

# Posibilidades de coquización de los carbones de la cuenca Amagá - Titiribí, Antioquia

Por  
Jaime Aguirre Cardona \*  
Pedro F. Ramírez Castro \*\*

## RESUMEN

Conociendo la existencia en Antioquia de ciertas zonas con carbón coquizante y sabiendo además lo valioso que es este recurso, se llevó a cabo un estudio tendiente a evaluar técnicamente las calidades de coque obtenido al mezclar carbón coquizante con carbón corriente de la región.

Los resultados obtenidos muestran que se puede obtener coque de buena calidad utilizando solamente 70% (o incluso menos) de carbón apto para coque.

Requiere hacerse de todas maneras una evaluación de las reservas en este tipo de carbón aún cuando por adelantado, se sabe que no son abundantes.

## 1. INTRODUCCION

Los carbones antioqueños, por su edad geológica, no presentan en general características coquizantes. No obstante, existen algunas hullas aptas para fabricar un buen coque.

Debido a que hasta el presente no se habían realizado ensayos de coquización a nivel de laboratorio, con los carbones de Antioquia, se decidió realizar un estudio sobre la posible utilización de los carbones buenos para coque, mezclados con otros calificados como regulares o malos. El presente informe da cuenta de los resultados obtenidos en el estudio, para cuya realización se contó con el apoyo de COLCIENCIAS.

Se incluyen en este trabajo los resultados obtenidos con cuatro muestras de carbón de la Región de Riosucio (Caldas) los cuales fueron poco satisfactorios. Para la caracterización de los carbones se empleó la clasificación de MARIENAU por estar ella basada en las propiedades coquizantes de los carbones, destacando los de bajo rango.

## 2. RESUMEN GEOLOGICO

### 2.1. FORMACION ANTIOQUIA

El complejo sedimentario Formación Antioquia, con mantos de carbón de hasta tres metros de potencia y emplazado al Oeste del Departamento, fue denominado por Grosse (1926), como el Terciario Carbonífero de Antioquia. De la Formación Antioquia se conocen varias cuencas y subcuencas comunicadas entre sí, separadas o delimitadas por rocas volcánicas más jóvenes del Mioceno Superior-

Plioceno (Formación Combia), rocas básicas y ultrabásicas del Mesozoico, rocas graníticas del Triásico y rocas metamórficas del Paleozoico. (Fig. 1).

La Formación Antioquia, de edad Oligoceno Superior, fue dividida por Grosse (1926) en tres pisos (inferior, medio y superior), con base en arcillolitas, lutitas, limolitas, argilitas, mantos de carbón, areniscas y conglomerados.

El piso inferior se caracteriza por la presencia de conglomerados finos hasta gruesos, areniscas claras potentes, algunas conglomeráticas. Este piso contiene solo cintas y bancos de carbón en su parte superior.

El piso medio (productivo), está constituido principalmente por areniscas y lutitas. Entre ellas se encuentran intercalados diez mantos de carbón de diferentes potencias.

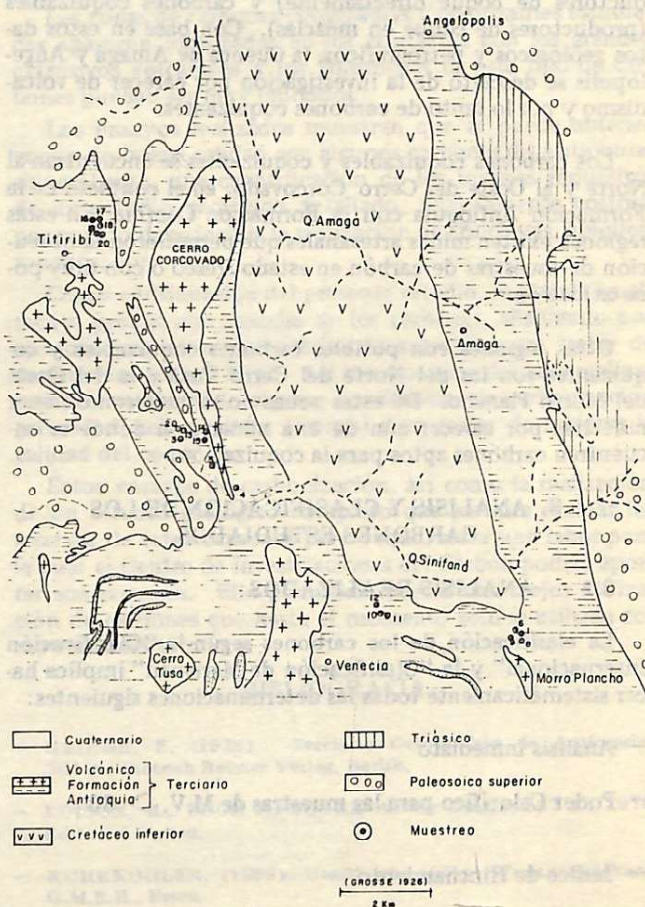


FIGURA 1 Mapa geológico general de las regiones de Angelópolis, Amagá, Venecia y Titiribí

\* Diploma de estudios especializados. Ingeniero Experto.

\*\* Dr. rer. nat.



El piso superior no contiene mantos de carbón explotables económicamente. Se caracteriza por la ausencia completa de conglomerados, por la presencia de arenisca gris azulosa o gris verdosa, así como también de lutitas mal estratificadas.

La Formación Combia está compuesta de una facie volcánica (miembro inferior) y una facie sedimentaria (miembro superior). La facie volcánica comprende derrames de basaltos y andesitas, la sedimentaria, poco consolidada, comprende principalmente cenizas volcánicas, conglomerados tufíticos y tufitas.

## 2.2. LOS CARBONES COQUIZANTES Y COQUIZABLES DE LA "FORMACION ANTIOQUIA"

El miembro inferior de la Formación Combia no solo cubrió parte de la Formación Antioquia sino que también la extruyó originando en esos lugares aureolas de alta temperatura. Estas temperaturas fueron suficientes para aumentar el grado de carbonificación de los carbones relativamente jóvenes de la región, razón por la cual en la Formación Antioquia no sólo se encuentran carbones con materias volátiles entre el 45 - 50% (PRV  $\approx$  0,5%), sino también antracitas con menos del 6% de materia volátil (PRV  $\approx$  6%) y hasta coques naturales.

Dentro de esta amplia gama de grados de carbonificación se conocen también en el área carbones coquizantes (productores de coque directamente) y carbones coquizables (productores de coque en mezclas). Con base en estos datos geológicos y petrográficos, la Cuenca de Amagá y Angelpolis se descartó de la investigación por carecer de volcanismo y por lo tanto de carbones coquizantes.

Los carbones coquizables y coquizantes se encuentran al Norte y al Oeste del Cerro Corcovado, en el contacto de la Formación Antioquia con la Formación Combia. En estas regiones existen minas artesanales que permitieron la obtención de muestras de carbón en estado fresco o con muy poca oxidación.

Otras regiones con posibles carbones coquizables y coquizantes son las del Norte del Cerro Tusa y la del Oeste del Morro Plancho. De estas zonas no se pudieron obtener muestras por carecer aún de una minería en donde se encuentren carbones aptos para la coquización.

## 3. ANALISIS Y CLASIFICACION DE LOS CARBONES ESTUDIADOS

### 3.1 ANALISIS REALIZADOS

La clasificación de los carbones según la "Clasificación Internacional" y la "Clasificación de Marienau" implica hacer sistemáticamente todas las determinaciones siguientes:

- Análisis Inmediato
- Poder Calorífico para las muestras de M.V.  $> 33$
- Índice de Hinchamiento
- Dilatometría Audibert-Arnu
- Poder Reflector de la Vitrinita (PRV)

Aún cuando no se emplea como parámetro de clasificación, se midió también el porcentaje de azufre de todos los carbones, ya que su determinación es muy importante para la producción del coque electrometalúrgico y sobre todo para la producción del coque para fundición que requiere una proporción de azufre en el coque inferior al 1%.

Los análisis y ensayos se practicaron de acuerdo a las normas ISO, con la excepción del poder calorífico y del índice de hinchamiento que fueron hechos según las normas AFNOR.

Además es necesario señalar que:

- Todos los análisis se practicaron sobre las muestras tal como se tomaron en las minas, sin someterlas a lavado.
- Se tuvo especial cuidado de que las muestras no presentaran huellas de oxidación.

### 3.2 CLASIFICACION

De acuerdo con la Clasificación de Marienau -Francia- podemos ordenar las veinticuatro muestras en cuatro familias:

- Carbones "llameantes secos": 14 muestras
- Carbones "llameantes grasos": 7 muestras, que pueden subdividirse en:
  - "llameantes grasos A": 3 muestras
  - "llameantes grasos B": 4 muestras
- Carbones "grasos": A: 1 muestra  
B: 1 muestra
- Antracita: 1 muestra

Los carbones "llameantes secos" no hinchán y dan, utilizados al 100%, un coque pulverulento e inutilizable. Pueden aprovecharse solamente en mezclas con carbones tipo "grasos para coque" y en porcentajes inferiores al 15 - 20%.

Los "llameantes grasos" dan un coque bastante bien fundido pero con muchas fisuras, constituido de pedazos muy pequeños y demasiado frágiles para ser utilizados en la siderurgia. Para producir un coque que sea utilizable en alto horno, deben mezclarse con carbones de buena calidad (tipo "Grasos A" o de preferencia "Grasos para coque"), no sobrepasando un porcentaje de 50%.

Los carbones "grasos" presentan generalmente una buena fusibilidad y pueden dar un coque de calidad media, pero a menudo insuficiente para ser utilizado en alto horno. El uso de este tipo de carbón puede optimizarse en procesos tales como el de "apisonamiento" o "precalentamiento", obteniéndose un coque de buena calidad.

En pequeñas cantidades el carbón antracítico puede utilizarse como antifisurante, lo cual permite mejorar las características del coque producido (sobre todo por aumento del índice M 40). Los resultados obtenidos y la clasificación de los carbones pueden apreciarse en el Anexo 1.



#### 4. CARBONIZACION

##### 4.1 EQUIPO UTILIZADO Y CONDICIONES DE OPERACION

Las experiencias de coquización fueron realizadas en un horno piloto de fabricación francesa -Tipo Cerchar- denominado de "10 kgs". La regulación y registro de las diferentes variables del proceso se realizaron por medio de una consola de control -tipo Telemecanique-.

La carbonización se realiza en una retorta de acero refractario. Las temperaturas de las paredes de calentamiento son mantenidas a un mismo nivel durante todo el ensayo por medio de mecanismos independientes regulados por tiristores. No hay calentamiento en la base del horno, existiendo como consecuencia un retardo en la carbonización en este nivel lo cual junto con la disposición que toman las dos capas plásticas permite el escape de los gases de destilación.

Es interesante anotar que los resultados que se obtienen en el "horno de 10 kg" están en buena correlación con los obtenidos en "hornos de 400 kgs", y en hornos industriales, según lo muestran estudios realizados en la Estación Experimental de Marienau y otros laboratorios franceses.

Las condiciones de operación fueron las siguientes:

- a. Tiempo de coquización:  
10 horas (en la mayoría de los casos).
- b. Temperatura de las paredes:  
1000°C
- c. Granulometría:  
100% < 5 mm  
85% < 2 mm
- d. Humedad:  
7%
- e. Cantidad de carbón en hornado por muestra:  
12,1 kgs
- f. Densidad de la carga:  
0,75 kgs/m<sup>3</sup>
- g. Velocidad de calentamiento en el centro de la carga:  
3°C/minuto

##### 4.2 MEZCLAS DE CARBONES

Los análisis realizados mostraron que los mejores carbones para la producción de coque son los carbones grasos denominados "hulleras fragua 2 quebrada", "fragua 2 socavón", y "fundición", como también los "llameantes grasos A", "la fragua" y "la fragua parte alta".

Se realizaron inicialmente ensayos de carbonización con el 100% de cada uno de los carbones mencionados y luego se midieron los índices de resistencia MICUM sobre los coques obtenidos. En principio, un coque es de buena calidad para ser utilizado en los altos hornos si el MICUM 40 (índice de fisuración) es del orden de 70 - 80 y el MICUM 10 (índice de abrasión) es inferior a 10.

En el anexo 2 puede verse que los carbones "grasos" (salvo el "fragua 2 socavón") producen coques de una cali-

dad mejor de lo que se podría pensar para este tipo de carbones.

Como era de esperarse los carbones "llameantes grasos" dan un coque demasiado frágil para ser utilizado en alto horno: M 40 de 37 - 38. Se escogió el carbón "fundición" que dió el mejor índice MICUM como carbón de base. Este fue mezclado con un llameante seco, prototipo de carbón más abundante en Antioquia y el cual por sí solo no produce coque.

Las mezclas 80 - 20; 70 - 30; y 60 - 40, proporcionan un coque de calidad aceptable, aún cuando el índice MICUM 10 es un poco deficiente (promedio 11). Sin embargo, estos resultados, sobre todo para la mezcla 60-40, son mejores que los esperados y por lo tanto representan una buena posibilidad para valorizar tales hullas.

Finalmente, mezclas de "el fundición" con un "llameante graso", "el fragua 2 socavón", permitieron obtener un coque bastante bueno. El índice M 40 es un poco débil, pero pensamos que sería posible mejorarlo al añadir a la mezcla 5 a 7% de polvo de coque o de antracita molida muy fina. No se efectuó un estudio más cuidadoso de mezclas con carbones (relativamente buenos para coque) debido a la dificultad para la toma de muestras y sobre todo por no estar seguros de la abundancia con que se encuentran en la región, prefiriéndose por lo tanto optimizar su uso en mezclas con otro tipo de carbón.

##### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las zonas de carbones coquizables y coquizantes estudiadas aparecen localizadas en los contactos con los grandes extrusivos volcánicos y los volúmenes de este tipo de carbones pueden ser muy limitados.

Los ensayos realizados muestran que se puede obtener coque de buena calidad con algunos carbones de Antioquia, sin embargo, una cuantificación de los mismos requeriría de un estudio geológico detallado, relativamente costoso por cuanto debe incluir la realización de trincheras, apiques, sondeos, etc.

Como continuación del presente estudio, se podría igualmente probar con mezclas de los carbones, añadiendo por ejemplo pequeños porcentajes de antracita para tratar de mejorar los índices M 40. Así mismo, sería del caso realizar ensayos combinando algunas condiciones de carbonización (densidad, temperatura, tiempo) para tratar de mejorar la calidad del coque.

Estos ensayos de carbonización, así como la realización de un estudio geológico completo que permita evaluar las reservas de estos carbones para coque, sería una labor para la cual el Centro de Investigaciones del Carbón podría aportar sus recursos. Ello permitiría buscar una mejor utilización de carbones que hasta el momento sólo se utilizan como carbones térmicos.

##### BIBLIOGRAFIA

- GROSSE, E. (1926). Terciario Carbonífero de Antioquia. 361 p.; Dietrich Reimer Verlag, Berlín.
- LOISON, R., FOCH P., BOYER A.: Le Coque; 567 p., 1970 Editorial Dunod.
- RUHRKOHLEN. (1969): Handbuch; 495 p.; Verlag Glückauf G.M.B.H., Essen.
- STACH, E., MACKOWSKY, M.-Th, TEICHMÜLLER, M., TAYLOR, G., CHANDRA, D. Y TEICHMÜLLER, R. (1975): Stach's Textbook of Coal Petrology; 428 p.; Gebrüder Bornträger, Berlín - Stuttgart.



# ANEXO 1. RESULTADO DE LOS ANALISIS

Número de la muestra	Procedencia	Humedad o/o	Cenizas o/o	Mat. Vol. (o/o B. P.)	P.C. (B. P.) K cal/kg	I. H.	o/o Dilatación	o/o PRV	Azufre o/o	Clasificación Internacional	Clasificación Marienau
1.	El Banco "Manto 2"	6,4	4,6	43,9	7.128	0	0	0,44	0,47	800	Menor de llameante seco
2.	El Banco "Manto 4"	7,6	3,2	45,4	7.213	0	0	0,39	0,35	700	Menor de llameante seco
3.	El Banco "Manto 6"	3,0	2,3	40,8	7.441	0	0	0,53	0,49	700	Menor de llameante seco
4.	El Líbano	3,7	36,7	5,9	7.917	0	0	—	0,41	100	Antracita
5.	La Siria	8,4	4,3	41,6	7.116	0	0	0,44	0,51	800	Menor de llameante seco
6.	Hullercol "Manto 1"	6,0	38,7	53,3	6.452	0	0	0,42	0,26	800	Menor llameante seco
7.	Hullercol "Manto 2"	9,2	13,7	49,5	5.940	0	0	0,40	0,61	900	Menor de llameante seco
8.	Hullercol "Manto 3"	9,8	2,6	51,1	7.091	0	0	0,41	0,30	800	Menor de llameante seco
9.	Hullercol (Cinta)	11,8	1,9	47,7	6.943	0	0	0,39	0,60	800	Menor de llameante seco
10.	San Agustín "Manto 1"	5,2	7,2	42,4	7.432	0	0	0,42	1,06	700	Menor de llameante seco
11.	San Agustín "La Capotera"	9,5	5,1	49,3	6.924	0	0	0,43	0,86	700	Menor de llameante seco
12.	San Agustín "Manto 3"	9,0	2,3	49,3	7.221	0	0	0,42	0,49	700	Menor de llameante seco
13.	El Banco "Manto 5" sub. inf.	7,4	11,5	45,7	6.956	0	0	0,48	0,60	800	Menor de llameante seco
14.	Sabaletas "La Solapa"	9,8	5,3	45,5	6.908	0	0	0,40	0,57	800	Menor de llameante seco
15.	Sabaletas "La Grande"	9,8	2,5	50,0	6.912	0	0	0,40	0,56	800	Menor de llameante seco
16.	Hulleras "La Fragua"	1,6	4,1	36,7	8.395	1,5	Contr.	0,79	1,02	611	Llameantes Graso A
17.	Hulleras "Fragua 2" Quebrada	0,9	0,7	32,0	8.403	8,5	110%	0,96	0,74	533	Graso A
18.	Hulleras "Fragua parte alta"	1,4	3,7	38,1	8.117	4	-300%	0,80	1,0	611	Llameante Graso A
19.	Hulleras "Fragua 2 Socavón"	0,6	1,1	41,0	8.338	7,5	-230%	0,92	0,74	632	Llameante Graso A
20.	Hulleras "Fundición"	0,7	5,6	36,3	8.350	9	17	0,93	0,94	533	Graso B
21.	El Salado "Manto 2"	1,8	11,3	46,7	8.123	6	-26	0,71	2,10	632	Llameante Graso B
22.	El Salado "Manto 3"	2,4	2,2	39,9	8.127	3,5	Contr.	0,70	1,56	632	Llameante Graso B
23.	El Salado "Manto 3 B liga infe."	2,1	8,8	45,1	8.380	4,5	-40	0,67	1,20	632	Llameante Graso B
24.	El Salado "Manto 3 B liga infer."	2,1	8,8	42,8	7.895	4	Contr.	0,73	2,0	632	Llameante Graso B

— Mat. Vol. En base pura  
 — P.C. (B.P.) Poder calorífico base pura  
 — o/o PRV Poder reflector de la vitrinita  
 — Contr. Solamente hubo contracción



## ANEXO 2. DATOS DE COQUIZACION (TEMPERATURA DE LAS PAREDES: 100°C)

Muestra	Clasificación Internacional	Clasificación Marienau	M. V.	Tiempo de Coquización	M 40	M 10
Hulleras "Fundición"	533	Graso B	30,8	10 horas	86	8
Hulleras "Fragua 2 Quebrada"	533	Graso A	31,5	10 horas	75	6
Hulleras "Fragua 2 (Socavón)"	632	Llameante Graso A	40,3	10 horas	36	11
Hulleras "Fragua parte alta"	621	Llameante Graso A	36,2	10 horas	37	12
Hulleras "La Fragua"	611	Llameante Graso A	34,6	10 horas	38	12
"Manto 3B Liga Inferior"	632	Llameante Graso B	40,17	10 horas	26	29
"Manto 3"	632	Llameante Graso B	38,11	10 horas	31	28
"Manto 2"	632	Llameante Graso B	40,56	10 horas	33	13
"Manto 3B Liga Superior"	632	Llameante Graso B	38,08	10 horas	26	46

- M. V.      Materias Volátiles
- M 40      MICUM 40
- M 10      MICUM 10

### Mezclas (Temperatura de las paredes: 1000°C)

Muestra	Materias Volátiles	Tiempo de Coquización	MICUM 40	MICUM 10
Fundición "Manto 6"	34,9	9 horas	79	11
Mezcla 80 - 20				
Fundición "Manto 6"	35,4	8 horas	78	9
Mezcla 70 - 30				
Fundición "Manto 6"	35,8	12 horas	76	11
Mezcla 60 - 40				
Fundición "Manto 6"	37,6	8,5 horas	75	15
Mezcla 50 - 50				
Fundición "manto 6"				
Mezcla 30 - 70	39,1	8,5 horas	15	65
Fundición "Fragua 2"				
Socavón	37,1	12 horas	71	8
Mezcla 50 - 50				