del Estado y la sociedad.

Finalmente, y de manera muy especial, se establece un "Subprograma de Planificación Energética, Sistemas de Información y Capacitación", que busca permanentemente suministrar los elementos de apoyo necesarios para la adecuada implementación del resto de los Subprogramas.

En primer lugar, se propicia la investigación en el campo de la planificación y la política energética, tanto en las entidades estatales

que actualmente las realizan como en organismos independientes, ya que es sano para el país, que en un sector donde las inversiones públicas son cuantiosas y los errores cometidos costosos, exista una capacidad analítica diversificada y una dinámica actividad investigativa permanente. Por otra parte, a lo largo de todos los demás Subprogramas se hace alusión constante que las tecnologías deben enmarcarse dentro de las realidades y las necesidades del país, que a través de este Subprograma se pretenden conocer mejor y difundir. En este sentido, el Sistema Nacional de Información Energética, que impulsará no solamente aspectos de documentación sino de información estadística actualizada sobre la realidad energética del país, asume clara importancia. Finalmente, y como complemento a los grandes esfuerzos del programa BID-ICFES en materia de educación formal e investigación científica pura en las áreas energéticas, se sostendrán actividades de intercambio y capacitación profesional en las áreas prioritarias del Programa.

Antes de describir los subprogramas en sí, debe advertirse que ellos no especifican proyectos concretos, sino los objetivos, tipos de acciones y mecanismos de apoyo a su implementación. Cada propuesta de investigación o solicitud de financiación en estas materias será evaluada a la luz de los criterios expuestos a lo largo de este documento, y que se resumen en el próximo capítulo, además de las consideraciones y procedimientos regulares de la entidad.

## 1. SUBPROGRAMA DE DESARROLLO CARBONIFERO

### 1.1. *Objetivos*

Los objetivos globales de este subprograma son contribuir al incremento de la participación del carbón en el balance energético nacional en el corto, mediano y largo plazo, a través del desarrollo o adaptación de tecnologías que permitan el máximo aprovechamiento de este recurso abundante del país, contribuyendo igualmente a disminuir la dependencia de fuentes más escasas y costosas.

#### 1.1.1. *Objetivos de corto plazo*

Desarrollar, adaptar y difundir tecnologías que permitan ampliar a corto plazo la utilización industrial del carbón, particularmente mediante investigación en las áreas de combustión, gasificación, aprovechamiento y manejo de residuos.

Realizar estudios de políticas y fomentar sistemas que estimulen la sustitución de recursos más escasos por carbón, especialmente en calderas industriales que utilicen hidrocarburos líquidos.

Fortalecer la capacidad de negociación, comercialización y mercado internacional en aspectos relacionados con la industria carbonífera, particularmente en lo que atañe a inversiones extranjeras.

Mejorar el conocimiento cualitativo de los carbones nacionales, particularmente del interior, buscando diferentes alternativas de utilización e industrialización en el país. Se entiende que el análisis cualitativo de los carbones para exportación cuenta con otros mecanismos financieros e institucionales que este subprograma no pretende duplicar.

Fortalecer la infraestructura existente de investigación y desarrollo, orientando las nuevas acciones hacia la mejor utilización de la capacidad de los centros regionales con trayectoria en este tipo de actividades, y de las entidades nacionales que tradicionalmente se han dedicado a la evaluación del potencial carbonífero y el conocimiento de sus características.

Fortalecer institucionalmente al subsector, estableciendo los mecanismos necesarios para que investigadores, productores y usuarios se beneficien de él, concertando las prioridades, acciones y coordinando íntegramente las actividades.

Fortalecer la ampliación del desarrollo económico y social, mediante el aprovechamiento de los desarrollos tecnológicos e inversiones del Estado en la explotación, manejo y utilización del carbón (ver también Subprograma de Bienes de Capital y Desarrollo Industrial).

Apoyar la formación de recursos humanos desde el nivel de operarios hasta el de científicos especializados para absorber, emplear y desarrollar técnicas y métodos que propendan por la explotación, manejo y utilización óptima de los carbones nacionales.

#### 1.1.2. *Objetivos de mediano plazo*

Seguimiento y generación de nuevos proyectos como resultado de las acciones de investigación y desarrollo en el corto plazo. Se anticipa la intensificación de actividades en los siguientes temas:

Gasificación y licuefacción.

Beneficio, combustión, carbonización, aprovechamiento y manejo de residuos.

Evaluación y promoción de alternativas económicas de utilización ampliada del carbón y sus derivados en sectores y usos adicionales a la combustión industrial y la generación eléctrica.

Desarrollo, adaptación y difusión de técnicas de explotación, transporte, beneficio y carbonización para el fomento de la pequeña y mediana minería.

Realización de estudios a nivel nacional sobre los aspectos básicos de la infraestructura necesaria para el desarrollo del carbón.

Desarrollo de componentes y equipos requerido por la industria carbonífera.

Desarrollo de métodos de prospección y evaluación de yacimientos.

Preservación del medio ambiente.

### 1.1.3. *Objetivos de largo plazo*

Lograr el dominio nacional de todas las tecnologías aplicables a las distintas etapas que intervienen en la evaluación del recurso, su minería y beneficio, su transporte y manejo, su negociación y comercialización, su transformación y la utilización del carbón y sus derivados.

Contribuir al desarrollo económico y social del país con base en el desarrollo tecnológico y la industrialización del recurso carbonífero.

## 1.2. *Líneas de acción prioritarias*

### 1.2.1. *Combustión*

Investigaciones para optimizar, adaptar y difundir tecnologías adecuadas para la combustión directa de carbones como combustible sólido, pulverizado, adaptación a carbón de calderas que utilizan otros combustibles, combustión en lecho fluidizado y mezclas carbón-petróleo.

Se dará prioridad tanto a la investigación y desarrollo con los equipos de combustión mismos, como de los sistemas de preparación del carbón o sus mezclas para el máximo aprovechamiento de su contenido calorífico.

### 1.2.2. *Gasificación del carbón*

Estudios de las posibilidades que ofrecen los procesos de gasificación del carbón para la producción de combustibles y demás subproductos de la industria carboquímica en nuestro medio y formación de grupos técnicos de investigación capaces de analizar sistemáticamente la conveniencia de estos procesos, ofrecer asesoría al Gobierno y al Sector Privado tanto en la negociación como en la implementación de estas tecnologías, y eventualmente, adaptar y diseñar gasificadores industriales con componentes nacionales a las escalas y requerimientos de usuarios de nuestro medio.

Dado el apoyo existente por parte del ICFES al afianzamiento y difusión de estas tecnologías a escala de laboratorio, COLCIENCIAS dará prioridad a la evaluación, selección, montaje y seguimiento de por lo menos un gasificador a escala industrial, con miras a obtener el conocimiento detallado del proceso seleccionado y capacitar a técnicos colombianos para desarrollar futuros proyectos en el área.

### 1.2.3. *Manejo y aprovechamiento de residuos y preservación del medio ambiente*

Estudios sobre problemas de contaminación de aguas, tierras y aire ocasionados por la explotación y utilización del carbón y evaluación del impacto de la actividad carbonífera sobre los sistemas ecológicos regionales.

Aprovechamiento de subproductos del beneficio y transformación del carbón, especialmente la utilización de cenizas con fines industriales. Estudios sobre sistemas de transporte, almacenamiento y manejo de carbones en relación con el medio ambiente. Se dará prioridad a proyectos ligados a zonas actualmente en explotación, adyacentes a los centros de consumo o donde los volúmenes de carbón manejados constituyen problemas evidentes y oportunidades claras de aprovechamiento de residuos.

### 1.2.4. *Caracterización de carbones*

La evaluación de diferentes yacimientos del país según posibilidades de utilización e industrialización, desde el punto de vista geológico, petrográfico, químico, físico y de las aptitudes para las diferentes aplicaciones en siderurgia, carboquímica, combustión, gasificación y licuefacción, mediante análisis tecnológicos de combustión, curvas de lavabilidad y recuperación de subproductos.

Se dará prioridad a la caracterización de carbones en zonas definidas por INGEOMINAS, CARBOCOL, los productores y los usuarios y que se lleven a cabo por instituciones y centros de investigación con suficiente infraestructura física y experiencia acumulada para garantizar los mejores resultados.

### 1.2.5. *Infraestructura para el desarrollo carbonífero*

Recopilación, análisis y difusión de información técnico-económica sobre alternativas tecnológicas en aspectos de infraestructura para el desarrollo del carbón, y definición de las áreas de interés y metodología a seguir para la evaluación de problemas de infraestructura en la explotación del carbón. Estudios sobre infraestructura de explotación, sistemas y tendencias tecnológicas, transporte y comercialización del carbón.

Se dará prioridad a proyectos dirigidos a zonas actualmente en explotación o que podrían abastecer los centros de consumo del país. Proyectos con miras a la exportación cuentan ya con otros mecanismos para realizarlos.

### 1.2.6. *Beneficio de carbones*

La adaptación y optimización de tecnologías en la preparación y limpieza de carbones, de acuerdo a los diferentes usos y necesidades de

llevar el contenido de impurezas, principalmente azufre, y cenizas hasta límites permisibles, mediante ensayo en planta piloto con el fin de seleccionar el sistema más conveniente.

### 1.2.7. Otras actividades

En materia de negociación, contratación y comercialización o mercadeo del carbón, se apoyará la capacitación de profesionales colombianos, mediante la financiación de la traída de expertos internacionales que se vinculen a proyectos de investigación o cursos especializados que sobre estos temas se desarrollen en el país, así como el envío de técnicos colombianos a cursos o pasantías de corta duración (2-10 semanas), en forma complementaria con los esfuerzos de otras instituciones del país.

En cuanto a la carbonización, se dará prioridad a los proyectos ligados a la utilización de carbones coquizables de acuerdo a sus características y buscando su mayor valor agregado. La investigación y desarrollo de briquetas como combustible doméstico se ampliará al diseño y evaluación de otras alternativas tecnológicas para el uso del carbón o sus derivados en el sector residencial (particularmente el urbano marginado). En este campo, la prioridad es llegar al desarrollo y puesta en práctica de sistemas que demuestren su factibilidad socio-económica, y que tengan aceptación por parte de los usuarios potenciales.

Pasando al tema de licuefacción y carboquímica adicional a la gasificación, se considerarán proyectos que constituyan apoyo a la familiarización con estas tecnologías, que sean complementarias a los esfuerzos de las universidades que participan en el programa BID-ICFES.

### 1.3. Mecanismos de implementación

Con el propósito de garantizar la continuidad del subprograma desde el punto de vista organizativo y financiero, COLCIENCIAS y CARBOGOL han emprendido la conformación de un Fondo de Investigación y Desarrollo Carbonífero, el cual recibirá aportes de las dos instituciones, para el financiamiento de estudios que propendan por el logro de los objetivos anteriormente planteados.

Este fondo cuenta con un Comité Técnico Directivo que será el encargado de la orientación de los recursos y políticas generales del subprograma, y para lo cual recibirá apoyo de grupos de trabajo conformados por representantes de las instituciones públicas y privadas vinculadas al sector.

La primera actividad de este fondo ha sido la financiación del proyecto "Caracterización de los Carbones de Norte de Santander" que es el inicio de un trabajo sistematizado, interdisciplinario e interinstitucional para la caracterización química y técnica de los carbones colombianos.

## 2. SUBPROGRAMA DE CONSERVACION Y SUSTITUCION DE ENERGIA

### 2.1. Objetivos de corto plazo (1983-1986)

Los objetivos iniciales de este subprograma son:

Acelerar la reducción del consumo de derivados del petróleo en los diversos sectores de la economía.

Capacitar tecnológicamente a estos sectores para la utilización más eficiente de energía, tanto a través de métodos de conservación como mediante el aprovechamiento de los recursos energéticos más abundantes del país.

Apoyar la formación de recursos humanos, desde operarios de plantas hasta científicos especializados para absorber, emplear y desarrollar técnicas y métodos que conduzcan a la utilización racional y óptima de los recursos energéticos.

Cuantificar, demostrar y difundir las ventajas de las técnicas de conservación y sustitución de energía para la economía del país, en forma particular para la industria, el transporte, el sector energético en sí y los sectores residencial, comercial y de servicios.

Comenzar con los desarrollos tecnológicos en equipos, procesos, métodos de administración y organización que contribuyan a la racionalización del uso de energía.

Coordinar y concertar los esfuerzos institucionales de las universidades, los centros de investigación, los gremios económicos, el SENA y las entidades de política y administración de los recursos energéticos, en materia de conservación y sustitución.

Determinar los mecanismos legales y financieros necesarios para la implementación de las recomendaciones técnicas de las auditorías energéticas que sean económica y socialmente justificables.

Mantener una actualización sobre las técnicas, métodos y sistemas que sobre conservación y sustitución de energía se están desarrollando y aplicando en los diferentes países.

### 2.1.2. Objetivos de mediano y largo plazo

En razón de la importancia y las características de este subprograma, es necesario proseguir en forma continua con los lineamientos generales ya enunciados. Además de esperar la consolidación y avance de los desarrollos tecnológicos en equipos, procesos y métodos de administración y organización, se espera comenzar el desarrollo de nuevos productos menos intensivos en uso de energía y también eventuales cambios en los patrones culturales y de comportamiento que conduzcan al uso ineficiente de la energía.

## 2.2. Líneas de acción prioritarias

Teniendo en cuenta los estudios ya realizados en Colombia y que el Ministerio de Minas y Energía impulsa la realización de un programa de ahorro de energía en el sector industrial, se apoyará el fortalecimiento de por lo menos un centro que pueda prestar asesoría al sector industrial en esta área. Además, se financiará la elaboración de metodologías para la realización de auditorías energéticas en los sectores industriales, así como la publicación de cartillas y cursos de difusión de técnicas de conservación y mecanismos de coordinación institucional de esfuerzos; se identificarán y determinarán los mecanismos legales y financieros requeridos para que las industrias, los transportadores y los consumidores residenciales y comerciales de energía, implementen las modificaciones de equipos y patrones de consumo que surjan de las recomendaciones técnicas determinadas.

### 2.2.1. Sector industrial

Se apoyará la investigación, desarrollo y difusión de sistemas de combustión, hornos y equipos de uso industrial de energía, que minimicen los requerimientos energéticos por unidad de producción o que permitan la sustitución de derivados del petróleo total o parcialmente (mediante mezclas). Se trata aquí de impulsar y aumentar de escala los trabajos que se vienen realizando en combustión directa, pirólisis y carbonización de combustibles sólidos, y de comenzar trabajos de gasificación o licuefacción requeridos por las industrias nacionales.

Se propone la realización de auditorías energéticas completas (a nivel de factibilidad tecnológica, económica y financiera) para la mayoría de las empresas que constituyan el primer 50% del consumo de energía, con base en la encuesta de conservación y sustitución de energía en la industria, que realizó el ENE en 515 establecimientos.

Para las industrias que comprendan el saldo del consumo energético del punto anterior, se realizarán auditorías energéticas completas, en muestras representativas de cada rama industrial y se prepararán manuales de conservación y sustitución para cada rama con base en los resultados de estas auditorías y del conocimiento de manuales y normas de otros países.

Se prepararán y divulgarán manuales o cartillas de métodos y oportunidades típicas de ahorro y sustitución de energía en la pequeña y mediana industria, sobre todo aquellas intensivas en uso de energía para producción de calor (sector ladrillero, trapiches paneleros, etc.). En las cartillas se enunciarán las líneas de crédito disponibles para la implementación de tales medidas.

Se apoyará la realización de cursos, seminarios, audiovisuales, manuales y cartillas, con el fin de señalar las oportunidades y tecnologías de conservación y sustitución a empresarios, ingenieros de planta y operarios de las diferentes ramas industriales.

En términos de conservación, la prioridad es superar los primeros y más evidentes ajustes a los equipos y procesos productivos, que sin embargo no requieran períodos de recuperación de la inversión mayores a 5 años.

En términos de sustitución de combustibles, la prioridad es buscar el aprovechamiento de los recursos energéticos disponibles actualmente en las regiones donde se realicen los consumos a sustituir o, en segunda instancia, que puedan ser transportados a ellas a bajo costo y con regularidad en el suministro.

Se busca aquí aumentar paulatinamente la participación dentro del balance energético del sector industrial del carbón mineral, los residuos forestales y agroindustriales, los desperdicios urbanos, los colectores solares para calentamiento de agua hasta medianas temperaturas, entre otros.

Se financiarán estudios de sistemas de organización y administración de los procesos productivos en empresas intensivas en el uso de la energía eléctrica, buscando mejorar la distribución del consumo, minimizando los picos de demanda.

### 2.2.2. Sector transporte

Se buscará dar continuidad a los estudios que actualmente se encuentran en ejecución por parte del proyecto MOPT-OEA, entrando a particularizar sobre aspectos regionales y tecnológicos específicos.

Se financiarán estudios sobre la política de inversiones, los aspectos fiscales y el marco institucional y operativo de los sistemas de transporte terrestre, particularmente urbanos, que busquen aportar recomendaciones concretas sobre su manejo, tal que aminore el crecimiento del consumo nacional de derivados del petróleo, particularmente la gasolina motor.

Se intensificará la investigación y desarrollo para la utilización de combustibles y sistemas alternos a los imperantes en el transporte, tales como la electrificación o la utilización de diésel o gas natural (tanto comprimido como a través de metanol).

### 2.2.3. Sector residencial, comercial y de servicios

Estudio y evaluación de medios y tecnologías que propendan por la reducción del consumo de energía en electrodomésticos.

Estudios que conduzcan a la definición de patrones mínimos de eficiencia energética y normas técnicas para equipos y electrodomésticos producidos en serie.

Investigación, desarrollo y difusión de tecnologías que contribuyan al ahorro y sustitución de energía eléctrica e hidrocarburos, siempre y cuando constituyan alternativas económica, social y financieramente viables para los usuarios y el país en general.

Estudios que conduzcan a la definición de patrones mínimos de eficiencia energética y normas técnicas para la construcción de edificaciones.

### 2.3. Mecanismos e implementación

Como se señaló en la sección correspondiente del capítulo IV, en el país existen bases para la constitución y puesta en marcha de un Programa Nacional de Investigación y Desarrollo en Conservación y Sustitución de Energía, que integre los aspectos tecnológicos, institucionales, económicos y financieros y abarque los diferentes sectores o subsectores de la economía. En la actualidad se están estableciendo mecanismos de coordinación y financiación de los proyectos de investigación, desarrollo, adaptación, difusión y aplicación de tecnologías que contribuyan al uso racional de energía.

El primer paso para el establecimiento de dichos mecanismos podría ser la realización de un detallado estudio de la factibilidad técnica, institucional, jurídica y financiera para implementar las recomendaciones y los resultados de las actividades de investigación y desarrollo propuestas en este plan. El estudio se realizaría en estrecho contacto con todas las entidades estatales, gremiales e investigativas con actividades o interés en el área, se propondría la reglamentación de líneas de crédito para allegar los recursos que permitan a los usuarios hacer uso de las recomendaciones tecnológicas desarrolladas, capacitar los recursos humanos para esta área, financiar la preparación y divulgación informática de manuales, cartillas y materiales informativos, etc.

Por otra parte, COLCIENCIAS impulsará la conformación de grupos de trabajo interinstitucionales que se reúnan en forma periódica y permanente, con el fin de coordinar esfuerzos y emprender proyectos específicos financiados por la entidad para la implementación de este subprograma, a medida que se conforme y se doté de funciones y recursos financieros, del Programa Nacional que se diseñe en breve plazo. En principio, los grupos de trabajo contarían con la participación de MINMINAS-DNP-ENE, MOPT, ANDI, ECOPETROL, CARBOCOL, ISA, SENA, IIT, Universidades y/u otros, según los temas o proyectos específicos a tratar. El primero que se reuniría tendría como objetivo fundamental la configuración y demostración empírica de una metodología para la realización de auditorías energéticas completas para nuestro medio industrial (ya sea por razones o tipos de equipos) que incorporen el análisis económico-financiero y la evaluación de alternativas de sustitución de combustibles a la medición de eficiencias y análisis técnico de su mejoramiento, actualmente practicado en el país.

## 3. SUBPROGRAMA DE BIENES DE CAPITAL Y DESARROLLO INDUSTRIAL

### 3.1. Objetivos

Siendo el sector energético un sector intensivo en uso de tecnología y capital, su avance constituye una clara oportunidad para el desarrollo de otros sectores de la economía y la sociedad.

Este subprograma busca impulsar el máximo aprovechamiento de las oportunidades que el desarrollo del sector energéticos y minero ofrece al desarrollo general del país y, en particular, de la industria de equipos, componentes y bienes de capital. Al ser el Estado el mayor comprador de bienes y usuario de servicios en este campo, se beneficiará ampliamente a las firmas colombianas de consultoría e ingeniería y se comenzará a aprovechar debidamente la capacidad de la industria nacional.

Sin desconocer los avances ya logrados en materia de desagregación tecnológica, instrumento teórico de apoyo a la industrialización, debe reconocerse que hacen falta especialistas y marcos metodológicos y conceptuales que sustenten su mayor implementación en el país. Por otra parte, se cuenta con campos muy concretos (producción de transformadores, torres, microcentrales, etc.), donde con un mayor apoyo a los industriales del ramo y el montaje de los laboratorios de prueba que se requieren, se puede abastecer una parte mucho mayor de la demanda. Se trabajará, por lo tanto, en el desarrollo del instrumento y en el desarrollo tecnológico mismo.

#### 3.1.1. Objetivos de corto plazo

Determinar en forma detallada las características y cantidades de equipo, componentes y bienes de capital requeridos por las inversiones previstas en el sector energético y minero, así como la capacidad de la industria nacional para proveer esos requerimientos.

Obtener instrumentos de trabajo para la programación y desarrollo de actividades, conocimiento y selección de equipos y tecnologías, y establecimiento de métodos de organización para la ejecución de proyectos.

Realizar estudios de factibilidad para la fabricación nacional de equipos y componentes para el sector energético, comenzando con microcentrales, transformadores y otros de alto potencial de mercado.

Apoyar la implementación de laboratorios de pruebas en asocio con las entidades del sector eléctrico.

Fomentar y apoyar el desarrollo de la capacidad local tanto en la parte de investigación y desarrollo, como en lo correspondiente a la

identificación y evaluación de elementos tecnológicos que permitan una mejor planeación y asimilación de tecnología en el sector. Se busca así contribuir a fortalecer la capacidad de evaluación y negociación de los proyectos y contratos, así como contribuir a la optimización en la utilización de todos los recursos tanto tecnológicos y financieros como humanos.

Concientizar a las empresas del sector energético sobre la importancia que su poder de compra tiene para el desarrollo de la industria nacional.

Concientizar a la industria nacional de su propio potencial frente a las oportunidades que genera el desarrollo energético.

Ofrecer el apoyo técnico al INCOMEX para que en materia de desagregación tecnológica de los proyectos energéticos y mineros, pueda cumplir con mayor efectividad las responsabilidades otorgadas por el Decreto 222 de 1983.

### 3.1.2. *Objetivos de mediano plazo*

Mediante una adecuada transferencia de tecnología, comenzar en firme la producción de equipos, componentes y bienes de capital, conforme a las especificaciones técnicas y a las exigencias de calidad que hagan a la industria nacional competitiva frente a proveedores externos.

Estimular la capacidad de desarrollo tecnológico local, de acuerdo a las necesidades que se van generando y a las posibilidades científicas, tecnológicas y financieras del país.

Comprometer al sector financiero en la movilización de los recursos necesarios para que la industria nacional pueda responder a expandir su capacidad tecnológica y productiva para satisfacer los requerimientos de los proyectos del sector energético y minero.

### 3.1.3. *Objetivo de largo plazo*

Lograr un alto grado de autoabastecimiento de equipos, componentes y bienes de capital, además de un dominio total de las tecnologías aplicables al desarrollo energético y minero, y transferir los avances alcanzados hacia otros países.

### 3.2. *Líneas de acción prioritarias*

Las acciones previstas en este subprograma están orientadas particularmente hacia el fomento de la participación activa de la industria nacional en el desarrollo y producción de tecnologías de explotación y suministro de energía en todas sus formas.

Se dará prioridad a:

Introducción y aplicación en forma sistemática del componente de desagregación de proyectos del sector energético.

Desarrollo, adaptación y divulgación de marcos teóricos y metodologías de desagregación por actividades, equipos y organización, de acuerdo a la experiencia adquirida a nivel del Grupo Andino en el área de petroquímica y localmente por ECOPETROL e ISA/U. Antioquia.

Evaluación de alternativas tecnológicas necesarias en las diferentes etapas de explotación y utilización de recursos energéticos, aprovechando la capacidad científica y tecnológica existente en el país.

Contratación de especialistas nacionales e internacionales, en calidad de asesores, en la evaluación, desagregación y negociación de tecnologías para los proyectos de las diferentes fuentes energéticas, buscando que estas asesorías contribuyan igualmente, a la capacitación del personal de las entidades que las reciban en estos temas.

Realización de seminarios y encuentros sobre el tema de la evaluación, desagregación y negociación de tecnología, a nivel de los proyectos de las diferentes fuentes energéticas.

Intercambio entre empresas nacionales y de otros países en materia de negociación y transferencia de tecnología para proyectos energéticos.

Adaptación y aplicación de metodologías de desagregación y construcción de proyectos.

Desarrollo de equipos para proyectos del área energética, principalmente en componentes de centrales hidroeléctricas, termoelectricas, transformación, transmisión y distribución de electricidad, microcentrales, turbinas, explotación y transformación de carbón, conservación, sustitución y utilización de fuentes alternas de energía.

### 3.3. *Mecanismos de implementación*

En materia de desagregación tecnológica el país ha acumulado una importante experiencia e instituido algunos mecanismos de carácter legal y técnico, para proteger la participación de la industria nacional en los proyectos de desarrollo con componente tecnológico.

COLCIENCIAS intensificará su apoyo a los proyectos de desagregación tecnológica puestos en marcha o proyectados por los sectores carbonífero, eléctrico e hidrocarburos, y fomentará otras para las fuentes alternas de energía.

Para coordinar esfuerzos y buscar que los estudios de desagregación tengan el impacto esperado sobre el desarrollo industrial, se pro-

pone el fortalecimiento de un Comité Técnico integrado por un grupo de expertos que se constituyan en un efectivo soporte para COLCIENCIAS y las instituciones que van a participar en este tipo de actividades. (Programa INCOMEX/COLCIENCIAS, Desarrollo de la industria de bienes de capital).

Las funciones de este grupo asesor serán concebir sobre los estudios de desagregación que financie COLCIENCIAS, orientar su marcha y proponer nuevos instrumentos y mecanismos legales, institucionales y financieros para garantizar el cumplimiento de los objetivos del programa.

Tal como se ha propuesto para los demás subprogramas, igualmente se espera aquí conformar grupos de trabajo interinstitucionales sobre temas especializados, que en forma coordinada y bajo los auspicios de COLCIENCIAS emprenden proyectos específicos. En principio, el primero de ellos podría abordar la factibilidad de normalizar la producción de microcentrales y sus componentes con miras a abaratar costos, poner a punto su producción en serie y contribuir a su mayor difusión. En este grupo podrían participar ICEL, las universidades de los Andes, Antioquia y Valle, así como las demás empresas del sector.

#### 4. SUBPROGRAMA DE DESARROLLO, ADAPTACION Y DIFUSION DE TECNOLOGIAS

##### 4.1. *Objetivos*

Los objetivos generales de este subprograma se relacionan con la búsqueda de alternativas energéticas y el desarrollo de nuevos equipos que permitan un mejoramiento de la calidad de vida de la población, en especial los sectores marginados urbanos y rurales, y que contribuyan a elevar la productividad de los sectores económicos, en actividades relacionadas con la pequeña y mediana industria, la agroindustria, la agricultura, el transporte y otras aplicaciones.

Igualmente, se buscará el desarrollo, adaptación y utilización de tecnologías para la explotación óptima de los recursos energéticos, que no tengan cabida en los subprogramas anteriores.

Se pretende con este subprograma orientar la investigación y desarrollo hacia la atención de necesidades reales de la población y de los demás sectores objetivo, teniendo en cuenta las ventajas y las restricciones del país en materia de recursos energéticos, financieros, tecnológicos y aspectos socio-económicos, culturales y de protección del medio ambiente.

##### 4.1.1. *Objetivos de corto plazo*

Conocer a nivel nacional e internacional el estado de avance tecnológico de la maquinaria y equipos utilizados en la generación de ener-

gía eléctrica a pequeña escala en lugares aislados de difícil interconexión y evaluar su aplicabilidad en el país.

Conocer a nivel nacional e internacional el estado de avance tecnológico de los equipos de uso final de energía para evaluar su aplicabilidad en el país.

Conocer en forma detallada los diferentes procesos de producción actualmente en utilización en el país que requieren de la energía como insumo indispensable, con el fin de evaluar las posibilidades de desarrollar y aplicar nuevas tecnologías.

Promover desarrollos tecnológicos orientados hacia la difusión masiva de fácil adaptación, aplicabilidad y mantenimiento en el medio para el cual se han diseñado.

Desarrollar tecnologías que satisfagan los requerimientos energéticos y contribuyan a mejorar la productividad de los distintos sectores y actividades objetivo (sectores transporte, industrial, agrícola, agroindustrial y energético).

Desarrollar tecnologías que satisfagan los requerimientos energéticos y contribuyan a mejorar el bienestar de la población, particularmente la de escasos recursos económicos, en actividades como cocción, refrigeración, calentamiento de agua, comunicaciones y salubridad (suministro de agua potable).

Promover e intensificar la producción y difusión de los equipos que contribuyan a satisfacer los objetivos anteriores.

Promover la adaptación y utilización de tecnologías de recuperación secundaria o mejorada de los petróleos nacionales.

Contribuir a la integración entre las diferentes instituciones y grupos vinculados a actividades de investigación y desarrollo, financiación, producción y uso de las tecnologías inherentes a este programa.

##### 4.1.2. *Objetivos a mediano y largo plazo*

Obtener el dominio completo de las tecnologías de uso final de energía y de generación a pequeña escala, resultantes de las evaluaciones relacionadas con los objetivos anteriores y propuestas en las líneas de acción para este subprograma.

Buscar la industrialización y comercialización de las tecnologías de generación y uso de energía resultantes de los objetivos y acciones previstas para el corto plazo.

Contribuir al aprovechamiento óptimo de todos los recursos disponibles para el desarrollo del país.

Lograr la consolidación de la infraestructura de investigación y desarrollo para que permanentemente se pueda evaluar y atender las nuevas necesidades y oportunidades en estas áreas.

#### 4.2. Líneas de acción prioritarias

Se financiarán estudios básicos que generen un conocimiento detallado de los consumos y requerimientos energéticos en los procesos actuales y/o que propongan nuevos procesos que contribuyan a la racionalización del consumo de combustible o al aumento de la productividad en la pequeña o mediana industria, la agricultura, la agroindustria y el transporte.

Se financiarán las actividades encaminadas hacia el desarrollo de equipos que mejoren la eficiencia de consumo de energía, aprovechen los recursos no tradicionales como fuente energética, no presenten restricciones de tipo operativo y estén al alcance financiero, socio-económico y cultural de los usuarios. Se dará prioridad a los proyectos de investigación y desarrollo orientados a proveer aparatos domésticos a los hogares, equipos y maquinaria, a las pequeñas y medianas explotaciones industriales, agropecuarias y agroindustriales. Además de equipos de uso final de energía a nivel doméstico se promoverán especialmente proyectos de secamiento de granos, refrigeración de pescado y otros tratamientos post-cosecha que contribuyan a la preservación de productos.

Se fomentará la investigación y desarrollo en áreas donde la utilización de energía se constituya en un vehículo que ayude a la solución de problemas de abastecimiento de aguas para consumo humano, en casos donde otras alternativas no son viables. Se trata aquí de proyectos demostrativos de desalinización, destilación y bombeo de agua con energías no convencionales, prioritariamente.

Se apoyarán las investigaciones que conduzcan a aprovechamientos energéticos o con fines múltiples de residuos o desperdicios. Se trata aquí del diseño, montaje, seguimiento y difusión de equipos para combustión en lecho fluidizado, pirólisis y gasificación de residuos, así como de proyectos de biodigestión con fines múltiples a escala comunitaria, agroindustrial y, donde se justifique, a hogares individuales aislados.

Se prestará mayor atención a actividades que intensifiquen el desarrollo y difusión de tecnologías de generación de electricidad a pequeña escala, mediante microcentrales hidroeléctricas y otras plantas que se constituyan en innovaciones tecnológicas en el medio rural colombiano.

Se fomentará la investigación y desarrollo de equipos y aplicaciones energéticas para los sectores de transporte y comunicaciones, particularmente aquellos que brindan soluciones rurales o a zonas de difícil acceso.

Se apoyarán investigaciones orientadas a familiarizar al país con tecnologías de recuperación mejorada del petróleo, tratamiento de crudos pesados y otras aplicaciones que conduzcan a ampliar las posibilidades de aprovechamiento de los recursos petroleros nacionales.

Se apoyará la constitución y puesta en operación de laboratorios o bancos de prueba, la normalización y control de calidad para aquellos equipos de introducción reciente o que se desarrollen en el país, con miras a contribuir y garantizar su funcionamiento óptimo al usuario colombiano y contribuir así a su mejor difusión.

#### 4.3. Mecanismos de implementación

Para cumplir con los objetivos del subprograma y poner en marcha su ejecución, COLCIENCIAS propiciará la coordinación de actividades entre los centros y grupos de investigación que actualmente trabajan en forma aislada, los organismos nacionales e internacionales que ofrecen líneas de financiación y las entidades públicas y privadas vinculadas al desarrollo industrial agrícola y rural.

Tal como en el caso de los demás subprogramas, se patrocinará la constitución y funcionamiento de grupos de trabajo interinstitucionales para temas respectivos, que permitan emprender acciones conjuntas de mayor envergadura, sin detrimento de financiar, así mismo, proyectos individuales que contribuyan a desarrollar los lineamientos expuestos.

Lo anterior permitirá una selección de prioridades que además de dirigir la investigación hacia la satisfacción de necesidades sentidas, optimizará la asignación de recursos y redundará en un mejor aprovechamiento de la infraestructura y la capacidad de investigación con que cuenta el país.

### 5. SUBPROGRAMA DE PLANIFICACION Y POLITICA ENERGETICA, SISTEMAS DE INFORMACION Y CAPACITACION

#### 5.1. Objetivos:

Los objetivos permanentes de este subprograma son los siguientes:

El objetivo fundamental es consolidar y fortalecer la capacidad nacional de formulación de políticas, planificación de desarrollos y manejo de los recursos energéticos, tanto por parte de organismos del Estado como de centros y analistas independientes.

Igualmente, se busca el establecimiento de un diálogo permanente entre investigadores y planificadores del sector energético, buscando la confluencia de intereses entre unos y otros y el mutuo apoyo necesario para una mayor contribución al desarrollo del país.

Por otra parte, se espera estimular y encausar la actividad de investigación hacia la obtención de resultados efectivos, al ofrecer los análisis, datos y demás elementos de apoyo que sirvan de base para programar y desarrollar su propia labor.

## 5.2. Líneas de acción prioritarias

### 5.2.1. Planeación y política energética

Teniendo en cuenta que tanto para la formulación de estrategias y políticas energéticas, como para la orientación de la investigación y desarrollo hacia el logro de los objetivos trazados son necesarios ciertos elementos comunes, se apoyará la realización de:

Estudios e investigaciones tanto a nivel nacional como para diferentes regiones o localidades que conduzcan al conocimiento más preciso del balance energético de los parámetros físicos, económicos y sociales que inciden en la estructura de producción y consumo de energía y de sus efectos socio-económicos y ambientales, así como a la formulación de estrategias y políticas de desarrollo energético.

Estudios, investigaciones y evaluaciones que conduzcan al conocimiento más adecuado de los recursos energéticos, no solo de su potencial físico sino de otros aspectos igualmente importantes, como son, las tecnologías de aprovechamiento, sus posibilidades de comercialización, las alternativas de financiación y negociación de tecnologías y proyectos, los aspectos institucionales y jurídicos, y las implicaciones socio-económicas y culturales.

Evaluaciones ex-post de proyectos energéticos ya realizados y evaluaciones de las implicaciones socio-económicas del aplazamiento o no ejecución de algunos proyectos, con miras a establecer lecciones para futuras decisiones.

Análisis coyuntural o prospectivo de las relaciones entre la política e inversiones energéticas y la economía nacional.

Análisis del impacto energético de políticas de transporte, comercio exterior, desarrollo regional y urbano y otras políticas de desarrollo socio-económico que pueden incidir significativamente en el balance energético nacional.

Desarrollo e implementación de metodologías para la planificación energética integral a nivel de comunidades rurales o urbanas marginadas como paso previo a la selección, adaptación montaje y seguimiento de tecnologías energéticas que contribuyan a su desarrollo socio-económico.

Estudios e investigaciones que apoyen la identificación de problemas, oportunidades políticas y desarrollos relativos a los demás sub-programas.

### 5.2.2. Sistema Nacional de Información en Recursos Energéticos (SNIRE)

Sin lugar a dudas, el estado de conocimiento tecnológico en campos tan dinámicos como el energético está avanzando muy rápidamente. La toma de decisiones en materias energéticas no puede fundamentarse en información desactualizada o fragmentaria, sin riesgos de cometer errores graves para la nación. Por otra parte, la investigación y desarrollo de tecnologías requiere igualmente acceso sistemático a los avances logrados tanto en el país como el exterior, así como a información detallada sobre las necesidades energéticas de los distintos sectores y regiones del país.

Todo ello conduce a plantear la necesidad de dar un impulso vigoroso al actual SNIRE y a otros sistemas complementarios, buscando ampliar la cobertura de usuarios y la actualización de sus contenidos en la siguiente forma:

Se intensificarán las acciones que conduzcan a consolidar bancos de datos permanentes y actualizados, con estadísticas sobre reservas, producción, comercio exterior, oferta, consumo, precios, inversiones de los recursos, productos y proyectos energéticos. Como centro focal de estadísticas, se apoyará la consolidación y divulgación de los datos del Sistema de Informaciones Energéticas (SIE).

Se buscará extender la información contenida en los bancos de datos en forma ágil, oportuna y descentralizada a quienes por razón de sus actividades tengan que ver con el sector energético (planificadores, funcionarios, universidades, industriales, investigadores, gremios profesionales, etc.). Con este fin, se podrán utilizar las unidades de información integradas a la red del SNIRE.

Se ampliarán las bases de datos documentales y bibliográficas especializadas en petróleo, carbón, energía nuclear, energías no tradicionales, y sobre los avances tecnológicos en equipos de uso final y de generación eléctrica a pequeña escala, para facilitar la capacidad creativa de los centros y grupos de investigación y reforzar la capacidad de quienes tienen a su cargo la toma de decisiones en materia energética. En este caso, se apoyará la consolidación y divulgación del SNIRE actualmente coordinado por COLCIENCIAS-ECOPETROL.

Se fomentará la integración de las unidades de información mediante redes especializadas en temas como carbón, petróleo, conservación de energía, energía eléctrica y las fuentes nuevas y renovables de energía, dando participación a todas las entidades energéticas y universitarias involucradas.

### 5.2.3. Actividades de intercambio y capacitación

Como apoyo a la capacidad de investigación y desarrollo, se financiará la participación institucional y a nivel personal de expertos colombianos, en congresos, seminarios, cursos, encuentros, intercambios y pasantías a nivel nacional, latinoamericano y extra-regional, para aprovechar las ventajas que ofrecen este tipo de actividades al conocimiento y transferencia de tecnologías en las áreas designadas como prioritarias en este programa. En casos excepcionales, cuando no existan líneas de financiación de otras entidades del Estado y se trata de especializaciones necesarias para el avance del Programa, COLCIENCIAS podrá apoyar la formación a nivel de postgrado de profesionales colombianos, tanto en el país como en el exterior.

Se buscará que las instituciones nacionales participen en convenios con organismos afines a nivel internacional, con el propósito de ampliar los conocimientos y la vinculación de recursos financieros y expertos en las áreas de interés.

### 5.3. Mecanismos de implementación

#### 5.3.1. Planeación y política energética

En apoyo a la consolidación de la capacidad de planificación y formulación de políticas energéticas, tanto de parte de las instituciones del Estado responsables de estas labores como de las universidades y centros de investigación, se financiará el diseño e implementación de metodologías así como la realización de encuestas, evaluaciones y análisis coyunturales o prospectivos de políticas del Estado, se buscará que participen en su desarrollo tanto profesionales de los mismos como grupos de investigación colombianos, financiando consultoría extranjera sólo en casos muy excepcionales y con garantía de transmisión de conocimientos metodológicos al país. La participación de grupos de investigación en los proyectos o estudios del Estado busca igualmente la integración de esfuerzos para el desarrollo de este subprograma, aunque en aras de fomentar una capacidad analítica independiente no se exigirá que los proyectos propuestos por las universidades y centros de investigación estén necesariamente atados a entidades públicas.

Además de estrechar sus tradicionales vínculos con los grupos de investigación activos, COLCIENCIAS coordinará sus actividades en este campo con MINMINAS, DNP, ECOPETROL, ISA, CARBOCOL, IAN y otras entidades rectoras de políticas y responsables por la planificación del desarrollo energético del país, a través de reuniones conjuntas periódicas y la constitución de grupos de trabajo cuando se requieran.

Por otra parte, y buscando establecer puentes de colaboración entre planificadores, los implementadores, los que desarrollan tecnologías, etc., se dará prioridad a la realización de eventos donde se congreguen

a los directivos y técnicos de las instituciones que manejan la política del sector energético, a los grupos que cumplen actividades de investigación y desarrollo y a los industriales y empresarios que pudieran participar de las soluciones propuestas.

Finalmente, se financiará la preparación del material necesario para difundir ampliamente los resultados de las distintas líneas de acción de este Programa, con el fin de contribuir a su utilización como elementos fundamentales para la toma de decisiones y el desarrollo tecnológico del país.

#### 5.3.2. Sistema Nacional de Información en Recursos Energéticos

Los subsistemas de información sobre recursos energéticos (petróleo, carbón, energía eléctrica, energía nuclear, fuentes nuevas y renovables) que cuentan con el apoyo de COLCIENCIAS, determinarán en consulta con los usuarios potenciales el tipo de información necesaria para cumplir con los objetivos y la forma más adecuada de divulgarla. Para tal efecto, después de realizada una etapa de consulta y reajuste del diseño de estos sistemas, se realizaría la publicación y divulgación de un boletín estadístico con información actualizada de los bancos de datos, la adquisición de información técnica especializada sobre avances tecnológicos que apoyen la investigación y desarrollo en las líneas de acción prioritarias, y la prestación del servicio de referencias.

#### 5.3.3. Actividades de intercambio y capacitación

COLCIENCIAS se apoyará en un grupo de asesores que determinarán la conveniencia de financiar la participación de investigadores y expertos colombianos en cursos, pasantías, seminarios y otros eventos de absorción de conocimientos y transferencia de tecnología, ajustándose estrictamente a las prioridades fijadas por el Programa de Ciencia y Tecnología en Recursos Energéticos.

VI

**ASPECTOS INSTITUCIONALES Y FINANCIEROS**

---

Dentro de las áreas operativas y objetivos generales del Plan de Concertación Nacional en Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, las actividades en el área energética tienen una gran prioridad y son de especial interés para los programas generales de fortalecimiento de la infraestructura científica-tecnológica y de la capacidad innovadora del sector productivo, para la solución de problemas sociales, el fortalecimiento de la capacidad de negociación tecnológica del país y de los servicios de apoyo y divulgación científica.

Los recursos del crédito provenientes del Banco Interamericano de Desarrollo, los recursos de COLCIENCIAS y de las entidades que se vinculen al Programa, permitirán su ejecución desde el punto de vista financiero además de su propia continuidad. De allí la importancia del período de concertación que tomó este programa con todas las entidades públicas y privadas vinculadas al sector energético.

Así mismo, se deben señalar las gestiones adelantadas por parte de COLCIENCIAS ante el ICFES y FONADE para la estructuración de mecanismos de coordinación para el financiamiento de actividades que conlleven a completar las diversas etapas de la cadena tecnológica.

En reconocimiento de la importancia y prioridad de este programa, COLCIENCIAS ha conformado la División de Recursos Energéticos, como unidad operativa que será responsable de su puesta en marcha, seguimiento y consolidación. Este paso, oficializado a través del Decreto 3636 de diciembre 30 de 1983 busca fortalecer la capacidad interna de promoción e interlocución del Programa, a la vez que ordenar y agilizar el proceso de evaluación y seguimiento de los proyectos.

En el capítulo anterior se ha planteado la conveniencia de formar grupos de trabajo interinstitucionales que, a la vez de buscar la disminución de duplicaciones de esfuerzos en favor de acciones complementarias y mutuamente reforzantes, se constituyan en asesores del Programa para su orientación y buena marcha. Esto no significa que COLCIENCIAS descargará su propia responsabilidad por la implementación del Programa, sino que hará uso extensivo del diálogo y la concertación para asegurar su éxito.

Ahora bien, estos grupos de trabajo, para poder operar con el éxito al que se aspira, necesariamente tendrán que delimitarse a temas especializados, constituyéndose de hecho por expertos de las diferentes instituciones que laboren en ellos. Por tanto, y con el fin de integrar las diversas acciones y coordinar el desarrollo del Programa con los distintos organismos que tienen a su cargo la política de desarrollo energético, industrial y socio-económico del país, se constituirá un "Co-

mité de Política Científica y Tecnológica para el Desarrollo Energético", que se reunirá para revisar la marcha del Programa en su conjunto y asesorar a la División de Recursos Energéticos en la orientación de sus acciones futuras. En principio, este Comité estará compuesto por 6-8 representantes institucionales de entidades del sector energético, industrial y de los centros de investigación del área. Además de asesorar a COLCIENCIAS en la orientación del Programa, deberá servir de mecanismo de concertación y compromiso de esfuerzos institucionales complementarios a los de la entidad. De esta forma, se espera poder canalizar recursos financieros y técnicos adicionales a los disponibles para el Programa en COLCIENCIAS.

Se aclara aquí que la constitución de este Comité, con miembros a nivel de jefatura de unidad o división de las diferentes entidades, no duplicará ni eliminará de ninguna manera las instancias y mecanismos de coordinación interinstitucional y de formulación de políticas nacionales al más alto nivel que ya existen o están en reconstitución en las áreas de este Programa, tales como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Por el contrario, el Comité permitirá superar un vacío a nivel operativo que integre la problemática del desarrollo energético, del avance científico-tecnológico y del desarrollo económico global en un contexto de acciones conjuntas, como lo requiere este Programa.

No sobra reiterar que tanto en el curso de la concertación de este Programa como en la gestación de sus proyectos iniciales, COLCIENCIAS y las demás instituciones ya han comenzado un fructífero proceso de interacción y cooperación. Por otra parte, con FONADE e ICFES, entidades con actividades similares de financiación y fomento de proyectos aunque con orientaciones complementarias, se cuenta ya con convenios para delimitar funciones, reforzar acciones y evitar duplicaciones innecesarias.

Es importante señalar aquí que la presentación conjunta de este programa, entre el Ministerio de Minas y Energía y COLCIENCIAS, significa que la implementación, ejecución y actualización del Programa se realizará en estrecha vinculación con el Ministerio, por ser esta la entidad que dirige la política del sector energético en Colombia.

La complementariedad de recursos es el factor más importante para garantizar el éxito del Programa y su ejecución financiera. La investigación y desarrollo de proyectos va a contar con importantes fuentes de recursos, como las siguientes:

- Aportes del Presupuesto Nacional
- Recursos Propios de Entidades
- Recursos Propios de COLCIENCIAS

- Préstamos de FONADE
- Aportes del ICFES
- Recursos del BID a través de COLCIENCIAS
- Recursos de la Cooperación Técnica Internacional
- Recursos de otro tipo.

En la medida que estos recursos se orienten de manera correcta, se tendrá una valiosa contribución al desarrollo de las actividades. Combinando el aspecto de la coordinación de los recursos financieros y de las actividades, con el fin de definir el papel que debe adelantar cada una de las instituciones involucradas, se configurará un esquema operativo que multiplique los beneficios que el país obtendrá de este Programa.

Con el fin de informar a los centros de investigación y demás beneficiarios potenciales de los recursos financieros disponibles en COLCIENCIAS para la implementación de este Programa, se pasa a continuación a resumir la política vigente en la entidad para la financiación de proyectos individuales de investigación y desarrollo tecnológico, así como a sintetizar los criterios que se emplearán para la evaluación de propuestas en el campo energético.

COLCIENCIAS financiará proyectos de este Programa y de todas las demás áreas contempladas en el Plan de Concertación Nacional en Ciencia y Tecnología, básicamente bajo dos modalidades: créditos reembolsables y créditos no reembolsables.

Las características de estos son las siguientes:

— **Fondo ordinario:** A este fondo se imputará la financiación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico de interés directo de las unidades de producción de bienes y servicios, públicas y privadas, por la rentabilidad económica que de ellos pueda derivarse y por la naturaleza de los resultados y productos previstos, de carácter apropiable por parte de la entidad beneficiaria.

Sus características principales son:

- a) Plazo máximo de amortización: duración del proyecto (máximo 3 años) más 4 años.
- b) Período de gracia: la duración del proyecto.
- c) Tasa de interés: 20.1 al 24% anual, sobre saldos deudores.

1. Se recomienda consultar igualmente, la "Guía informativa para solicitar financiación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico" de COLCIENCIAS.

— **Fondo especial:** A este fondo se imputará la financiación de proyectos de investigación y desarrollo que sean de interés de entidades y centros de investigación, tanto públicos como privados, cuando aquellos sean de aplicación directa del sector productivo y se espera que tengan rentabilidad económica. Igualmente, los proyectos que tiendan a fortalecer la infraestructura de los centros de investigación y a mejorar y tecnificar la administración pública.

Sus características principales son:

- a) Plazo máximo de amortización: duración del proyecto (máximo 3 años) más 6 años.
- b) Período de gracia: la duración del proyecto.
- c) Tasa del interés: 16.0 al 20.0% anual, sobre saldos deudores.

— **Fondo no reembolsable:** A este fondo se imputará la financiación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico cuyos resultados esperados no sean apropiables directamente por la entidad beneficiaria. En su utilización se dará preferencia a aquellos proyectos que puedan demostrar interés y la participación activa de usuarios potenciales en los resultados, los cuales deberán comprometerse a aportar información relevante para la eventual aplicación de los mismos. La financiación de estos proyectos será de carácter no reembolsable, en virtud de la naturaleza de sus resultados, los cuales podrán beneficiar un grupo amplio de usuarios; y por considerar que su asignación se efectúa teniendo en cuenta las prioridades e intereses nacionales y la ausencia de otras entidades que deban encargarse de su financiamiento.

De los recursos disponibles para este programa, se espera que por lo menos el 50% sean otorgados bajo la modalidad de préstamos reembolsables.

En cuanto al proceso de aprobación de proyectos, se seguirán los siguientes pasos. La entidad interesada en conseguir financiación someterá a COLCIENCIAS una Presolicitud en un formulario especificado para tal fin. La División de Recursos Energéticos, emitirá un concepto técnico en el que se juzguen esencialmente tres elementos:

- El interés científico-tecnológico de la idea propuesta;
- La prioridad del tema desde la perspectiva del Programa aquí establecido;
- La capacidad del grupo ejecutor para realizar el proyecto en los términos propuestos.

Este concepto será sometido al Comité de Gerencia de la entidad para que este autorice o no el diligenciamiento de la Solicitud en los formularios establecidos para tal propósito.

La aprobación de la Presolicitud, si bien indica que justifica al proponente detallar con más precisión su proyecto en un formulario de solicitud, no compromete a COLCIENCIAS a aprobarlo automáticamente. En efecto, la información requerida en el segundo y último formulario será evaluada amplia y detalladamente por especialistas en el área del proyecto. Si la calidad técnica de la propuesta definitiva lo amerita y si se han aclarado satisfactoriamente las dudas expresadas sobre la Presolicitud o las que puedan surgir de la Solicitud misma, COLCIENCIAS comunicará a la entidad solicitante el monto y las condiciones finales de la financiación.

Además de los criterios generales de calidad científica o tecnológica, proyección de resultados y prioridad nacional sobre los cuales COLCIENCIAS basará la selección de proyectos en cualquier área, en el caso del presente Programa deberán cumplirse también los criterios que se han ido señalando a lo largo de este documento.

Concretamente, se espera de los proyectos en el área de recursos energéticos por lo menos:

Una justificación adecuada del proyecto desde la perspectiva de su contribución potencial a la solución de problemas reales del país, mediante el aprovechamiento también realista de nuestros recursos.

Cada proyecto debe estar inserto dentro del contexto de su potencial de aplicación y difusión masiva, indicando adecuadamente la comunidad objetivo o el mercado potencial. Se entiende por potencial de aplicación aquel concepto multidimensional anteriormente definido o la combinación de factores físicos, técnicos, económicos, socioculturales e incluso jurídico-institucionales que para cada caso determinan el grado de penetración que una determinada tecnología puede tener en el país.

La institución solicitante debe dar plenas garantías de que permitirá la dedicación de suficiente tiempo de profesionales calificados, liberándolos de cargos académicos o administrativos donde sea del caso, para permitir el buen desarrollo del proyecto.

Los proyectos deberán estar insertos dentro de esfuerzos de más largo plazo, adquiriendo los investigadores y las entidades beneficiarias el compromiso de dar una mayor continuidad al tema en desarrollo si el proyecto o fase en cuestión arroja los resultados esperados y COLCIENCIAS contribuye a financiar etapas posteriores o ayude a conseguir instituciones que lo puedan hacer cuando ya se trate del montaje de plantas o escalamiento de actividades a niveles que la entidad no puede financiar por sí sola.

## BIBLIOGRAFIA

- BELTRAN, R. Caracterización físico-química de madera y residuos agro-industriales como combustible: inventario de actividades de investigación y desarrollo en Colombia. Bogotá: Universidad de los Andes y COLCIENCIAS, 1983.
- TORRES, José Eddy. Balance energético rural de Colombia y su contexto socio-económico. 1981. Bogotá: COLCIENCIAS-OEA-ICEL-RFF, 1982. [350 en varias paginaciones].
- COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. Cambio con Equidad — Plan Nacional de Desarrollo 1983-1986. Bogotá: (s.n.), 1983.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. Estudio nacional de energía: Informe final por Mejía Millán y Perry Ltda. Bogotá: (s.n.), 1982.
- FERRARI, Amilcar. Consideraciones generales para la formulación de un plan de investigación y desarrollo en materia de energía. Bogotá: COLCIENCIAS, 1978.
- GOMEZ, A.; MELEG, A.; NAVAS, F.; TORRES, J. E. La investigación y el desarrollo en fuentes convencionales de energía en Colombia. Bogotá: Universidad de los Andes y COLCIENCIAS-PNUD, 1983.
- ISAZA, J. F. Bases para un programa de fomento a la investigación en el área energética colombiana marco económico. COLCIENCIAS. Bogotá: (s.n.), 1984.
- RÓDRIGUEZ, Humberto. Estado actual de la investigación y el desarrollo de las fuentes de energía nuevas y renovables en Colombia. Bogotá: COLCIENCIAS-programa Colombia-UNESCO-PNUD-COL 76-005, Sector Recursos Energéticos, 1982.
- RODRIGUEZ, Humberto. Estado actual de la investigación y el desarrollo del carbón como combustible. Bogotá: Programa, Colombia-UNESCO-PNUD COL-76-005, Sector Recursos Energéticos, 1983.
- RODRIGUEZ, Humberto. La radioquímica y aspectos complementarios de la investigación nuclear. Bogotá: COLCIENCIAS-Programa Colombia-UNESCO-PNUD-COL-76-005, S.A.C.T., 1983.
- SINISTERRA, C. E. Consultoría sobre análisis de requerimientos científicos y técnicos para el sector energético: Informe de actividades. Bogotá: COLCIENCIAS, 1980.
- TORRES, J. E. Investigación y desarrollo tecnológico del carbón. Campo Elías Bernal, J. Torres y C. Motta. Bogotá: (s.n.), 1980.

La impresión de este libro se terminó el día 31 de agosto de 1985 en los Talleres Gráficos de EDITORA GUADALUPE LTDA. Bogotá, D. E. — Colombia

Programa nacional de ciencia y tecnología en  
recursos energéticos/Ministerio de Minas y  
Energía. COLCIENCIAS

333.79 C718p Ej.1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA PEDIDO	PRESTADO A	FECHA DEVUELTO

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



01008136

BIBLIOTECA

---

## **PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA EN RECURSOS ENERGETICOS**

- 1. Subprograma de Desarrollo Carbonífero**
  - 2. Subprograma de Conservación y Sustitución de Energía**
  - 3. Subprograma de Bienes de Capital y Desarrollo Industrial**
  - 4. Subprograma de Desarrollo, Adaptación y Difusión de Tecnologías**
  - 5. Subprograma de Planificación y Política Energética, Sistemas de Información y Capacitación.**
-