

Programa Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Carbón

Documento de COLCIENCIAS

El presente documento es una síntesis del Programa Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Carbón (COL-SACT-DRE-001), componente del Programa Nacional de Investigación y Desarrollo de los Recursos Energéticos que, a su vez, es una de las diez (10) áreas aplicadas en las cuales está estructurado el Plan Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, en cuya ejecución está empeñado actualmente el Gobierno Nacional.

En los primeros dos capítulos se tratan los aspectos económicos más relevantes del carbón tanto a nivel nacional como internacional, a manera de marco del programa y como información útil principalmente para el personal científico de las universidades y centros de investigación. En el tercer capítulo se incluye una breve reseña técnica sobre los procesos de transformación del carbón, como material de información para quienes no están familiarizados con estos aspectos tecnológicos. En el capítulo cuarto se presenta una síntesis de las actividades científicas y tecnológicas que se realizan en el país en este campo. Finalmente, en el capítulo quinto se incluye la propuesta para el establecimiento del Programa Nacional.

Un buen número de las actividades científicas y tecnológicas previstas se encuentra en plena marcha, habiendo sido necesario sólo incorporarlas estructuralmente dentro del marco del Programa Nacional propuesto. El mismo avance logrado en la formulación del programa es fruto de los esfuerzos que realizan desde hace varios años el Instituto de Investigaciones Tecnológicas, INGEOMINAS, algunas universidades y COLCIENCIAS, encaminados a consolidar una infraestructura nacional de investigación para el aprovechamiento integral del carbón. El programa es eminentemente multidisciplinario e interinstitucional y busca estimular el desarrollo científico y tecnológico alrededor de la gestión que cumple CARBOCOL, como entidad rectora del desarrollo de este recurso energético en Colombia.

1. Breve reseña del carbón a nivel mundial.

1.1 Reservas.

El potencial del carbón como fuente energética es bien apreciable. Las reservas mundiales de carbón representan cerca del 93% de los combustibles fósiles, en tanto las de gas natural representan sólo el 4% y las de petróleo sólo el 3%¹. A su turno las reservas técnica y económicamente explotables a los actuales niveles de precio son cerca de cinco veces más que las reservas conocidas de petróleo².

Para el año 2000 al ritmo actual de explotación se habrán consumido el 90% de las reservas mundiales de petróleo, el 10% de las de gas natural y sólo el 2% de las de carbón, a pesar de que su producción se está incrementando apreciablemente. En 1977 la producción mundial de carbón en términos de poder calórico equivalente alcanzó cerca del

¹ Garcés, H. El carbón en el futuro energético de Colombia. Bogotá, 1976.

² World Bank. Coal development potential and prospects in the developing countries. 1979.

60% de la producción de petróleo³.

El anexo 1 muestra las reservas geológicas de carbón por países según sean desarrollados, de economía centralmente planificada y países en desarrollo. Muestra igualmente el potencial de reservas técnica y económicamente recuperables. En este anexo se destaca que el 51% de las reservas recuperables se concentran en los países desarrollados, el 39% en los países de economía centralmente planificada y el 10% en países en desarrollo.

1.2 Mercado internacional.

La producción mundial de carbón en 1818 fue de 100.000 toneladas y en 1918 de 700.000. La producción saltó en 1950 a un total de 1.900 millones de toneladas, en 1960 a 2.800 millones, en 1973 a 3.000 millones y en 1977 a 3.500 millones de toneladas.

El anexo 2 muestra la producción mundial de carbón por países. En éste se destaca que sólo tres países: la Unión Soviética,

³ World Bank. *Ibidem*.

Estados Unidos y China aportaron el 52% de la producción mundial en 1977, mientras los países en desarrollo sólo participaron con un 6% al mercado mundial.

La situación mundial de las exportaciones de carbón se presenta igualmente concentrada. En 1976 el 71% de éstas las realizaban sólo cuatro países a saber: Estados Unidos 26%, Polonia 20%, Australia 15% y la Unión Soviética 14%.

El anexo 3 muestra el comportamiento de las exportaciones por países en los años 1961, 1973 y 1976.

En cuanto a los países importadores de carbón se presenta igualmente una relativa concentración dado que sólo cuatro países importaron, en 1976, el 50% de los volúmenes comercializados; éstos son: Japón 28%, Francia 10%, Canadá 7% y la Unión Soviética 5%. El principal

importador latinoamericano fue Brasil con cerca de 4 millones de toneladas.

El anexo 4 presenta el comercio de importación de carbón por países en los años 1961, 1973 y 1976.

1.3 Proyecciones de la demanda.

La demanda de carbón obedece principalmente al desarrollo progresivo de dos clases de mercado: por una parte, su utilización creciente como fuente energética, que servirá de factor de transición hacia el empleo más intensivo de otros tipos de energía no convencional; de otra, las necesidades de abastecimiento de coque metalúrgico para sopor- tar exitosamente el gran desarrollo de la industria siderúrgica y la fundición a nivel mundial.

El cuadro número 1 muestra una proyección de consumo de carbón térmico.

CUADRO Nº 1
Proyecciones de consumo de carbón térmico.
(Millones de toneladas)

Países y regiones	1977	1985	1990	2000
Estados Unidos	438	602	724	1.302
Europa Occidental	232	286	331	486
Resto del mundo occidental	234	355	500	738
Total	904	1.243	1.555	2.526

Fuente: CARBOCOL, Subgerencia de Planeación.

Respecto a los carbones coqueables se presenta una proyección de la demanda correspon-

diente a los principales países consumidores:

CUADRO N° 2
Proyecciones de consumo de carbón coquizable.
(Millones de toneladas)

Países y regiones	1977	1985	1990	2000
Canadá	11	15	18	22
Estados Unidos	110	117	124	140
Japón	88	102	114	147
Australia	10	13	16	20
Europa Occidental	105	115	118	124

Fuente: CARBOCOL, Subgerencia de Planeación.

Cabe llamar la atención sobre la situación particular de la industria siderúrgica latinoamericana, importantísimo mercado para los carbones coquizables colombianos. En 1978 la producción de acero en América Latina fue de 24 millones de toneladas. Según ILAFA (Instituto Latinoamericano del Fierro y el Carbón), en 1985 la producción será aproximadamente de 62 millones. Cerca del 80% de esas expansiones se hará por alto horno, lo que crearía una demanda potencial sobre los carbones coquizables colombianos del orden de 15 millones de toneladas por año.

En el caso de Brasil, por ejemplo, el fallo en el suministro de carbones de alta calidad hizo necesario aumentar la proporción de carbones nacionales en las mezclas para producción de coque, del 31.5% que se usó en 1973 hasta casi el 37%. Como consecuencia de esto, disminuyó el rendimiento de los altos hornos con una baja en la producción de 2.83 millones de toneladas a 2.72, es decir, un 3.8%.

Con motivo del Congreso ILAFA-CARBON realizado en Bogotá en abril de 1979 se tuvo la información que figura en el cuadro número 3, en cuanto a las perspectivas de consumo de carbón coquizable en la región.

CUADRO N° 3
América Latina: perspectivas en producción de acero
y consumo de carbón coquizable.
(Millones de toneladas métricas)

CONSUMO CARBON COQUIZABLE

Países	Acero total	Arrabio de alto horno coque	Carbón total	Carbón nacional	Carbón importado
Argentina					
1980	4.2	1.9	1.7	0.2	1.5
1985	8.1	5.0	4.4	0.4	4.0
1990	14.0	7.5	6.5	0.6	5.8
2000	28.0	12.5	10.6	1.0	9.6
Brasil					
1980	14.7	8.5	7.1	1.4	5.7
1985	28.3	19.5	16.0	3.2	12.8
1990	43.9	32.0	26.0	5.0	21.0
2000	75.0	57.0	46.0	6.0	40.0
Chile					
1980	1.0	0.85	0.7	0.4	0.3
1985	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4
1990	2.1	1.8	1.5	0.9	0.6
2000	3.5	3.0	2.6	1.6	1.0
Colombia					
1980	0.56	0.5	0.65	0.65	—
1985	1.5	1.2	1.5	1.5	—
1990	2.0	1.8	2.3	2.3	—
2000	3.0	2.8	3.5	3.5	—
México					
1980	10.6	4.8	5.2	3.4	1.8
1985	11.1	5.0	5.5	3.5	2.0
1990	18.0	8.1	8.8	6.3	2.5
2000	39.0	18.0	20.0	16.0	4.0
Perú					
1980	0.6	0.3	0.17*	—	0.17*
1985	0.6	0.3	0.17*	—	0.17*
1990	1.5	1.15	1.1	0.3	0.8
2000	2.5	2.0	1.9	0.5	1.4
Venezuela**					
1985	2.0	1.8	0.85	0.5	0.35
1990	5.0	3.0	2.9	1.6	1.3
2000	5.0	4.5	3.8	2.1	1.7

* Coque.

** Sólo Corpozulia.

Fuente: ILAFA, Documento Carbón 79, explotación y comercialización.

Como consecuencia de esta situación resulta imperioso aumentar la producción latinoamericana de carbón, en particular el coquizable, así como desarrollar y adaptar nueva tecnología para mejorar la calidad y aumentar los rendimientos.

En síntesis, el mercado internacional de carbones térmicos y

metalúrgicos ofrece excelentes perspectivas de participación a los carbones colombianos. El Departamento Nacional de Planeación ha hecho unos estimativos preliminares sobre los posibles volúmenes de exportación de carbón colombiano hasta el año 2000, que se muestran en el cuadro siguiente:

CUADRO Nº 4
Exportaciones de carbón.

Año	CARBON TERMICO		CARBON COQUIZABLE		TOTAL	
	Volumen (a)	Ingresos (b)	Volumen (a)	Ingresos (b)	Volumen (a)	Ingresos (b)
1979	—	—	0.3	16.5	0.3	16.5
1985	3.0	232.0	3.5	276.5	6.5	508.5
1990	16.5	1.237.5	4.5	508.5	21.0	1.746.0
1995	17.5	1.820.0	5.5	852.5	23.0	2.672.5
2000	18.0	2.646.0	6.5	1.378.0	24.5	4.024.0

(a) Millones de toneladas.

(b) Millones de dólares corrientes.

Fuente: DNP. Perspectivas energéticas colombianas hasta el año 2000. Bogotá, octubre 19, 1979.

2. Panorama actual de los carbones colombianos.

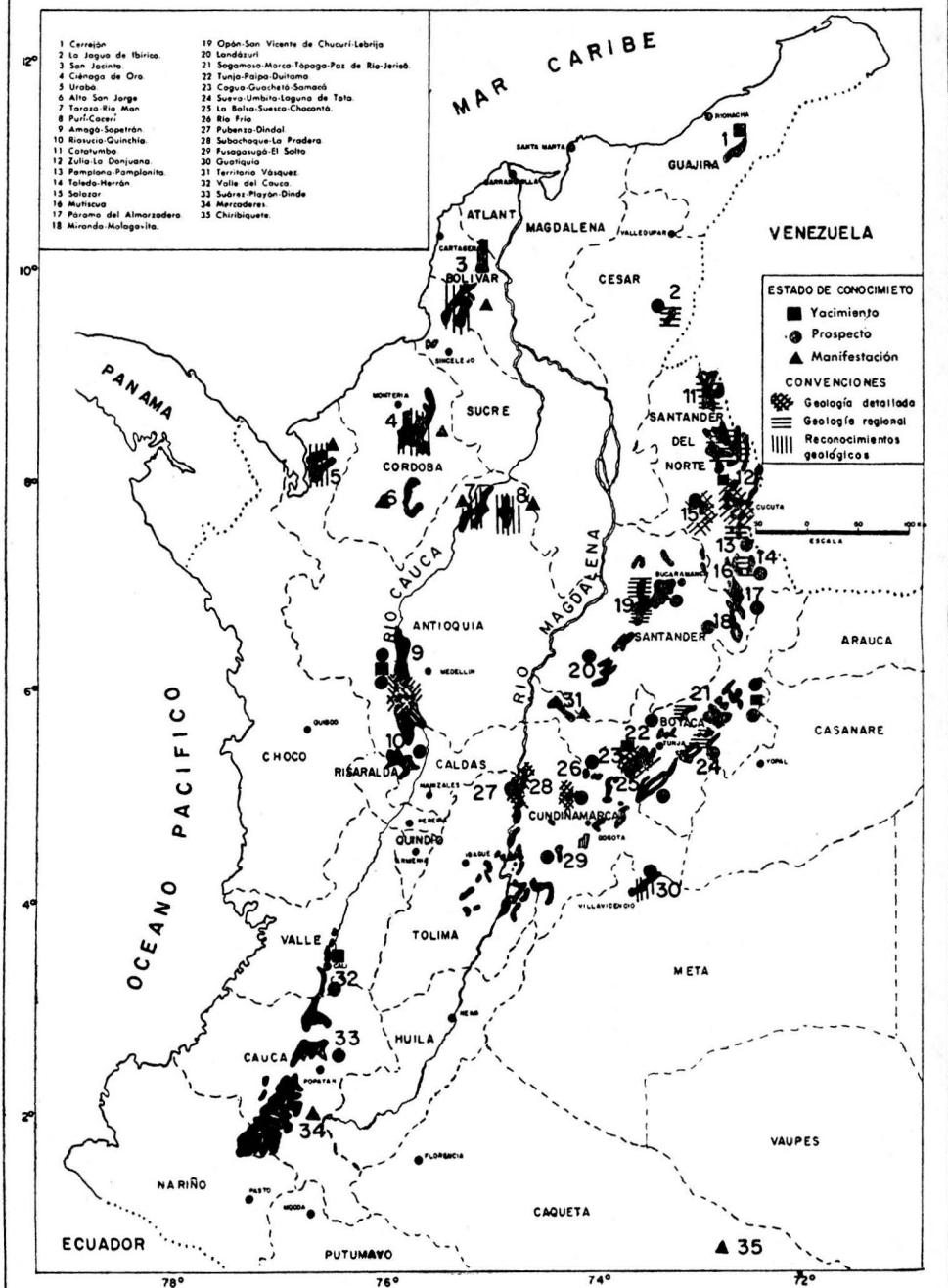
En este capítulo se presenta un panorama general de los proyectos de exploración del carbón en las diferentes zonas, las reservas y la calidad. Se exponen aspectos de la producción, así como de las proyecciones de la demanda nacional. Se muestra anexo un cuadro con las 35 zonas carboníferas de Colombia, análisis químicos y reservas.

Así mismo, se adjuntan dos mapas con las 35 zonas, mostrando las áreas exploradas por IN-GEOMINAS y una codificación generalizada y tentativa de las zonas carboníferas colombianas, según la clasificación internacional.

2.1 Zonas carboníferas colombianas.

Los carbones de Colombia se encuentran ampliamente distri-

FIGURA N° 1
Zonas carboníferas exploradas por INGEOMINAS



buidos. En la figura número 1 se puede observar la distribución de las 35 zonas carboníferas establecidas por INGEOMINAS ⁴.

La zona mejor conocida es la de El Cerrejón, al norte del país. Es el proyecto más importante y más avanzado con miras a la explotación de carbones.

Los trabajos de exploración de los yacimientos de El Cerrejón se han desarrollado en dos zonas. La zona norte de 38.000 hectáreas la cual será explotada por CARBOCOL e INTERCOR (subsidiaria de la Exxon), y la zona central de 10.000 hectáreas, que será desarrollada por CARBOCOL mediante un contrato de servicios con una firma especializada.

La zona norte tiene como meta de producción 15 millones de toneladas por año. El contrato tiene una duración de 30 años, 3 de exploración, 4 de construcción y 23 de explotación. El producido será propiedad de las dos empresas en partes iguales. INTERCOR pagará una regalía del 15% de su parte y un ingreso de participación.

El operador del proyecto será INTERCOR. Se calcula una inversión total en la minería, vías y puertos, de cerca de 3.000 millones de dólares. Este es el proyecto industrial más grande del país y le corresponde a CARBO-

⁴ Durán, R., Sánchez, C. y otros. Zonas carboníferas de Colombia, recursos, clasificación y convenios bilaterales, INGEOMINAS.

COL aportar el 50% de la inversión total.

Las perforaciones realizadas en la zona norte han mostrado más de 40 mantos explotables con inclinaciones entre 10° y 20°. Hasta 300 metros de profundidad se calculan recursos de 3.000 millones de toneladas métricas ⁵.

La zona central de 10.000 hectáreas tiene 38 mantos de los cuales veinte tienen espesores mayores de 2 metros; cuatro entre 1.5 y 2 metros, y catorce entre 0.4 y 1.5 metros. Se han probado en el área más de 450 millones de toneladas para ser explotadas a tajo abierto ⁶. La explotación se iniciaría en 1983, con una producción de 300.000 toneladas por año para atender la demanda de las termoeléctricas y fábricas de cemento de la Costa Atlántica y se incrementaría hasta 1.5 millones de toneladas en los siguientes años.

Se considera que, aunque poco estudiadas, las áreas de La Jagua de Ibirico y el Alto San Jorge, presentan amplias perspectivas de recursos carboníferos, dada su ubicación y extensión.

En la parte central del país, las zonas mejor conocidas son:

⁵ Durán, R., Mojica, P. y otros. Evaluación y clasificación económica de reservas de carbón en siete zonas de Colombia. Preparado para el DNP y el Ministerio de Minas y Energía, como parte del Estudio Nacional de Energía, INGEOMINAS. Mejía, Millán y Perry Ltda.

⁶ Durán, R., Mojica, P. y otros. *Ibidem*, página 11.

—Zona de Sogamoso-Tópaga-Paz de Río-Jericó, trabajada actualmente por la empresa Paz del Río.

—Zona de Cogua-Guachetá-Samacá, donde se encuentran los mejores carbones coquizantes del país. En la parte norte de esta zona trabaja actualmente la empresa Paz del Río. En la parte sur, en el flanco occidental del Sinclinal de Checua-Lenguazaque, INGEOMINAS realizó trabajos detallados. Posteriormente, y, dentro de los convenios suscritos con España y Brasil, se continuaron los trabajos exploratorios, completando aproximadamente 7.000 metros de perforación, en un área de 100 km². Los informes respectivos han sido concluidos; en la actualidad se realizan estudios complementarios por parte de INGEOMINAS.

—Zona de Subachoque-La Pradera. Se han adelantado estudios por parte de INGEOMINAS y GEOMIN, dentro del convenio suscrito con Rumania.

En la parte oriental del país, INGEOMINAS⁷ ha adelantado estudios preliminares en las zonas de Catatumbo, El Zulia, Pamplona, Pamplonita, Mutiscua, Toledo y Cubará.

Posteriormente, y en un programa adelantado conjuntamente con CARBOCOL, se hicieron estudios detallados de la zona de

El Zulia-La Donjuana, con el fin de probar reservas para la termoeléctrica de Tasajero.

En la parte occidental del país y también en un programa conjunto de INGEOMINAS-CARBOCOL, se adelantaron estudios exploratorios en la zona de Amagá.

Actualmente INGEOMINAS adelanta estudios exploratorios en las zonas de Tunja-Paipa-Duitama y Sueva-Umbita-Lago de Tota, con el fin de probar reservas para la termoeléctrica de Paipa. Además, realiza estudios preliminares en las zonas del Páramo del Almorzadero y los Llanos Orientales (región de San Juan de Arama).

2.2 Reservas.

Aun siendo muy pobremente explorados y conocidos, los carbones colombianos se consideran como los más importantes en América Latina, tanto en calidad como en reservas.

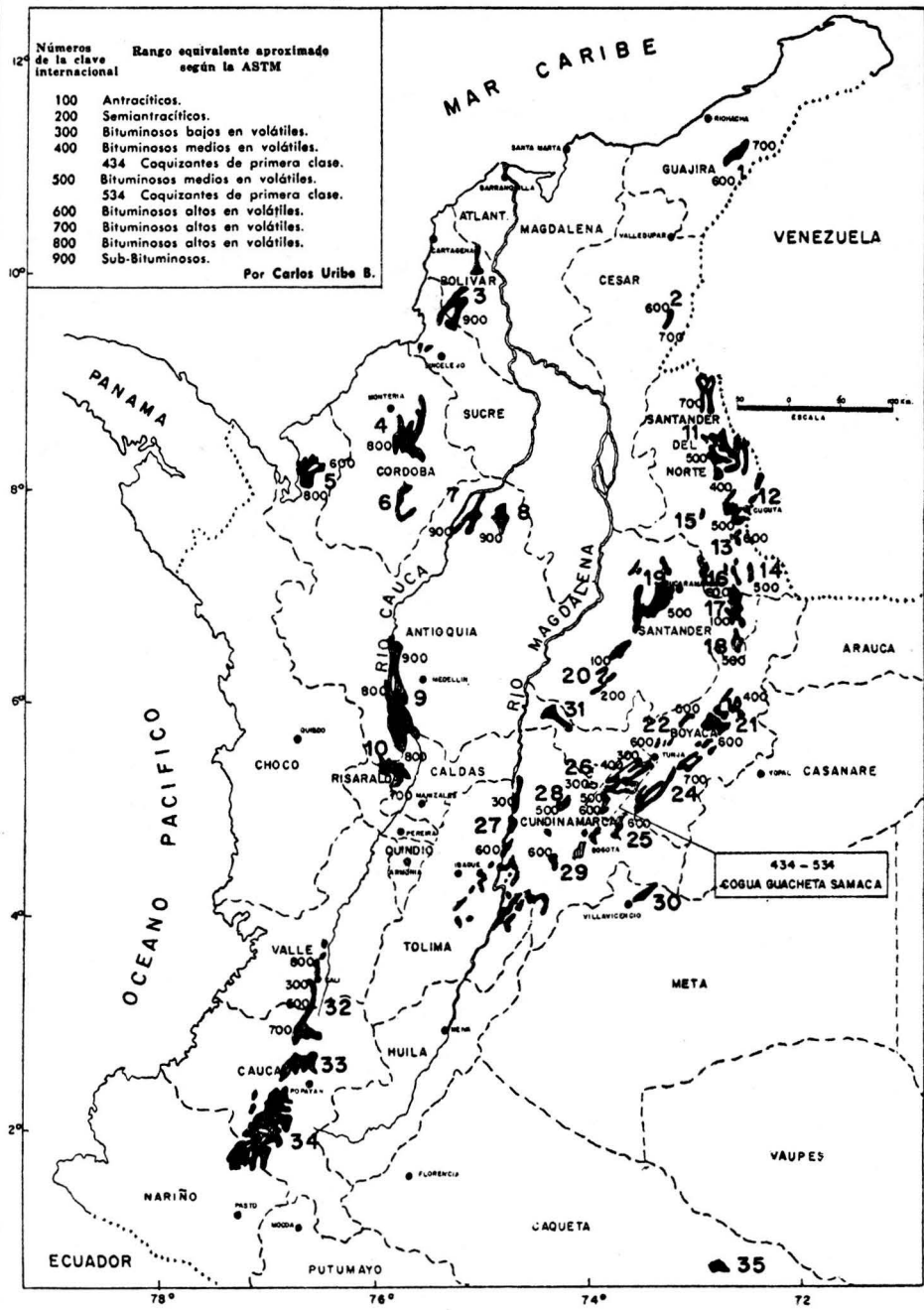
Debe anotarse que las reservas de América Latina representan 0.6% de las reservas mundiales.

El estudio realizado por Mejía, Millán y Perry Limitada e INGEOMINAS como parte del Estudio Nacional de Energía, sobre las siete zonas carboníferas mejor conocidas y exploradas del país⁸, presenta las siguientes cifras: 3.789.0 millones de toneladas

⁷ Durán, R., Sánchez, C. y otros. Op. cit. página 9.

⁸ Durán, R., Mojica, P. y otros. Idem.

FIGURA Nº 2
Codificación generalizada y tentativa de las zonas carboníferas colombianas,
según la clasificación internacional.



	(Base seca)					Clasificación A. S. T. M.	Área (Km ²)	Área evaluada (Km ²)	Número de mantas	Límite superior (m.)	(Millones de toneladas métricas)				y equivalentes		REFERENCIA		
	M. V. %	Cenizas %	Azufre %	C. F. %	Fuerza calorífica Kcal/Kgr						Demostradas		Inferiores y/o prom.	Hinchamiento (P. S. I.)	Capacidad indica Gravim.				
											Medidas	Indicadas							
Departamento de la Guajira																			
1 El Cerrejón	31,5-43,4	1,6-12,5	0,4-0,8	44,0-59,0	6416-6805	bav	680	480	15-40	1,0-2,6,0	3450				0-1,5	--	--	*IGM (1981)	
Departamento del Cesar																			
2 La Jague de Ibrico	18,5-39,0	1,4-17,0	0,63-1,71	25,9-56,7	6300-8000	bav-C bbv-A	130	70	6-9	0,8-6,19				470	0-1,5	--	--	*IGM (1981)	
Departamento de Bolívar																			
3 San Jacinto	55,17	14,42	2,19	12,25	4200	Lig			2	0,6-1,4	1,2			200	--	--	--	IGM (1979)	
Departamento de Córdoba																			
4 Ciénega de Oro	30,3-58,1	2,17-35,7	1,21-3,39	15,47	3900-5600	Lig-Sb	1800			0,6-2,5	2,23			1,87	--	--	--	IGM (1979)	
5 Alto San Jorge	30,3-55	3,19-23,3	0,31-3,14	29,37-37,35	5900-8200	S.D.			Hasta 2,4		0,47			1200	--	--	--	IGM (1979) IGM (1981)	
Departamento de Antioquia																			
6 Urabá	42,5	10	3,96	46,6	7100	b			1	1,0					--	--	--	IGM (1979)	
7 Tarazá-Río Man	31-40	4-13			5100-5800	Sb	38		1	0,6-1,2					--	--	--	IGM (1981)	
8 Purí-Cacerí	32,2-45,3	2,5-17,5		34-43	5000-6000	Sb	600		1-4	0,8-1,0					--	--	--	IGM (1979)	
9 Amagá-Sopetrán	12,9-60,2	1,5-26,7	0,32-3,59	17,9-74,6	4031-7934	Sb A y B	980	80	5-10	0,6-2,9		112,5			--	--	--	*IGM (1981)	
Departamento de Caldas																			
10 Riosucio-Quinchía	20,6-37	3,5-15	0,6-2,0	47-64,3	5500-7500	b	249		8	0,7-7,0					--	--	--	IGM (1979)	
Departamento Norte de Santander																			
11 Cataumbo	44,2	5,7	0,59	44,3	6300	b	700		12	0,6-2,6					--	--	--	IGM (1979)	
12 Zulia-La Donjuana	28,3-57,6	2,7-14,8	0,43-0,99	23,6-63,2	5788-8437	sb-b	480	210	2-5	0,7	7,7	48,7	135,4	0-6	--	--	--	IGM (1981)	
13 Pamplona-Pamplanita	31-38	2-10	0,3-0,6		7200-8500	b	85		3	0,8-2,2					--	--	--	IGM (1979)	
14 Toledo	30,3-54,1	6,7-30,1	0,43-0,99	23,6-61,5	7163-8437	bav	80	80						39,8	0-8,5	--	--	*IGM (1981)	
15 Salazar	41,8	32,8	0,37	24,3	7600	sb-b	15	15	1	1,4-1,8					--	--	--	IGM (1981)	
16 Mutiscua	32-48				5500-6500	sb			3	0,6-2,0					--	--	--	IGM (1979)	
17 Párama del Almorzadero	5,7	2,0	0,6	92,5	8200	san-an	400		2	0,7-0,8					--	--	--	IGM (1979)	
Departamento de Santander																			
18 Miranda-Malagavita	31,5	8,0	0,65	60	7800	b	14		16	Hasta 4,0				7,3	--	--	--	IGM (1979)	
19 Opón-San Vicente de Chucurí-Lebríja	24,0-48,5	4,4-5,3	0,6-0,65	34,4-72,1	4400-8200	b	240		14	0,6-3,7				180	--	--	--	IGM (1979)	
20 Landázuri	4-18	2-12	0,6-1,2	76-90	7000-8200	an	300		16	0,6-2,0	0,26	0,34	17,8	--	--	--	IGM (1979)		
Departamentos de Cundinamarca y Boyacá																			
21 Sogamoso-Tópaga-Paz de Río-Jericó	31,0-45,0	4,0-19,0	0,70-1,80	39,0-59,0	6500-7900		900	900	5-8	0,8-3,2	41,7	35,5	374,4	0-8	--	--	--	*IGM (1981)	
22 Tunja-Paipa-Duitama	1,7-8,3	5,5-12,5	0,5-3,12	39,7-53,3	6190-7501	bav-C	600		3-6	0,7-2,0				149,3	--	--	--	*IGM (1981)	
23 Cagua-Guachetá-Samacá						bav-C	460	250	3-12	1,0-3,0	224,9			386,8	3-9	D-68	--	--	*IGM (1981)
24 Sueva-Umbita-Lago de Tata	38,6	6,6	1,1		6900	b			5	1,5 Prom.					--	--	--	IGM (1979)	
25 La Bolsa-Suesca-Chocontá	32,8-42,3	2,0-20,8	0,48-0,98	31,3-68,7	6696-7223	bav-C			2,8	0,7-2,1		157,2	2281,7	--	--	--	--	*IGM (1981)	
26 Río Frio	21,0-30,0	4,0-13,0	0,48-7,91	56,7-74,0	7300-7800	bmv-bav-sa	280		3,11	0,7-2,0	0,052			515	--	--	--	*IGM (1981)	
27 Pubenza-Dindal	18-35	2-5	0,5-0,7	64-74	5600-8200	sb	400		3-9	0,6-2,0	10	20	570	--	--	--	--	IGM (1979)	
28 Subachoque-La Pradera	23,9-35,5	2,7-10,4	0,41-2,44	54,8-69,9	7182-8263	bmv y bav	450	130	2-6	0,7-2,0	45,2	27,9	163,5	6-9	--	--	--	*IGM (1981)	
29 Fusagasugá-El Salto	37-38	5,5-6,0	0,5-0,7	52,3-53,5	7000-7300	b	240		2	0,6-0,75				5	--	--	--	IGM (1979)	
30 Territorio Vásquez								300							--	--	--	--	IGM (1979)
Departamento del Meta																			
31 Guatiquía	28	30					900	4		1,0-2,5					--	--	--	IGM (1979)	
Departamento del Valle																			
32 Valle del Cauca	12,7-49,2	2,8-48,1	0,33-4,65	38,0-70,1	6050-7870		141,5		4-19	0,4-2,5	18,6	9,6	105,2	-9,0-8,0	--	--	--	*IGM (1981)	
Departamento del Cauca																			
33 Suárez-Playón-Dinde							315								--	--	--	--	IGM (1979)
34 Mercaderes									4	0,7-4,0					--	--	--	--	IGM (1979)
Intendencia de Caquetá y Vaupés																			
35 Chiribiquete															--	--	--	--	IGM (1979)
Totales											3802,3	411,74	14505,07						

RANGOS:

b = Bituminoso, S.D. = Sin definir.
sb = Subbituminoso.
bbv = Bituminoso bajo volátiles.
bmv = Bituminoso medio volátiles.
bav = Bituminoso alto volátiles.
Lig = Lignita.
bav-A = Bituminoso alto volátiles tipo A.
bav-B = Bituminoso alto volátiles tipo B.
bav-C = Bituminoso alto volátiles tipo C.
an = Antracita.
sa = Subantracita.
sb-A = Subbituminoso tipo A.
sb-B = Subbituminoso tipo B.

bav-B = Bituminoso alto volátiles tipo B.
bav-C = Bituminoso alto volátiles tipo C.
an = Antracita.
sa = Subantracita.
sb-A = Subbituminoso tipo A.
sb-B = Subbituminoso tipo B.

-- Significa ausencia de datos o incertidumbre acerca de ellos.

IGM = INGEOMINAS.

Reservas demostradas = Reservas medidas + Reservas indicadas.

métricas de reservas medidas, 402.0 millones de reservas indicadas y 12.331.4 millones de toneladas métricas de reservas inferidas y/o potenciales, para un gran total de 16.522.4 millones de toneladas métricas.

Este estudio evalúa 12 de las 35 zonas carboníferas anteriormente mencionadas. Allí se concluye, además, que de las reservas dadas sólo un 20% pueden extraerse a cielo abierto y el 80% por minería subterránea: 12.5% en favor de la gravedad y 67.5% en contra de la gravedad.

En el cuadro número 5 se presentan las reservas para las 35 zonas teniendo en cuenta los dos estudios citados^{9,10}. Las cifras obtenidas son: 3.802.3 millones de toneladas métricas de reservas medidas, 411.74 millones de toneladas métricas de reservas indicadas y 14.505.07 millones de toneladas métricas de reservas inferidas y/o potenciales para un gran total de 18.719.11 millones de toneladas métricas.

2.3 Calidad de los carbones.

En la figura número 2 se puede observar la distribución de las 35 zonas carboníferas existentes en el país. En cada una de ellas se ha tratado de establecer la codificación de la clasificación internacional, dado el grado de conocimiento, se trata de una clasificación muy generalizada y tentativa. También se ha tratado

de establecer el rango tentativo aproximado según la ASTM.

De las áreas mejor conocidas, se ha podido establecer que el carbón de El Cerrejón es de excelente calidad para el uso térmico. Su poder calorífico está entre 6.416 y 6.805 Kcal/kg. El contenido de azufre que está entre 0.41% y 0.96%, coloca estos carbones por debajo de los más estrictos límites de contaminación ambiental, haciéndolos altamente competitivos.

En la parte central del país, zona de Cogua-Guachetá-Samacá, se encuentran carbones 434-534 de óptima calidad coquizante.

El Norte de Santander produce coques en hornos de colmena de una manera rudimentaria, no se conoce la calidad del coque.

2.4 Producción.

A pesar del gran potencial de reservas, el carbón es un recurso escasamente explotado en Colombia. Los principales productores son Acerías Paz del Río y Hullera San Fernando (en Amagá).

El valor estimado para una producción de 5.3 millones de toneladas métricas en 1980, es de 3.000 millones de pesos, lo

⁹ Durán, R., Sánchez, C. y otros. Idem.

¹⁰ Durán, R., Mojica, P. y otros. Idem.

que representa una contribución de sólo 0.1% al producto interno bruto. El carbón frente a los demás recursos energéticos convencionales necesarios para satisfacer las demandas nacionales de energía, participa así:

CUADRO N° 6

Demanda nacional de energía, según recursos energéticos convencionales.
(Porcentajes)

Recursos	%
Petróleo	61
Gas	13
Carbón	18
Hidroeléctrico	8

Nota: Porcentajes estimados para 1978, tomando como base las Unidades Térmicas Británicas, BTU.

Fuente: Ministerio de Minas y Energía.

En la actualidad, el número de personas empleadas en el sector es de aproximadamente 30.000, la mayoría de las cuales son pequeños mineros que trabajan con muy bajos niveles de productividad. Muestra de ello es el caso de 626 minas en explotación en 1975, de las cuales el 86% producían menos de 500 toneladas-mes. Sólo ocho producían más de 5.000 toneladas-mes, tres alcanzaron las 10.000 y la más importante de todas, La Chapa (Boyacá), con una producción anual de medio millón de toneladas de carbón.

La producción de carbón en 1980 se distribuye por departamentos de la siguiente manera:

CUADRO N° 7
Producción de carbón, 1980.
(Miles de toneladas)

Departamento	Producción	%
Boyacá	1.637	30.9
Cundinamarca	1.393	26.3
Antioquia	885	16.7
Valle	757	14.3
Norte de Santander	185	3.5
Otros	440	8.3
Total	5.300	100.0

Fuente: CARBOCOL, Subgerencia de Planeación.

Esta producción está dirigida porcentualmente hacia los siguientes sectores:

CUADRO N° 8
Consumo interno de carbón, 1980.
(Miles de toneladas)

Industria	Consumo	%
Siderurgia y fundición	851	17.4
Ladrillera	412	8.4
Cemento	1.171	23.9
Térmicas	782	16.0
Papel	510	10.4
Textil	330	6.7
Soda cáustica	175	3.6
Vidrio	99	2.0
Cerveza	37	0.8
Otros	530	10.8
Total	4.897	100.0

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y CARBOCOL.

2.5 Proyección del mercado interno.

El crecimiento de la demanda interna de carbones es considerable. Las proyecciones de la demanda en los diferentes sectores industriales casi que se duplicará en el período 1980-1985.

CUADRO N° 9
Proyecciones de consumo interno de carbón.
(Miles de toneladas métricas)

Sectores	1980	1985	%(a)
Electricidad	782	2.335	198.6
Cementos	1.171	1.805	54.1
Siderurgias	851	2.103	147.1
Otros	2.087	2.565	22.9
	---	---	---
Total consumo	4.891	8.808	80.1

(a) Tasa de crecimiento para 1980-85.

Fuente: CARBOCOL, Subgerencia de Planeación.

En el área metalúrgica se presentan incrementos en la demanda de difícil cuantificación. Se requiere carbón para la producción de coque siderúrgico, para la producción de aceros, para las fundiciones y para el proceso de reducción directa. Otras industrias metalúrgicas requieren carbón reductor como en el caso de la producción de níquel que se proyecta en Cerro Matoso.

En Colombia la producción de coque se limita principalmente a satisfacer las necesidades de la industria siderúrgica. Paz del Río produce del orden de 560.000 toneladas por año, lo que representa el 86% del coque producido en el país. La producción, con excepción de Paz del Río, se hace en hornos de colmena sin refinación de subproductos, lo que

constituye un sistema rudimentario y antieconómico.

Es necesario prever su aumento en la producción, debido a las ampliaciones que se proyectan en la industria siderúrgica que llevará la producción de acero desde cerca de 400.000 toneladas en 1978 a 2.3 millones en 1985. A pesar de que parte de dicha expansión se hará por el proceso de reducción directa con gas natural, parte de ella debe hacerse por alto horno y reducción directa con carbón, lo cual creará una demanda considerable de coque metalúrgico y carbón coquizante.

Se prevé un incremento de la demanda para la ampliación de Paz del Río del orden de un millón de toneladas-año de carbón coquizante aumentando su consumo a un millón y medio de tone-

ladas. En el caso de Cerro Matoso se prevé un consumo de 50.000 toneladas-año.

Por otra parte, en la actualidad existe una pequeña industria carboquímica que utiliza subproductos de la coquería de Paz del Río. Sin embargo, no existe una industria nacional basada en procesos de transformación del carbón tales como gasificación, hidrogenación, etc., como sí se está iniciando en países latinoamericanos como el Brasil. Sería muy difícil proyectar una demanda de carbón para esta utilización específica.

3. Procesos de transformación del carbón.

La crisis energética mundial, que en forma tan dramática ha afectado el desarrollo y los términos de intercambio entre los países, ha motivado una nueva era de utilización del carbón. Se ha incrementado sustancialmente su consumo como combustible sólido, especialmente para fines termoeléctricos donde ha sustituido el gas y el fuel oil. Se han desarrollado nuevas tecnologías que permiten su transformación como combustible líquido y gaseoso, para la producción de gasolinas y gases industriales y, finalmente, se ha determinado la factibilidad de utilizarlo como materia prima de todos los productos químicos que actualmente se derivan del petróleo.

El carbón se emplea, además, como materia prima para la pro-

ducción de coque de uso metalúrgico, sin el cual sería imposible pensar en los futuros desarrollos de las industrias metalúrgica y metalmeccánica. Pulverizado o gasificado sirve como reductor en el proceso de reducción directa para la obtención de hierro esponja. En el caso colombiano, las grandes reservas carboníferas existentes llevan a afirmar que el aprovechamiento integral y el fortalecimiento de esta área, es una vía que ofrece las mejores perspectivas para el desarrollo energético e industrial del país. De ahí la justificación de los ingentes esfuerzos que debe realizar el Gobierno Nacional y el sector privado para impulsar la explotación y desarrollo de este valiosísimo recurso natural.

3.1 Naturaleza química del carbón.

El carbón es un combustible sólido generalmente estratificado, proveniente de la descomposición de depósitos vegetales formados en edades geológicas anteriores. Su constitución elemental en esencia es: carbono, hidrógeno, oxígeno y en menor proporción nitrógeno y azufre.

Como producto natural estratificado no presenta uniformidad en su constitución, lo que conlleva a los diversos tipos de carbones existentes. En las tablas números 1 y 2 se dan las clasificaciones internacional y ASTM de los carbones.

TABLA N° 2
Clasificación norteamericana de carbones
U.S. Bureau of Mines, ASTM D 388 - 38

Clase	Groupe (en francés)	Carbón fijo o termias	Propiedades físicas
1. Antracitoso	1) Superantracito	CF 98% en seco 2% MV	Poder aglutinante nulo (b)
	2) Antracitoso	98% CF 92% en seco 8% MV 2% en seco	
	3) Antracito magro	92% CF 86% en seco 14% MV 8% en seco	
2. Bituminoso (d)	1) Carbón bituminoso con bajo contenido en M.V.	86% CF 78% en seco 22% MV 14% en seco	Carbones que no son simultáneamente, aglutinantes y alterables por los agentes atmosféricos (f).
	2) Carbón bituminoso con medio contenido en M.V.	78% CF 69% en seco 31% MV 22% en seco	
	3) Carbón bituminoso A con alto contenido en M.V.	69% CF en seco MV 31% en seco	
	4) Carbón bituminoso B con alto contenido en M.V.	7780 PC 7720 en húmedo 7220 PC 6110 en húmedo	
	5) Carbón bituminoso C con alto contenido en M.V.		
3. Subbituminoso	1) Carbón subbituminoso A	7220 PC 6110 en húmedo	Carbones que son simultáneamente, aglutinantes y alterables por los agentes atmosféricos.
	2) Carbón subbituminoso B	6110 PC 5280 en húmedo	
	3) Carbón subbituminoso C	5280 PC 4610 en húmedo	
4. Lignitoso	1) Lignito	4610 PC	
	2) Lignito pardo	4610 PC	

Abreviaturas:

CF Carbono fijo.
MV Materias volátiles.
PC Poder calorífico.

a) En esta clasificación no se tienen en cuenta ciertos carbones que presentan propiedades físicas y químicas particulares y que entran dentro de los límites del CF o del PC de los tipos de carbones "bituminosos" y "subbituminosos". Los carbones que contienen, ya sea menos de un 48% de carbono fijo en estado seco, exentos de materias minerales, o bien, más de 8.600 Kcal en estado húmedo, exentos de materias minerales.

b) Si el carbón es aglutinante, clasificarle en el grupo de los carbones "bituminosos" con reducido porcentaje de materias volátiles.

c) El PC en estado húmedo ha de entenderse para carbones que contienen una humedad fija, pero sin agua accidental.

d) Se admite que se pueden encontrar, en cada uno de los grupos de la clase de los carbones "bituminosos" variedades que no poseen ningún poder coquizante.

e) Los carbones que contienen un 69% o más de carbono fijo en estado seco, haciéndose abstracción de las impurezas minerales, serán clasificados según el carbono fijo, sin tener en cuenta su poder calorífico.

f) Existen tres variedades de carbones en el grupo de los carbones "bituminosos" de elevado porcentaje de materias volátiles C, a saber: la variedad 1, carbones aglutinantes y no alterables a los agentes atmosféricos; la variedad 2, carbones aglutinantes y alterables a los agentes atmosféricos y la variedad 3, carbones no aglutinantes y no alterables a los agentes atmosféricos.

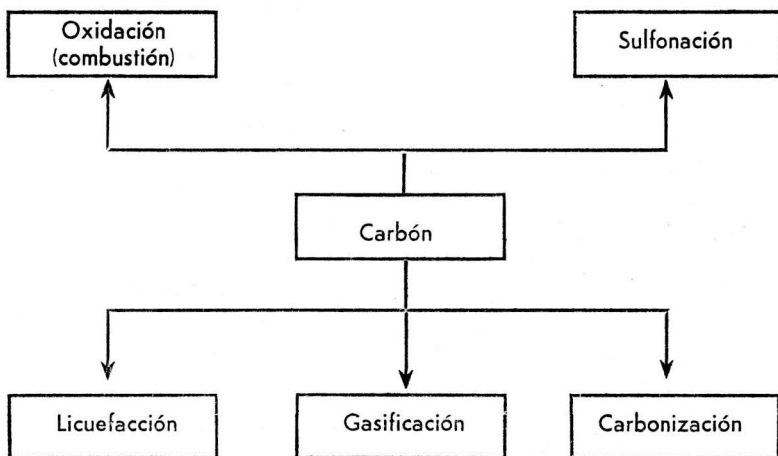
Nota: Los poderes caloríficos PC son dados en el documento original en B.T.U./lb., pero han sido traducidos aquí en kilogramos-calorías por kilogramo, utilizando el coeficiente de transformación 1 B.T.U./lb. = 0.5556 Kcal/kg. (Cifras redondeadas a 10 Kcal.).

3.2 Principales procesos de transformación.

El siguiente gráfico ilustra los principales procesos de transformación del carbón¹¹.

GRAFICO Nº 1

Procesos de transformación del carbón.



a) Oxidación.

Se entiende por oxidación el aumento controlado del contenido de oxígeno en la composición elemental del carbón para la obtención de ácidos, en esencia ácidos húmicos.

La aplicación principal de este proceso se localiza en la producción de materia prima para la industria de abonos y fertilizantes, en la obtención de ácidos orgánicos como los ácidos acético y oxálico; sin embargo, este último paso aún no ha sido desarrollado a nivel industrial.

La oxidación total del carbón se conoce como combustión. En

este proceso se emplean carbones térmicos, quemados directamente en trozos o pulverizados para la producción de energía eléctrica y, además, en industrias como las del cemento, cerámica, papel, metalurgia, vidrio, ladrillo y otras. El carbón mineral usado como combustible sólido constituye una base energética fundamental, la cual será ampliada con la puesta a punto de las tecnologías de gasificación y licuefacción.

b) Sulfonación.

Consiste en el tratamiento del carbón con ácido sulfúrico a de-

¹¹ Rincón, J. El carbón. Revista Química e Industria. Bogotá, 1977.

terminadas condiciones de temperatura y presión. De escaso desarrollo, su finalidad es la obtención de carbón activado a partir de carbón y coque, así como la obtención de resinas de intercambio iónico.

c) Carbonización.

Es la descomposición térmica de la hulla en ausencia de aire. Según la temperatura de operación se habla de carbonización a bajas temperaturas (500° - 700° C) y a altas temperaturas (por encima de 800° C). El tipo de carbón, el proceso y los productos obtenidos son característicos para cada temperatura de trabajo.

Los métodos de bajas temperaturas son procesos continuos, cuya finalidad principal es la obtención de semicoque (combustible sólido sin humo) de empleo corriente en los países industrializados por su bajo nivel contaminante, su gran reactividad y fácil combustión. El alquitrán obtenido se caracteriza por su baja densidad y alto contenido de parafina y fenoles, es materia prima para la obtención de gasolina sintética o directamente como combustible líquido.

En la carbonización a altas temperaturas se busca la obtención de coque, materia prima para la industria metalúrgica. Por este método se obtienen alquitranes más pesados y de mayor contenido de aromáticos que

los alquitranes de bajas temperaturas.

El tipo de carbón utilizado es diferente para cada uno de los sistemas, mientras que el de altas se hace con carbones volátiles medios, el de baja se realiza con carbones altos en materia volátil.

Los alquitranes de bajas temperaturas¹² se pueden someter a los procesos tradicionales de destilación para la obtención de productos químicos como aceite diesel, gasolinas, fenoles, aceites pesados y breas. Los alquitranes de altas temperaturas¹³ permiten la obtención de creosota, antraceno, naftaleno, fenoles y breas.

Para la carbonización a bajas temperaturas existen varios procesos comerciales, tales como: Coalite, Rexco, Lurgi-Spulgas, Disco, Krupp-Lurgi, etc.

Entre los procesos de carbonización a altas temperaturas con el fin de obtener coque metalúrgico, uno de los más aceptados industrialmente es el Koppers.

d) Gasificación.

La gasificación se puede interpretar como la reacción del carbón o del coque con aire, oxígeno o vapor de agua, para obtener como productos grandes cantidades de gases utilizados en la pro-

¹² Que son alrededor de un 10% del carbón procesado.

¹³ Que son alrededor de un 5% del carbón procesado.

ducción de energía o como materia prima para la síntesis química. Mediante la gasificación del carbón se puede obtener un gas de alto o bajo poder calorífico, según el proceso empleado.

La composición fundamental del gas obtenido es CO_2 , CO , H_2 y CH_4 .

A partir de los gases se pueden sintetizar diferentes productos químicos, tales como amoníaco, úrea, alcoholes, cetonas, gasolinas, aceite diesel, etc. Además, los gases se pueden utilizar como agentes reductores en la metalurgia. Los procesos de gasificación de mayor interés comercial son los siguientes: Lurgi, Koppers-Totzek y Winkler. En este campo se está investigando intensamente en la búsqueda de sistemas de gasificación más económicos y eficientes.

Un tipo particular de gasificación se realiza bajo tierra, la que, además, permite aprovechar carbones de mala calidad y difícil extracción mecánica.

e) Licuefacción del carbón.

Es un proceso de transformación del carbón a productos líquidos, normalmente realizado por vía de hidrogenación.

Fundamentalmente se pueden obtener como productos líquidos: gasolina (para automotores y aviación), aceites diesel, lubricantes y, en cantidades menores, productos gaseosos como butano, propano, etano y metano. Los

rendimientos obtenidos dependen del tipo de carbón o brea utilizado, de las condiciones termodinámicas del proceso y del catalizador usado, estos rendimientos oscilan entre 70% y 90% en productos.

En los años 30 se desarrolló en Alemania el proceso **Bergius**, para hidrogenación directa de la hulla hasta combustibles líquidos y el proceso **Fischer Tropsch**, para síntesis de combustibles a partir de una mezcla de H_2 y CO , ambos producidos a partir de hulla. Los combustibles obtenidos por estos procesos suplieron las necesidades alemanas durante la Segunda Guerra Mundial.

Recientemente los mayores desarrollos de esta tecnología han sido logrados por EE.UU. y la URSS; la investigación está centrada en la búsqueda de catalizadores selectivos que logren disminuir la temperatura y presión de trabajo. Entre los procesos de mayor desarrollo y en este campo se pueden citar el **Synthoil** y el **Consol**. También se trabaja actualmente con la extracción por solventes en estado supercrítico para lograr mayores rendimientos.

4. Actividades científicas y tecnológicas sobre carbones en el país.

4.1 Información tecnológica.

Como parte de las actividades de estructuración del Sistema Na-

cional de Información, SNI, COLCIENCIAS viene apoyando el estudio para el establecimiento de una red de información científica y tecnológica sobre recursos energéticos. Especial atención está recibiendo la organización de los servicios de información en el área de carbones, en los cuales CARBOCOL, INGEOMINAS y el IIT, serían núcleos especiales en la generación y difusión de información técnica, económica y comercial sobre carbones.

4.2 Negociación de tecnología.

Sobre la base de la información tecnológica señalada en el punto anterior y siguiendo ciertos criterios y estrategias definidos de antemano, se reforzará la capacidad de negociación conjunta de CARBOCOL y demás organismos estatales responsables de esta función. Este es un campo en el que indudablemente se requiere aunar esfuerzos institucionales para el fortalecimiento de la posición negociadora del país frente a las compañías extranjeras interesadas en los carbones colombianos.

4.3 Formación profesional.

En los últimos años algunas universidades han introducido, dentro de sus programas regulares de ingeniería, cátedras específicas para el estudio de carbones.

A nivel técnico cabe destacar el esfuerzo del SENA mediante

la creación del Centro Nacional Minero con sede en Sogamoso. El centro ofrece los siguientes cursos:

—Aprendizaje: trabajador calificado en explotación de minas. Con duración de un año en el centro y otro en la empresa patrocinadora.

—Promoción: técnico en minería. Duración de dos años en el centro y medio año en la empresa.

—Cursos dictados directamente dentro de las empresas mineras del país.

—Cursos de especialización y preparación mecánica de minerales (125 horas), y preparación y análisis de carbones (110 horas).

4.4 Investigación y desarrollo.

Se puede afirmar que en el país existe capacidad de investigación científica y tecnológica de los carbones colombianos. Esto se pone en evidencia principalmente por la creación y operación desde hace algunos años de centros especializados en el estudio y aplicación de tecnologías referidas a las etapas de prospección, evaluación, extracción y transformación del carbón.

A este respecto cabe mencionar los esfuerzos realizados por el IIT, INGEOMINAS, algunas universidades y COLCIENCIAS con el fin de crear una infraestructura nacional de investigación

que permita el aprovechamiento integral de este valioso recurso.

Igualmente, un antecedente que merece citarse en este sentido, es la formulación por parte de COLCIENCIAS en el año 1974 de un Programa Cooperativo de Investigación de Carbones, PRO-INCARBON, del cual se han tomado algunos de sus principales lineamientos para la elaboración de la presente propuesta.

En la actualidad, las siguientes instituciones desarrollan proyectos de investigación sobre carbones en el país:

—INGEOMINAS.

—Instituto de Investigaciones Tecnológicas.

—Universidad Nacional (Bogotá).

—Universidad Nacional (Medellín).

—Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

—Universidad Industrial de Santander.

—Universidad de Antioquia.

—Universidad del Valle.

—Universidad Francisco de Paula Santander.

5. Propuesta para el establecimiento de un Programa Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Carbones.

Los múltiples usos del carbón y los ambiciosos programas para

su explotación en los próximos años, justifican un amplio Programa Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

Bien conocidos son los requerimientos científicos y tecnológicos que origina la actividad de desarrollo industrial del carbón en nuestro país. Desde la necesidad de una intensificación de la evaluación de reservas, pasando por las etapas de caracterización de los minerales, el estudio de sistemas más modernos de explotación y transformación, hasta la necesidad de consolidar una capacidad de negociación y de búsqueda de mercados favorables para su exportación.

En este capítulo se presenta una primera programación de los proyectos incluyendo ciertos elementos que sirven de base para la creación e iniciación del programa.

5.1 Objetivos.

Este programa se ha formulado con los siguientes objetivos:

1. Establecer un mecanismo nacional apropiado de generación, transferencia, asimilación, adaptación y desarrollo de la tecnología necesaria para la explotación, transformación y comercialización del carbón.

2. Programar y coordinar todas las actividades científicas y tecnológicas que se realizan en el país en el área de carbones, especialmente de educación, infor-

mación y asistencia técnica, investigación y desarrollo, selección y negociación de tecnología.

3. Diseñar, ejecutar y difundir actividades científicas y tecnológicas que impulsen el desarrollo del sector productivo del carbón, utilizando la capacidad nacional en este campo y la cooperación técnica internacional que se estime necesaria.

5.2 Marco institucional para la ejecución del programa.

La concepción del programa es eminentemente interinstitucional e interdisciplinaria, buscando estimular el desarrollo científico y tecnológico alrededor de la gestión de CARBOCOL, empresa rectora en la ejecución de las políticas de explotación y comercialización del carbón colombiano.

Con el fin de integrar los esfuerzos institucionales en materia de desarrollo científico y tecnológico en carbones, se propone la creación de un Comité Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Carbones, un Comité Técnico Directivo y unos Grupos Técnicos de Trabajo por proyecto.

En el Comité Nacional se integrarán fundamentalmente todas las instituciones colombianas que realizan actividades científicas y tecnológicas y los organismos y empresas del Gobierno y del sector privado que trabajan para el aprovechamiento integral de este valioso recurso.

Dicho Comité se reunirá una vez al año bajo la Presidencia de CARBOCOL y la Secretaría Técnica de COLCIENCIAS.

La reunión del Comité Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Carbones corresponde a la sesión plenaria en que participan conjuntamente el Comité Técnico Directivo y los Grupos Técnicos responsables de la ejecución de los proyectos.

Como funciones principales del Comité Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Carbones se relacionan las siguientes:

1. Indicar la orientación general del programa visto en su conjunto y trabajar integralmente en la formulación del mismo.

2. Aunar y coordinar los esfuerzos del Gobierno, el sistema de investigación y las empresas del carbón, en aspectos de desarrollo científico y tecnológico.

3. Contribuir a la identificación y definición de los proyectos de desarrollo científico y tecnológico componentes del programa y en la búsqueda de recursos financieros nacionales y externos para el desarrollo de los mismos.

4. Idear estrategias de acción y pautas para el desarrollo de los proyectos de investigación y la aplicación de sus resultados.

Dentro del Comité Nacional se distinguirán dos niveles de direc-

ción, administración y coordinación de las actividades del programa:

1. Un Comité Técnico Directivo.

2. Grupos Técnicos de Trabajo por Proyecto.

1. El Comité Técnico Directivo, estará integrado por organismos gubernamentales de política, planificación y comercialización de nuestros recursos carboníferos, por el Organismo Nacional de Ciencia y Tecnología, por INGEOMINAS y el IIT en representación de la infraestructura científica y tecnológica. Concretamente se propone la participación de las siguientes entidades en el seno del Comité Técnico Directivo del Programa:

—CARBOCOL (Presidencia del Comité).

—COLCIENCIAS (Secretaría Técnica).

—MINMINAS.

—DNP.

—INGEOMINAS.

—IIT.

Compete al Comité Técnico Directivo del Programa desarrollar las siguientes funciones:

a) Indicar el orden de prioridades para la selección y ejecución de los proyectos y las actividades científicas y tecnológicas que comprende el programa.

b) Proponer la integración institucional progresiva de los Grupos Técnicos ejecutores de cada uno de los 10 proyectos que inicialmente conforman el programa de acuerdo con las prioridades y con las etapas del programa fijados en el punto anterior.

c) Establecer los lineamientos generales de cada uno de los proyectos seleccionados y solicitar a los Grupos Técnicos la formulación detallada de los proyectos acorde con una metodología unificada a nivel nacional.

d) Evaluar y aprobar en primera instancia los proyectos que someterán a su consideración los respectivos Grupos Técnicos del Programa de Carbones.

e) Buscar la institucionalización y la financiación de los proyectos propuestos mediante la presentación de los mismos a los más altos niveles directivos de las entidades nacionales interesadas en el patrocinio y avance del programa.

f) Estudiar y aprobar los programas de cooperación técnica internacional que se establezcan en el área de carbones ya sean de tipo bilateral o multilateral.

2. Los Grupos Técnicos se conformarán según el objeto de cada uno de los nueve proyectos que inicialmente conforman el programa. Cada grupo tendrá una institución responsable de su coordinación. Las reuniones de estos grupos serán más frecuentes y sobre temas más especializados

que las de los Comités. Todos los informes y trabajos relevantes que generen los Grupos Técnicos serán presentados a consideración del Comité Directivo y en sesión plenaria al Comité Nacional.

Además de las instituciones participantes en el Comité Técnico Directivo, los Grupos Técnicos podrán estar conformados según los requerimientos de cada proyecto por las siguientes entidades:

—Universidad Nacional (sedes de Bogotá y Medellín).

—Universidad Industrial de Santander.

—ECOPETROL.

—SENA.

—Universidad del Valle.

—Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

—Universidad de Antioquia.

—Universidad Francisco de Paula Santander.

—ANDI.

—FEDEMETAL.

—Cooperativas y gremios del carbón.

—Empresas productivas y usuarias del carbón.

Las siguientes son las funciones más importantes que cumplirán los Grupos Técnicos:

a) Elaborar sistemáticamente las propuestas de proyectos de

investigación y desarrollo tecnológico en carbones, según los lineamientos generales esbozados por el Comité Nacional y el Comité Técnico Directivo.

b) Presentar a consideración del Comité Técnico Directivo los proyectos constitutivos del Programa Nacional con el fin de evaluarlos y luego iniciar todo el proceso de institucionalización y búsqueda de recursos financieros para su realización.

c) Ejercer liderazgo, científico y técnico en el campo del proyecto, prestar asesoría al Gobierno Nacional y a las empresas productivas en temas de su especialidad y servir como núcleo principal de transferencia y difusión de tecnologías adecuadas a las necesidades de la industria y usuarios locales.

d) Realizar con el máximo de eficiencia los proyectos y actividades científicas y tecnológicas encomendadas bajo su responsabilidad.

5.3 Método de trabajo institucional.

Una síntesis de los lineamientos operativos del programa, se presenta en el esquema adjunto relacionado con el método de trabajo institucional a seguir y una descripción de los mismos es:

1. Identificación de requerimientos científicos y tecnológicos. En primer lugar, se debe profundizar en el trabajo de identifica-

Programa Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Carbones.

Comité	Entidades integrantes	Funciones
Comité Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Carbones, CNC.	Integrado por todas las entidades participantes en el Programa.	<ul style="list-style-type: none"> —Indicar la orientación general del Programa visto en su conjunto y trabajar integradamente en la formulación del mismo. —Aunar y coordinar esfuerzos institucionales. —Identificación y definición de las actividades y componentes del Programa. —Idear estrategias de acción y pautas para el fomento de la investigación y la aplicación de sus resultados.
Comité Técnico Directivo, CTD.	CARBOCOL (Presidencia). COLCIENCIAS (Secretaría). MINMINAS. DNP. INGEOMINAS. IIT.	<ul style="list-style-type: none"> —Formular los lineamientos de los proyectos y actividades del Programa. —Seleccionar, evaluar y aprobar en primera instancia los proyectos y actividades del Programa. —Buscar la institucionalización y financiación de los proyectos. —Estudiar y aprobar los programas de cooperación internacional en carbones.
Grupos Técnicos de Proyectos, GTP.	Entidades del CTD. U. Nacional. UIS. ECOPETROL. SENA. U. del Valle. UPTC. U. de Antioquia. UFPS.	ANDI. FEDEMETAL. Cooperativas y gremios del carbón. Empresas productoras y usuarias del carbón. <ul style="list-style-type: none"> —Elaborar propuestas detalladas de los proyectos. —Presentar las propuestas a consideración del CTD. —Realizar los proyectos y difundir sus resultados. —Prestar asesoría al Gobierno y al sector productivo.

ción de requerimientos CT de los proyectos de exploración, explotación, industrialización y comercialización de los carbones colombianos. El objetivo de esta función es el de asegurar que la tecnología generada y transferida dentro del programa esté al servicio de los proyectos del carbón y corresponda a sus necesidades reales.

La labor de identificación de requerimientos se cumple a través de estudios completos de diagnósticos tecnológicos y mediante la organización de canales permanentes de detección de la demanda tecnológica.

2. Formulación del programa. Este se ha formulado como resultado del aporte conceptual y de los estudios realizados por las entidades interesadas en el desarrollo integral de los carbones colombianos. La información generada en forma permanente sobre requerimientos CT permitirá actualizar periódicamente los objetivos, estrategias, pautas y componentes establecidos, trabajo que en su conjunto define el proceso dinámico de formulación de la estructura y del contenido del programa.

Descendiendo en el nivel de formulación del programa se diseña la fase operacional del mismo, traducida en 10 proyectos de desarrollo científico-tecnológico. Esta formulación del programa inicialmente obedece a una planificación indicativa de las acti-

vidades CT, que permite la capitalización y coordinación de los recursos institucionales existentes, pero progresivamente mediante el logro de consensos institucionales y como fruto de la calidad y objetividad de la planificación, se llegará a delinear y ejecutar planes de índole normativa.

3. Preselección y proyectos. Significa que los 10 proyectos de desarrollo CT propuestos no se ejecutarán todos simultáneamente y que los recursos a ser asignados a ellos y a otros proyectos que se introduzcan más adelante, dependerán principalmente de las prioridades que establezca el Comité Técnico Directivo.

4. Convocatoria de Grupos Técnicos de Proyectos. Siguiendo el orden de los proyectos preseleccionados en el punto anterior, el CTD, se dirige a los GTP, con el objeto de estudiar el interés, capacidad y disponibilidad de ellos para la ejecución de los proyectos.

5. Formulación de propuestas. Los GTP, formulan las propuestas detalladas de cada proyecto, siguiendo una metodología unificada y sobre la base de los lineamientos señalados por el CTD.

Debe observarse que el flujo antes indicado es lo suficientemente flexible, para permitir a los GTP elaborar propuestas de su propia iniciativa. Lo importante es que estas propuestas también deben llevarse al CTD con el

fin de centralizar la información y velar por la unidad directiva del programa.

6. Evaluación de las propuestas. Esta labor la cumplirán los miembros del CTD, que contarán con la asesoría de especialistas para la emisión de conceptos técnicos bien fundamentados en las distintas áreas del programa.

7. Selección de proyectos. Si la evaluación de la propuesta resulta favorable, el CTD la selecciona y la presenta a consideración de las directivas de las entidades patrocinadoras con el fin de proceder a su institucionalización y asignación de recursos financieros.

8. Institucionalización de proyectos. Se efectúa mediante resolución dictada por la Gerencia o la Dirección de las entidades interesadas y por acuerdo de la Junta Directiva, según las normas orgánicas establecidas en cada institución. Como mecanismos de institucionalización se utilizarán los contratos, los convenios y otras formas similares que se consideren convenientes.

9. Financiación de proyectos. Los recursos necesarios para el desarrollo del programa se canalizarán a través de los siguientes mecanismos:

a) Aportes del presupuesto nacional, canalizados a través de las entidades oficiales participantes en el programa.

b) Recursos de crédito externo orientados a proyectos concretos de desarrollo tecnológico en carbones.

c) Recursos de cooperación técnica internacional como complemento a los fondos que el país aporte en la financiación del programa.

d) Orientación de recursos de fondos especiales, como es el caso del Fondo Nacional del Carbón y de otros fondos de desarrollo minero.

e) Aportes específicos de la industria productora y consumidora del carbón y sus derivados.

f) Mecanismos de crédito corriente en el mercado bancario nacional.

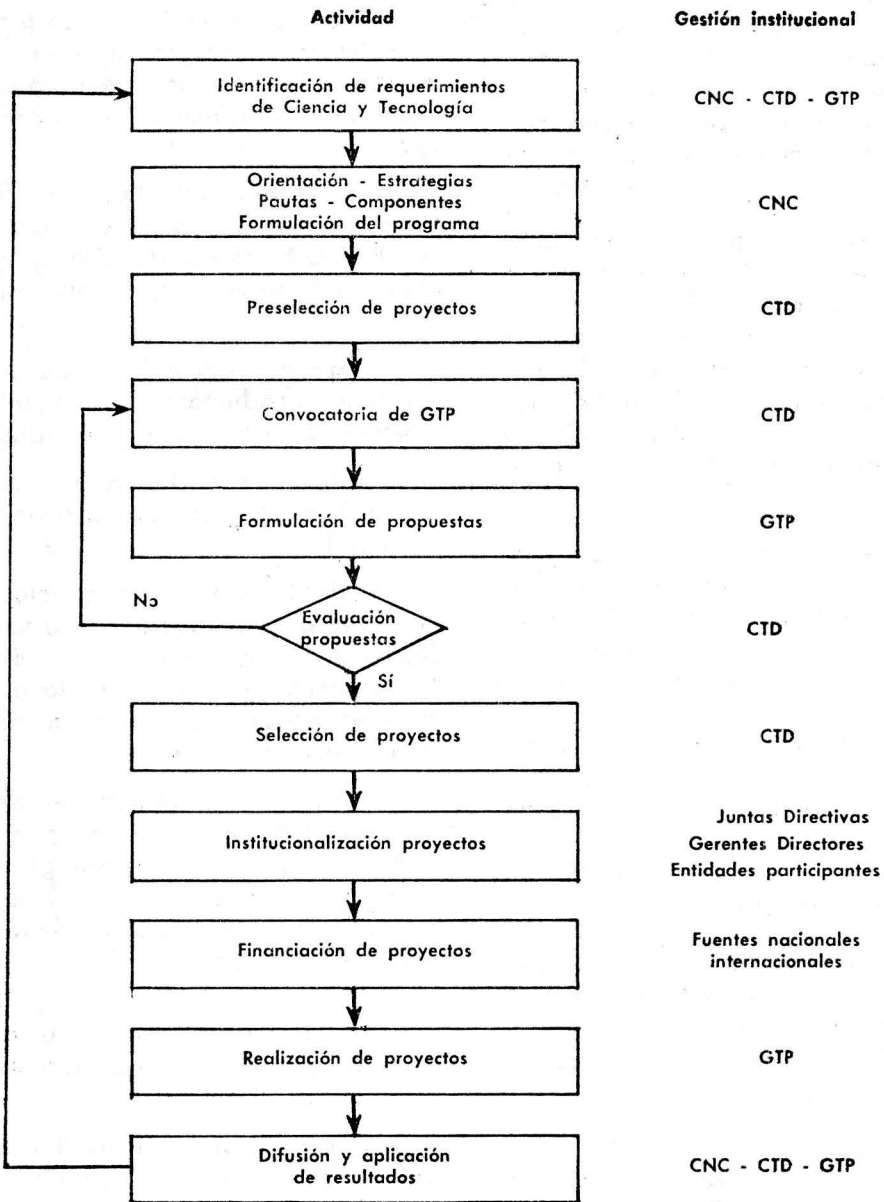
10. Realización de proyectos. Una vez asegurados los recursos financieros, los GTP realizarán los proyectos y se definirá la estrategia de difusión y aplicación de los resultados logrados.

11. Difusión y aplicación de resultados. Para que se complete el ciclo de desarrollo tecnológico, es necesario asegurar una adecuada difusión y aplicación de los resultados del programa.

5.4 Lineamientos básicos para la iniciación de actividades del programa.

1. El rumbo de las actividades del programa en su conjunto lo señalará la labor de identificación y evaluación de las reservas

Método de trabajo institucional.



carboníferas económicamente factibles de explotar para la atención de mercados concretos en el ámbito nacional e internacional. Esto significa que las actividades del programa se realizarán principalmente alrededor de los proyectos de exploración de carbones diseñados por el Gobierno Nacional y de las demandas específicas que origine la actividad privada.

2. El programa se realizará preferencialmente bajo un enfoque regional. Esto principalmente por la existencia de centros regionales con capacidad de efectuar los proyectos, por la necesidad de minimizar los problemas de toma y transporte de muestras y por facilitarse el contacto permanente con los mineros en las zonas seleccionadas para estudio. Como complemento a las actividades regionales de caracterización de carbones, se adelantarán ciertas investigaciones científicas y tecnológicas y tareas especiales de certificación de calidades de los carbones, que requieren adecuada centralización en las entidades con capacidad para adelantar esta función.

3. Se reconoce que el problema del desarrollo industrial del carbón es complejo por la incidencia de diferentes factores económicos, jurídicos, administrativos, sociales, comerciales, tecnológicos y de infraestructura. Pero se tiene la seguridad de que un manejo adecuado del factor tecno-

lógico incidirá favorablemente en la creación de mejores condiciones para la negociación de este valiosísimo recurso a nivel internacional y en la optimización de los procesos tecnológicos internos de explotación e industrialización del carbón colombiano.

4. Dentro del programa se definen como usuarios principales de sus acciones y resultados, las grandes y medianas empresas mineras nacionales del carbón, así como las empresas transformadoras y consumidoras de este recurso natural y de sus derivados.

5. El programa de carbones establecerá una estrecha coordinación con otros Programas Nacionales de Desarrollo Científico y Tecnológico promovidos por COLCIENCIAS en áreas relacionadas.

6. Además de su apoyo a la labor de caracterización de carbones, las universidades realizarán investigaciones básicas destinadas a la formación de grupos de investigación de alto nivel y a la asimilación y generación de conocimientos científicos fundamentales para la creación de una tecnología propia en carbones en el mediano y largo plazo. La investigación básica estará presente en todos los proyectos que contempla el presente programa.

7. Por su parte el IIT e INGEO-MINAS centrarán su acción en el trabajo de caracterización de carbones y en la realización de Pro-

yectos de Investigación Tecnológica, de repuesta inmediata a las necesidades planteadas por los proyectos de explotación e industrialización de los carbones colombianos. Además, estas dos entidades ejercerán cierto liderazgo en propender por la normalización de los procedimientos investigativos, en prestar su asesoría, capacitar personal y velar por la adquisición de equipos similares en otros centros regionales de investigación.

5.5 Proyectos de desarrollo científico y tecnológico.

De acuerdo con los requerimientos científicos y tecnológicos característicos del sector, se propone la realización institucional de los siguientes proyectos¹⁴, orientados a suministrar soluciones concretas a los problemas

tecnológicos que plantean los programas de mediano y largo plazo de explotación de carbón:

Nº 1 Gestión tecnológica.

Nº 2 Prospección y evaluación de yacimientos.

Nº 3 Caracterización de carbones.

Nº 4 Asistencia técnica minera.

Nº 5 Beneficio de carbones.

Nº 6 Carbonización.

Nº 7 Combustión.

Nº 8 Gasificación y licuefacción.

Nº 9 Preservación del medio ambiente.

Nº 10 Estudios sobre infraestructura para el desarrollo carbonífero.

¹⁴ En la presente síntesis se ha omitido la formulación de los mismos.

Programa Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Carbones.

Proyectos Interinstitucionales 1981-1986.

Nº Proyecto	Grupo técnico interinstitucional	Coordinador
1. Gestión tecnológica.	CARBOCOL, ICETEX, DNP, COLCIENCIAS, INCOMEX, empresas del carbón, universidades y firmas de ingeniería.	CARBOCOL.
2. Prospección y evaluación de yacimientos.	CARBOCOL, INGEOMINAS, DNP, MINMINAS y empresas.	INGEOMINAS.
3. Caracterización de carbones.	INGEOMINAS, IIT, Universidad Nacional (Medellín), UPTC, UIS, SENA y empresas.	INGEOMINAS.
4. Asistencia técnica minera.	Universidad Nacional (Medellín), UIS, UPTC, SENA, zonas mineras, empresas, CARBOCOL y MINMINAS.	MINMINAS.
5. Beneficio de carbones.	IIT, Paz del Río y empresas.	IIT.
6. Carbonización.	a) INGEOMINAS, IIT, Universidad Nacional (Medellín), Paz del Río, empresas. b) Universidad Nacional (Bogotá-Medellín), UPTC e IIT.	IIT.
7. Combustión.	Termoeléctricas, IIT, universidades, MINMINAS, ISA, DNP e ICEL.	ICEL.
8. Gasificación y licuefacción.	Universidad Nacional (Bogotá), IIT, Universidad de Antioquia y Universidad del Valle.	IIT.
9. Preservación del medio ambiente.	INDERENA, COLCIENCIAS, DNP, IIT, SENA, Ministerio de Salud, Universidad de Antioquia y UPB.	INDERENA.
10. Estudios sobre infraestructura.	CARBOCOL, DNP, MINMINAS, COLCIENCIAS, MIN-OBRAS, FFNN y empresas mineras.	DNP.

ANEXO Nº 1
Reservas mundiales de carbón y recursos por país.
(Millones de toneladas de carbón equivalente)

Países y regiones	Recursos geológicos		Reservas Recuperables técnica y económicamente	
	Cantidad	%	Cantidad	%
Países desarrollados.				
Australia	262.134	2.59	27.353	4.30
Bélgica	253	—	127	0.02
Canadá	115.352	1.14	9.381	1.47
Francia	2.367	0.02	438	0.07
República Federal Alemana	246.800	2.44	34.419	5.41
Grecia	895	0.01	400	0.06
Japón	8.641	0.09	1.006	0.16
Holanda	2.900	0.03	1.430	0.22
Nueva Zelanda	790	—	144	0.02
España	2.298	0.02	537	0.08
Sur Africa	57.566	0.57	26.903	4.23
Reino Unido	163.576	1.62	45.000	7.07
Estados Unidos	2.570.398	25.39	177.588	27.91
Otros	439	—	115	0.02
Total	3.434.409	33.92	324.841	51.04
Países de economía centralmente planificada.				
Bulgaria	2.633	0.03	2.203	0.35
República Popular de China	1.438.045	14.20	98.883	15.54
Checoslovaquia	17.487	0.17	4.815	0.76
República Democrática Alemana	9.400	0.09	7.660	1.20
Hungría	3.553	0.03	950	0.15
República Popular de Corea	2.000	0.02	480	0.08
Polonia	125.500	1.24	21.000	3.30
Rumania	1.877	0.02	413	0.06
URSS	4.860.000	48.00	109.900	17.27
Total	6.460.495	63.80	246.304	38.71
Países en desarrollo.				
Africa.				
Botswana	100.000	0.99	3.500	0.55
Mozambique	400	—	80	0.01
Nigeria	180	—	90	0.01
Suazilandia	5.000	0.05	1.820	0.29

Países y regiones	Recursos geológicos		Reservas Recuperables técnica y económicamente	
	Cantidad	%	Cantidad	%
	Rodesia	7.130	0.07	755
Zambia	228	—	5	—
Argelia	20	—	n.d.	n.d.
Angola	500	—	n.d.	n.d.
Benin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Berundi	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Camerún	500	—	n.d.	n.d.
Egipto	80	—	n.d.	n.d.
Etiopía	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Madagascar	92	—	n.d.	n.d.
Malawi	14	—	n.d.	n.d.
Níger	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Marruecos	96	—	n.d.	n.d.
Sierra Leona	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Somalia	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tanzania	360	—	n.d.	n.d.
Túnez	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zaire	73	—	n.d.	n.d.
Total Africa	115.338	1.14	7.220	1.13
Asia.				
Bangladesh	1.649	0.02	519	0.08
India	56.799	0.56	33.700	5.30
Indonesia	3.723	0.04	1.430	0.22
Irán	385	—	193	0.03
República de Corea	921	0.01	336	0.06
Turquía	3.268	0.03	793	0.12
Afganistán	85	—	n.d.	n.d.
Birmania	286	—	n.d.	n.d.
Brunei	1	—	n.d.	n.d.
Camboya	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pakistán	1.375	—	n.d.	n.d.
Filipinas	87	—	n.d.	n.d.
Taiwán	680	—	n.d.	n.d.
Tailandia	78	—	n.d.	n.d.
Vietnam	3.000	0.03	n.d.	n.d.
Total Asia	72.466	0.72	38.583	6.06
América Latina.				
Argentina	384	—	290	0.05
Brasil	10.082	0.10	8.098	1.27

Países y regiones	Recursos geológicos		Reservas Recuperables técnica y económicamente	
	Cantidad	%	Cantidad	%
Chile	4.585	0.05	162	0.03
Colombia	8.318	0.08	443	0.07
México	5.448	0.05	875	0.14
Perú	1.122	0.01	105	0.02
Venezuela	1.630	0.02	978	0.15
Bolivia	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Costa Rica	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ecuador	22	—	n.d.	n.d.
Guatemala	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Honduras	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Panamá	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Total América Latina	31.692	0.31	10.951	1.73
Europa				
Yugoslavia	10.927	0.11	8.465	1.33
Total países en desarrollo	230.360	2.28	65.219	10.25
Gran total	10.125.264	100.00	636.364	100.00

n.d. = No disponible.

Fuente: Conferencia Mundial de Energía, 1977. Skelly y Loy, tomado de World Bank, **Coal development potential and prospects in the developing countries.**

ANEXO N° 3

Exportaciones mundiales de carbón (1961-76)

(Miles de toneladas de carbón equivalente)

Países y regiones	1961	1973	1976	
	Cantidad	Cantidad	Cantidad	%
Países desarrollados.				
Australia	2.986	28.582	31.352	14.5
Bélgica	3.488	846	673	0.3
Canadá	944	11.237	11.917	5.5
Francia	1.437	1.847	1.524	0.7
República Federal Alemana	28.464	23.859	19.760	9.1
Japón	64	532	541	0.2
Holanda	5.178	2.388	1.059	0.5
Sur Africa	1.063	2.049	6.096	2.8
Reino Unido	7.101	3.320	2.173	1.0
Estados Unidos	33.506	49.820	55.528	25.7
Otros	596	1.088	1.147	0.5
Total	84.827	125.568	131.770	60.8
Países de economía centralmente planificada.				
República Popular China	696	608	1.100	0.5
Checoslovaquia	4.590	6.547	6.618	3.1
República Democrática Alemana	4.237	1.899	1.981	0.9
República Popular de Corea	6	46	70	0.0
Polonia	20.592	39.553	42.668	19.7
URSS	17.831	28.953	30.714	14.2
Otros	110	135	74	0.0
Total	48.062	77.741	83.225	38.4
Países en desarrollo.				
Africa				
Marruecos	203	31	31	—
Mozambique	61	51	51	—
Nigeria	52	26	18	—
Rodesia	1.443	149	159	—
Otros	—	33	—	0.1
Total Africa	1.754	290	259	0.1
Asia				
India	943	544	507	0.2
República de Corea	241	219	10	—

Países y regiones	1961	1973	1976	
	Cantidad	Cantidad	Cantidad	%
Vietnam	735	220	600	0.3
Otros	9	22	19	— —
Total Asia	1.928	1.005	1.136	0.6
América Latina				
Total América Latina	10	40	25	— —
Europa				
Yugoslavia	106	259	229	0.1
Total países en desarrollo . .	3.809	1.594	1.649	0.8
Gran total	136.684	204.883	216.644	100.0

— —: Despreciable.

Fuente: UN. World Energy Supplies. 1961-70 and 1972-77, tomado de World Bank. Coal development potential and prospects in the developing countries.

ANEXO N° 2

Producción mundial de carbón en bruto por países (1950-7)
(Miles de toneladas).

Países y regiones	1 9 5 0		1 9 6 0		1 9 7 0		1 9 7 7			Tasa anual de crecimiento (%)		
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	Cantidad	%	1950-60	1960-73	1973-77
Países desarrollados.												
Australia	24.277	1.28	38.164	1.37	69.524	2.32	80.160	104.000	3.03	4.63	5.87	6.73
Bélgica	33.060	1.74	30.883	1.10	11.362	0.38	8.842	7.430	0.22	-0.81	-9.08	-4.26
Canadá	17.375	0.92	9.996	0.36	15.063	0.50	20.472	29.300	0.85	-5.38	5.67	9.38
Francia	60.341	3.18	70.707	2.54	40.623	1.36	29.114	25.330	0.74	1.60	-6.60	-3.42
República Federal Alemana	202.312	10.67	239.556	8.63	219.880	7.35	216.257	107.490	6.05	1.70	-0.78	-1.03
Grecia	164	0.01	2.494	0.09	7.680	0.26	13.118	23.810	0.69	31.28	13.62	16.07
Japón	40.462	2.13	60.316	2.17	39.891	1.33	22.500	18.175	0.53	4.07	7.30	-5.20
Holanda	12.451	0.66	16.506	0.59	4.334	0.14	1.722	—	—	2.86	-15.96	—
Nueva Zelanda	939	0.05	3.065	0.11	2.366	0.08	2.486	2.475	0.07	12.56	-1.60	-0.11
Sur Africa	26.491	1.40	38.843	1.40	54.750	1.83	62.352	80.794	2.36	3.90	3.70	6.69
España	13.949	0.74	18.091	0.65	13.582	0.45	12.994	16.700	0.49	2.62	2.51	6.47
Reino Unido	224.579	11.84	200.501	7.22	147.124	4.92	132.039	123.790	3.61	-1.13	-3.16	-1.60
Estados Unidos	508.722	26.81	394.284	14.20	555.797	18.57	527.398	534.925	18.51	-2.52	2.26	4.75
Otros	8.702	0.46	11.607	0.42	12.229	0.41	11.989	10.419	0.30	2.92	0.25	-3.45
Total	1.173.824	61.89	1.134.593	40.85	1.194.205	39.89	1.141.443	284.638	37.45	-0.34	0.05	3.00
Países de economía centralmente planificada.												
Albania	50	—	291	0.01	606	0.02	760	1.000	0.03	19.26	7.66	7.10
Bulgaria	5.714	0.30	17.320	0.62	29.251	0.98	26.810	25.155	0.73	11.73	3.42	-1.58
República Popular de China	39.023	2.06	440.102	15.85	360.000	12.03	400.000	500.000	14.58	27.42	-0.73	5.74
Checoslovaquia	46.018	2.43	84.675	3.05	109.977	3.67	109.608	121.492	3.54	6.29	2.01	2.61
República Democrática Alemana	41.440	2.19	228.590	8.23	261.631	8.74	246.998	254.055	7.41	4.92	0.60	0.71
Hungría	13.346	0.70	26.541	0.96	27.830	0.93	26.781	25.454	0.74	7.12	0.07	-1.26
Mongolia	—	—	619	0.02	2.000	0.07	2.324	3.318	0.10	—	10.71	9.31
República Popular de Corea	2.044	0.11	17.437	0.63	27.500	0.92	34.000	54.000	1.57	23.91	5.27	12.26
Polonia	82.898	4.37	113.842	4.10	172.868	5.78	195.845	223.793	6.52	3.22	4.26	3.39
Rumania	332	0.02	8.185	0.29	20.531	0.69	24.943	26.780	0.78	37.78	8.95	1.79
URSS	326.264	17.20	592.081	21.32	634.840	21.20	673.164	706.000	20.59	6.14	0.99	1.20
Total	657.129	34.65	1.529.683	55.08	1.647.034	55.03	1.741.233	941.047	56.59	8.82	1.00	2.75
Países en desarrollo.												
Africa												
Argelia	258	0.01	119	—	18	—	15	—	—	-7.45	-14.73	—
Botswana	—	—	—	—	—	—	78	200	0.01	—	—	26.54
Burundi	—	—	—	—	—	—	5	11	0.00	—	—	21.79
Madagascar	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Marruecos	369	0.02	413	0.02	433	0.01	565	640	0.02	1.13	2.44	3.17
Mozambique	57	—	271	0.01	351	0.01	394	390	0.01	16.85	2.92	-0.25
Nigeria	594	0.03	521	0.03	3.179	0.11	3.080	200	0.01	0.20	4.20	2.84
Suazilandia	—	—	12	—	123	—	140	129	0.00	—	20.80	-2.02
Tanzania	—	—	—	—	3	—	3	1	0.00	—	—	-24.02
Túnez	41	—	2	—	—	—	—	—	—	-26.07	—	—
Zaire	160	0.01	163	0.01	102	—	115	110	0.00	0.19	-2.65	-1.11
Zambia	—	—	—	—	623	0.02	940	800	0.02	—	—	-3.95
Total Africa	3.611	0.19	5.112	0.19	4.875	0.16	5.647	5.071	0.15	3.54	0.77	-2.65
Asia												
Afganistán	9	—	46	—	164	0.01	150	200	0.01	17.72	9.52	7.46
Birmania	—	—	1	—	11	—	15	15	0.00	—	23.16	0.00
India	32.848	1.73	52.677	1.90	77.243	2.58	80.555	102.370	2.99	4.84	3.32	6.17
Indonesia	805	0.04	658	0.02	172	0.01	149	200	0.01	-2.00	-10.80	7.64
Irán	146	0.01	231	0.01	530	0.02	1.050	850	0.02	4.69	12.33	-5.15
Malasia	423	0.02	7	—	—	—	—	—	—	-33.64	—	—
Pakistán	444	0.02	832	0.03	1.315	0.04	1.161	1.380	0.04	6.48	2.60	4.41
Filipinas	159	0.01	148	0.01	42	—	39	275	0.01	-0.71	-9.75	62.95
República de Corea	598	0.03	5.354	0.19	12.394	0.41	13.571	17.270	0.50	24.51	7.42	6.21
Taiwán	1.407	0.07	3.964	0.14	4.476	0.15	3.330	2.900	0.08	10.91	-1.33	-3.40
Tailandia	—	—	149	0.01	400	0.01	361	575	0.02	—	7.04	12.34
Turquía	5.579	0.30	9.725	0.35	9.010	0.30	10.093	13.100	0.38	5.71	0.29	6.74
Vietnam	495	0.03	2.625	0.09	3.000	0.10	2.700	6.000	0.17	18.16	0.22	22.09
Total Asia	42.913	2.26	76.417	2.75	108.757	3.63	113.174	145.135	4.23	5.80	3.07	6.42
América Latina												
Argentina	27	—	281	0.01	616	0.02	451	530	0.02	26.40	3.71	4.12
Brasil	1.960	0.11	2.331	0.08	2.361	0.08	2.316	3.500	0.10	1.75	-0.05	10.87
Chile	2.219	0.12	1.472	0.05	1.453	0.05	1.443	1.255	0.04	-4.02	-0.15	-3.43
Colombia	1.011	0.05	2.602	0.09	2.500	0.08	3.000	3.700	0.11	9.91	1.10	5.38
México	913	0.05	1.777	0.07	2.959	0.10	4.230	6.000	0.17	6.89	6.90	9.13
Perú	229	0.01	193	0.01	156	0.01	85	—	—	-1.70	-6.11	—
Venezuela	26	—	35	—	40	—	50	110	0.00	3.02	2.78	21.79
Total América Latina	6.385	0.34	8.691	0.31	10.085	0.34	11.575	15.095	0.44	3.13	2.23	6.81
Europa												
Yugoslavia	12.828	0.68	22.729	0.82	28.422	0.95	32.450	39.010	1.14	5.89	2.78	4.71
Total países en desarrollo	65.737	3.47	112.949	4.07	152.142	5.08	162.846	204.311	5.96	5.56	2.85	5.83
Gran total	1.896.690	100.00	2.777.225	100.00	2.993.534	100.00	3.045.522	429.596	100.00	3.89	0.71	3.02

— Despreciable, menor de 0.01%.

Fuente: U. N. World Energy Supplies. (Varios números): US Bureau of Mines. Skelly y Lay. Tomado de World Bank. Coal development potential and prospects in the developing countries.

ANEXO N° 4
Importaciones mundiales de carbón (1961-76)
 (Miles de toneladas de carbón equivalente)

Países y regiones	1961	1973	1976		1976
	Cantidad	Cantidad	Cantidad	%	(a)
Países desarrollados.					
Austria	4.537	4.303	3.970	1.83	729
Bélgica	8.302	7.182	7.849	3.62	1.454
Canadá	11.409	15.267	14.856	6.86	1.115
Dinamarca	4.979	2.325	4.336	2.00	845
Finlandia	3.021	3.716	3.611	1.67	1.010
Francia	15.074	16.027	21.436	9.90	868
República Federal Alemana	10.312	10.012	8.981	4.15	1.975
Italia	10.231	11.650	12.604	5.82	221
Japón	11.325	56.906	60.821	28.07	700
Holanda	7.840	4.487	5.187	2.39	325
España	473	3.542	4.878	2.25	487
Estados Unidos	259	993	2.160	1.00	2.530
Otros	11.816	15.610	12.097	5.41	—
Total	99.578	152.020	162.786	74.97	—
Países de economía centralmente planificada.					
Bulgaria	812	6.122	6.480	2.99	2.178
Checoslovaquia	3.932	5.682	5.534	2.55	5.433
República Democrática Alemana	12.281	12.277	9.630	4.45	4.962
Hungría	3.024	2.835	2.954	1.36	1.445
Polonia	1.373	1.165	1.080	0.50	4.345

Países y regiones	1961	1973	1976		1976
	Cantidad	Cantidad	Cantidad	%	(a)
Rumania	873	4.024	5.157	2.38	860
URSS	5.316	10.713	10.269	4.74	1.890
Otros	85	411	411	0.19	—
Total	27.696	43.229	41.515	19.16	—
Países en desarrollo.					
Africa					
Argelia	210	294	305	0.14	18
Egipto	301	426	1.028	0.46	27
Kenia	37	71	64	0.03	5
Madagascar	5	12	18	0.01	2
Malawi	64	62	65	0.03	13
Marruecos	92	36	34	0.02	40
Mozambique	305	243	200	0.09	55
Túnez	51	104	99	0.05	19
Zaire	326	143	151	0.07	10
Zambia	1.083	55	36	0.02	160
Otros	174	35	24	0.01	—
Total Africa	2.648	1.481	2.024	0.93	—
Asia					
Bangladesh	—	474	329	0.15	4
Birmania	264	66	202	0.09	7
Indonesia	26	4	22	0.01	2
República de Corea	288	645	1.576	0.74	474
Malasia	46	48	52	0.02	5
Nepal	—	11	8	0.00	1

Países y regiones	1961	1973	1976		1976
	Cantidad	Cantidad	Cantidad	%	(a)
Pakistán	1.073	53	74	0.03	14
Filipinas	7	9	19	0.01	4
Tailandia	2	17	34	0.02	6
Turquía	—	39	267	0.12	190
Otros ¹	690	195	126	0.06	—
Total Asia	2.396	1.561	2.709	1.25	—
América Latina					
Argentina	1.256	786	808	0.37	55
Brasil	959	1.894	3.372	1.58	61
Chile	156	401	140	0.06	132
Cuba	182	98	118	0.05	13
México	55	356	174	0.08	93
Perú	17	239	184	0.08	11
Surinam	—	35	26	0.01	60
Uruguay	57	21	26	0.01	8
Venezuela	12	324	240	0.11	27
Otros ²	20	41	13	0.01	—
Total América Latina	2.714	4.195	5.101	2.35	—
Europa					
Yugoslavia	1.652	2.397	2.854	1.32	990
Total países en desarrollo	9.410	9.634	12.690	5.86	—
Gran total	136.684	204.883	216.644	100.00	—

(a) Consumo per cápita de carbón en kilogramos.

Fuente: UN. World Energy Supplies, 1961-70 and 1972-77; tomado de World Bank, Coal development potential and prospects in the developing countries.

¹ Incluye los países en desarrollo del Medio Oriente y Oceanía.

² Incluido Groenlandia.

BIBLIOGRAFIA

- CARBOCOL. Subgerencia de Planeación. Información escrita. Bogotá, 1981.
- COLCIENCIAS. Bases del programa nacional de tecnología de minerales y metalurgia. Bogotá, fotocopia, 1977.
- COLCIENCIAS. Programa cooperativo de investigación de carbones. Bogotá, mimeo, 1977.
- DNP. Perspectivas energéticas colombianas hasta el año 2000. Bogotá, 1979.
- DURAN, R., Mojica, P., Alvarado, B. y Lobo-Guerrero, A. Evaluación y clasificación económica de recursos de carbón en siete zonas de Colombia. Preparado para el Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Minas y Energía, como parte del Estudio Nacional de Energía. INGEOMINAS - Mejía, Millán y Perry Ltda. Bogotá, 1981.
- DURAN, R., Sánchez, C., Angarita, L., Zambrano, F. y Uribe, C. Zonas carboníferas de Colombia, recursos, clasificación y convenios bilaterales. Bogotá, INGEOMINAS, 1979.
- GARCÉS, H. El carbón en el futuro energético de Colombia. Bogotá, CARBOCOL, mimeo, agosto, 1976.
- ILFAFA, documento. Carbón 79, explotación y comercialización. Bogotá, Congreso ILFAFA - CARBON, abril, 1979.
- INGEOMINAS. Zonas carboníferas de Colombia. Bogotá, 1979.
- JIMENEZ, A., Pacheco L. y Rincón, J. Informe presentado al Seminario Nacional sobre Carbones, FEDEMETAL, 1974.
- LONDOÑO, J. El carbón colombiano y su proyección al futuro. Bogotá, Congreso ILFAFA - CARBON. INGEOMINAS, abril, 1979.
- RESTREPO, A. El carbón en Colombia. Seminario de Energía. Universidad de Los Andes. Bogotá, fotocopiado, marzo, 1979.
- RINCON, J. "El carbón". Revista Química e Industria. Bogotá, 1977.
- RINCON, J. Informe de la reunión de coordinación sobre carbones. Bogotá, 1978.
- SENA. La formación profesional en el sector minero. Sogamoso, mimeo, 1978.
- WORLD BANK. Coal development potential and prospects in the developing countries, 1979.