



## LA RELACION ENTRE LA CALIDAD Y EMPLEO DEL CARBON EN EL PERU

DR. ESTANISLAO DUNIN-BORKOWSKI

*La minería e industria del carbón en el Perú, a pesar de tener un siglo de historia, se encuentran en la etapa inicial de su desarrollo, en la cual hay que forjar nuevos métodos y procedimientos.*

*Los sucesivos gobiernos han destinado grandes recursos para la promoción del carbón, pero no se han preocupado suficientemente por el reconocimiento de los yacimientos e ignoraron la preparación de cuadros técnicos y el equipamiento de los laboratorios. Lo cierto es que el Perú posee numerosos yacimientos de carbón que virtualmente no se aprovechan.*

*Sin embargo, estamos importando carbones y sus derivados, lo cual representa una salida de divisas.*

*¿Se puede aprovechar el gran potencial carbonífero peruano? ¿Podemos sustituir el carbón importado por el nacional?*

## RESUMEN

El Perú tiene numerosos depósitos de carbón con calidades y potencial muy variado. Solo algunos de estos depósitos se están explotando, no existiendo actualmente una minería e industria moderna que se base en el carbón nacional.

Los carbones más abundantes hasta la fecha son las antracitas de la Cordillera Nor-Occidental. Los fragmentos gruesos de antracitas se emplean en las fundiciones e industria metal-mecánica y los finos en la quema de los ladrillos. Una parte considerable de la producción minera consume la planta piloto de reducción directa de Chimbote. La antracita es de buena calidad, pero no se lava, lo que reduce el valor de los finos que no pueden escogerse a mano. En el mercado mundial la antracita está bien cotizada pero necesita ser mejor preparada.

Menos abundantes y de muy mala calidad son las hullas del Centro que se mezclan con carbones importados para producir el coque utilizado en la fundición de La Oroya. Para el alto horno de Chimbote se importa directamente el coque. La industria de cemento importa las hullas no aglomerantes que por estar mejor preparadas podrán tal vez imponerse en el mercado de Lima e industrial del Perú. La sustitución de las importaciones por el carbón nacional será difícil. El Perú dispone probablemente de carbones con calidades similares a los importados en los Andes orientales y la zona sub-andina Norte

pero no los ha explorado, debido a que la infraestructura de transporte es muy deficiente.

En vista de la abundancia de las antracitas y carencia de hullas, hubo intentos de sustitución que no dieron resultado y ocasionaron grandes pérdidas. Los sucesivos gobiernos del Perú a pesar de haber destinado grandes recursos para la promoción del carbón, no se han preocupado últimamente por el reconocimiento de los yacimientos e ignoraron la preparación de cuadros técnicos y el equipamiento de los laboratorios.

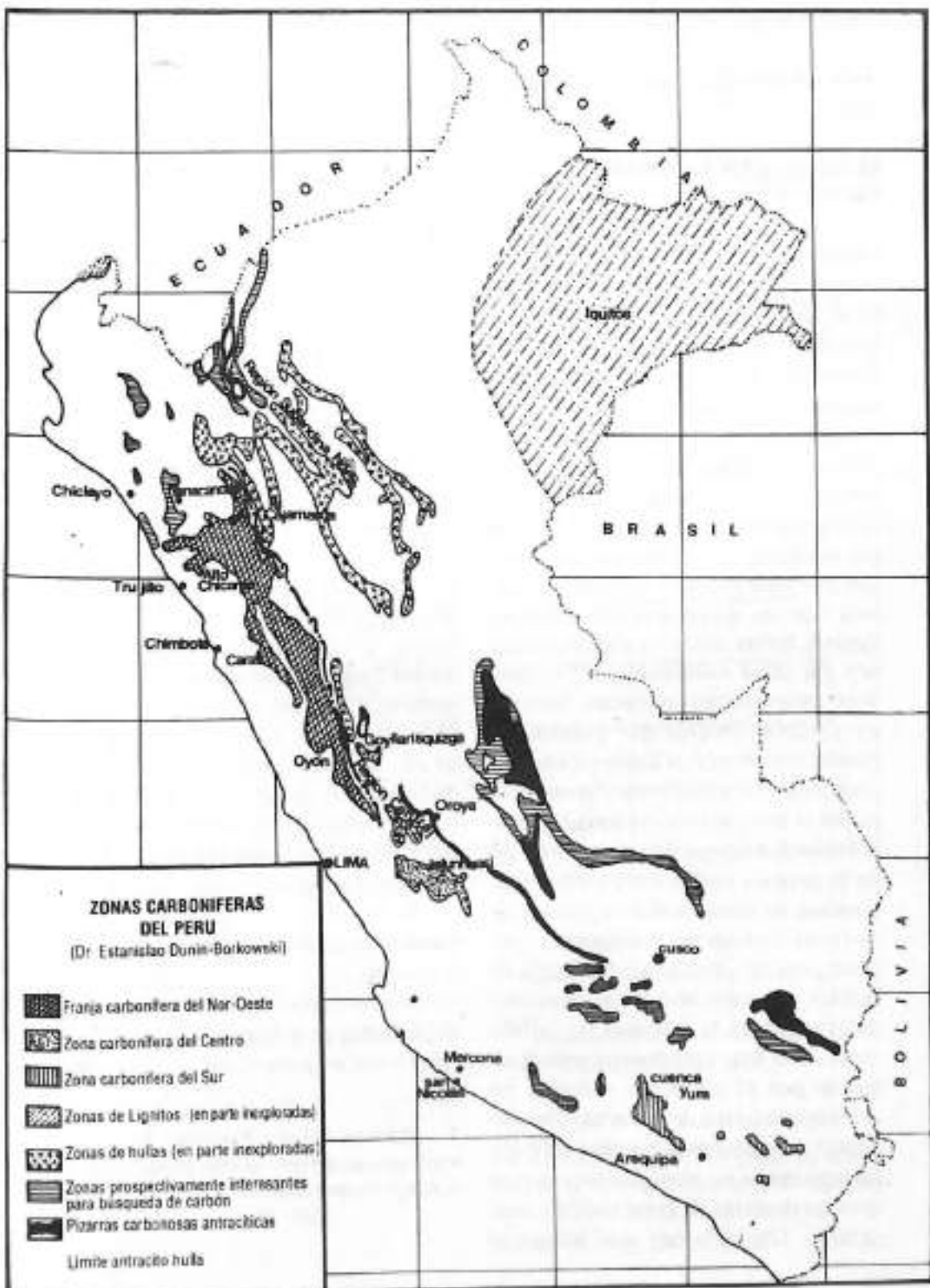
Al parecer el Perú es también rico en lignitos que se encuentran principalmente en la selva baja Nor-Oriental, siendo su utilización muy remota.

## INTRODUCCION:

El Perú tiene numerosos y ampliamente distribuidos yacimientos de carbón [3,10,12,14,15,16,18,21,22,28,31,32,34]\* que virtualmente no se aprovechan. En el pasado hubo una exportación del carbón peruano [6,37] lo que demuestra las posibilidades de este combustible, por el momento no aprovechadas. Por otro lado el Perú importa carbones y sus derivados del extranjero lo que representa un drenaje de divisas [36].

Frente a esta situación surgen las preguntas: ¿Cómo se puede aprovechar el gran potencial carbonífero peruano? ¿Existe la posibilidad de sustituir el carbón importado por el nacional? Para poder contestarlas se requiere aclarar algunos conceptos tecnológi-

\* Número en corchete indica la referencia bibliográfica



cos y dar una visión general del carbón peruano.

### **El Rango y las Variedades del Carbón** [4,11,46,50]:

El rango del carbón indica un conjunto de propiedades químicas y físicas de este combustible que muchas veces tiene una gran importancia para su tecnología. Por otro lado el rango corresponde a una etapa de transformación de la materia orgánica cubierta y sepultada. Dicha transformación se produce en el interior de la tierra bajo presión y sin acceso de aire, gracias al calor geotérmico y requiere un tiempo considerable de millones de años. Durante este proceso la materia orgánica cambia sucesivamente a turbas, lignitos, hullas, antracita y grafito. Cada una de estas variedades del carbón tiene propiedades químicas, físicas y tecnológicas propias que pueden variar dentro de ciertos límites (cuadro y diagrama). La transformación comienza por la compactación y expulsión de la humedad (etapa de turbas) y luego de la materia volátil combustible que consiste de compuestos orgánicos de carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno y eventualmente azufre (etapa de hullas). A consecuencia de estas pérdidas aumenta la cantidad de carbón residual o fijo, compuesto principalmente por el elemento carbono no combinado (etapa de antracita). Debido a estas expulsiones aumentan también las impurezas no combustibles que se quedan después de combustión como cenizas. Los carbones que inician el

proceso de carbonización tienen rango bajo y los que alcanzan sus etapas más avanzadas son considerados de rango alto. Al final el carbono recristaliza a grafito que ya no se considera como combustible.

Paralelamente con la carbonización, varían también otras características químicas y físicas de los carbones que son muy importantes para la tecnología. Con el incremento del rango aumenta generalmente el poder calorífico (ver diagrama), la temperatura de ignición, la dureza y abrasividad del carbón, reduciéndose simultáneamente la molturabilidad \*, longitud de la llama y la velocidad de la combustión. Las características mencionadas son muy importantes para el diseño de hornos y de la planta en general y deben estar proyectadas para una determinada calidad, rango y de ser posible yacimiento específico del carbón [11,24]. Algunas propiedades de los carbones son vinculados con un determinado intervalo de los rangos como por ejemplo la capacidad de producir un buen coque metalúrgico [7,49,50].

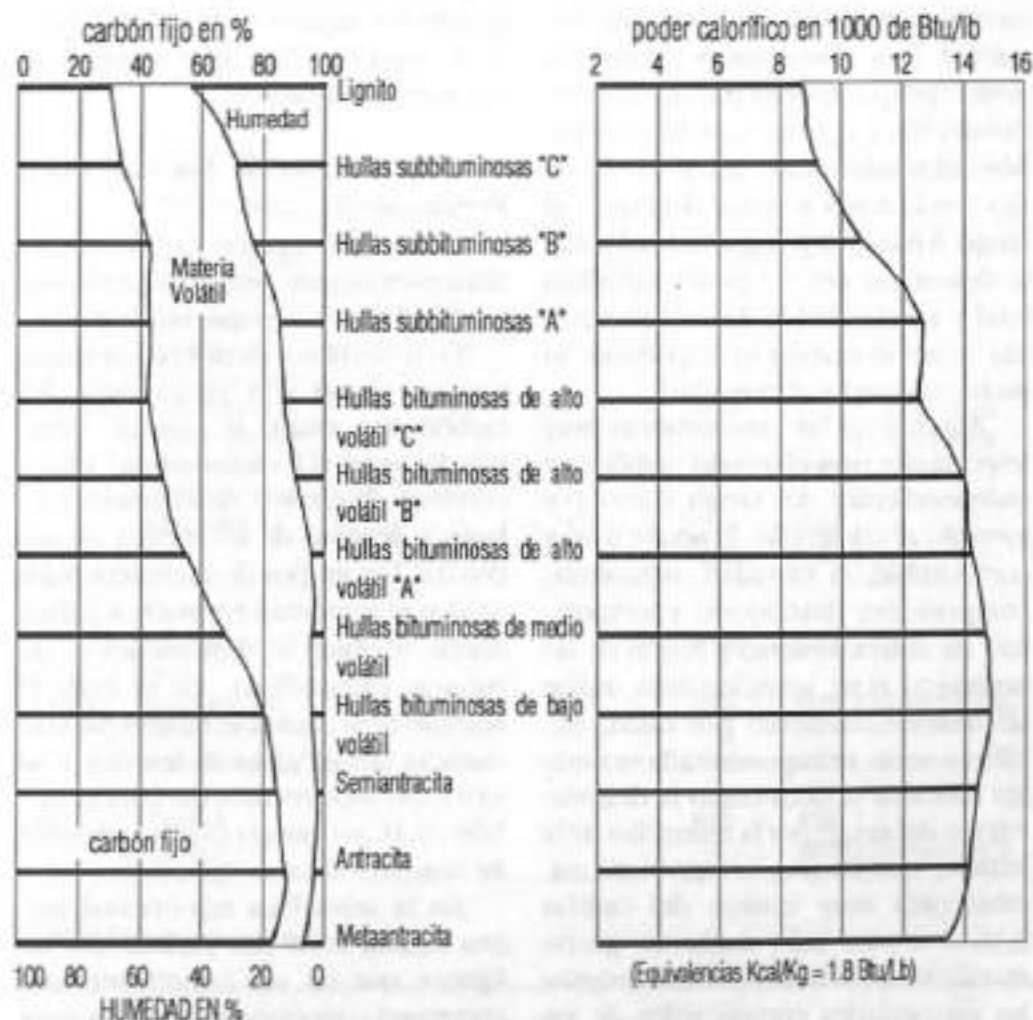
### **Caracterización de los Carbones** [4,7,9,11,46]:

Las características del carbón son muy importantes para su tecnología y deben determinarse para darle el uso ade-

\* Molturabilidad = Facilidad de molerse; se determina con el Molino Hardgrove Standard.

## DIAGRAMA TÍPICO DE CARBONIZACION

(Análisis inmediato y poder calorífico típico de las variedades de los carbones ordenados según el rango)



Nota: El análisis inmediato se calculó sobre la base libre de materia inorgánica ya que el contenido de ésta puede ser muy variable. Así la suma de humedad, materia volátil orgánica y carbón fijo es siempre 100%.

cuado. A pesar de que muchas de las características varían paralelamente con el rango del carbón, la correspondencia no es exacta y su determinación más precisa requiere ensayos adicionales. El ensayo más sencillo es el análisis inmediato que consiste en determinación de los porcentajes de humedad (por desecamiento), materia volátil (por pirólisis sin acceso del aire), carbón fijo y cenizas (por la combustión del residuo). La relación de carbón fijo con la materia volátil determina el rango. A este ensayo sigue normalmente la determinación del poder calorífico total y aprovechable. Donde se necesita moler el carbón es importante su molidurabilidad y abrasividad.

Algunas de las características muy importantes para el uso del carbón son independientes del rango como por ejemplo el contenido de azufre total y combustible, la cantidad, naturaleza, composición, distribución y temperatura de ablandamiento y fusión de las cenizas [11,24,50], granulometría, índice de desmenuzamiento por caída, etc. Ultimamente se imponen cada vez más los métodos ópticos como la determinación del rango por la reflexión de la vitrinita que es una componente microscópica muy común del carbón [5,46]. Por otro lado existe un grupo numeroso de ensayos para determinar las propiedades coquificables de los carbones y de sus mezclas [41,45,49,50].

En el Perú hay varios laboratorios que hacen los análisis inmediatos, la determinación del poder calorífico y del contenido del azufre, pero los

resultados para la misma muestra discrepan frecuentemente. Los laboratorios de las industrias mayores están equipados para hacer algunos ensayos de su interés particular (por ejemplo CENTROMIN en La Oroya para la coquificación [49] o LARCARBON [43] para revisar el carbón importado). Para otros ensayos hay que enviar las muestras al extranjero.

### **La Distribución de los Carbones Peruanos [18,21,22,31]:**

En el Perú existen carbones con diferentes rangos pero su abundancia y calidad no son siempre satisfactorios.

En la sierra nor-occidental peruana hay una franja con yacimientos del carbón que están, al parecer, interlazados entre sí formando una cadena continua de cientos de kilómetros de largo y decenas de kilómetros de ancho [15]. Los grupos de yacimientos así unidos se presentan en muchos países donde reciben la denominación de cuencas carboníferas. En el Perú el nombre de la cuenca se reserva para las cuencas hidrológicas de los ríos y se extrapola incorrectamente para el carbón [32,34, por ejemplo Cuenca Carbonífera del Santa, Alto Chicama, Oyón, etc.]

En la selva baja nor-oriental hay una amplia zona con yacimientos de lignitos que tal vez constituyen una gigantesca cuenca carbonífera. La zona de lignitos tiene la forma redondeada con unos 500 kms de diámetro e incluye áreas limítrofes de Brasil y Colombia [10]. Los lignitos tienen al parecer altos contenidos de cenizas y azufre y son

## CLASIFICACION NORTEAMERICANA DE LOS CARBONES

(sobre la base de humedad y materia Mineral)

Clase	Grupo	Carbón fijo Límites en %		Materia Volátil Límites en %		Poder Calorífico Límites en Btu/ lb		Propiedades Aglomerantes
		Igual o mayor de	Menos de	Mayor de	Igual o menos de	Igual o mayor de	Menos de	
I Antracita	1 Meta-antracita	98	-	-	2	-	-	) No aglomerante
	2 Antracita	92	98	2	8	-	-	
	3 Semi-antracita	86	92	8	14	-	-	
II Hullas Bituminosas	1 Hulla Bituminosa de bajo volátil	78	86	14	22	-	-	) Normalmente Aglomerante
	2 Hulla Bituminosa de medio volátil	69	78	22	31	-	-	
	3 Hulla Bituminosa de Alto Volátil A	-	69	31	-	14000	-	
	4 Hulla Bituminosa de Alto volátil B	-	-	-	-	13000	14000	
	5 Hulla Bituminosa de Alto volátil C	-	-	-	-	11500	13000	
						10500	11500	
III Hullas sub- bituminosa s	1 Hulla Subbituminosa A	-	-	-	-	10500	11500	) No Aglomerante
	2 Hulla Subbituminosa B	-	-	-	-	9500	10500	
	3 Hulla Subbituminosa C	-	-	-	-	8300	9500	
IV Lignito	1 Lignito A	-	-	-	-	6300	8300	) No Aglomerante
	2 Lignito B	-	-	-	-	-	6300	

Fuente: ASTM. Especificaciones Estandard

Nota: La Suma de materia volátil orgánica y de carbón fijo se recalculó a 100%

poco perturbados.

En la región sub-andina entre la franja de antracitas y la zona con lignitos de selva baja se presentan hullas, desconociéndose por el momento su cantidad y calidad (com.pers.varios lngs. de INGEMMET). Por otro lado en el Centro y Sur del Perú hay pequeños y aislados depósitos de carbón con rangos variados [8,14]. En el Centro del Perú el carbón alcanza regionalmente el rango de hullas bituminosas y en el Sur de sub-bituminosas presentándose también antracitas por metamorfismo de contacto. La calidad de este carbón es mala por el alto contenido de ceniza y azufre [8,14,41].

### **La Razón Geológica de los Rangos del Carbón Peruano** [14,15,18,46]:

Las antracitas y hullas peruanas tienen rangos superiores a los que deberían tener por su edad. Esto probablemente se debe al calor, por la actividad magmática que era muy intensa cerca a la costa del Pacífico y se reducía paulatinamente hacia el Este. La distribución de los rangos en el Norte y Centro del Perú obedece a un esquema regional al parecer relacionado con el magmatismo y tal vez con la tectónica [40]. En la franja del noroeste peruano predominan antracitas en yacimientos tectónicamente muy perturbados. En el Centro donde la tectónica y el magmatismo andino han sido menos intensos, predominan las hullas [40] bituminosas cerca al límite con las antracitas (Oyón, Goyllarisquizga) y sub-bituminosas en las áreas más dis-

tantes (Jatunhuasi). Los intrusivos pudieron elevar localmente el rango de los carbones. En la franja de antracitas hay depósitos de grafito y en la zona de hullas se presentan localmente antracitas [14,15]. El magmatismo pudo introducir en los carbones elementos poco comunes que en el Perú parecen ser más altos que en otros países. En las cenizas de algunos carbones peruanos se reportó metales pesados y hasta flúor [39; com.pers.Rabines J., Delgado E.]

### **Potencial Carbonífero:**

Según el inventario preliminar preparado por servicio oficial del Gobierno INGEMMET [8], el potencial carbonífero del Perú alcanza 1,881'872,000 TM de los cuales 80% son antracitas, 12% hullas y 8% lignitos. Las cifras respectivas se refieren a la parte occidental del territorio nacional ubicada a menos de 120 kms de la costa del Pacífico, donde se encuentran también todas las explotaciones mineras peruanas actuales y pasadas del carbón y no incluyen los yacimientos de la selva ni de la región sub-andina que en condiciones actuales son muy alejados de los centros de consumo. Se debe advertir que las estimaciones del inventario aún en las zonas cercanas a la costa se basan en observaciones incompletas y que el potencial real puede ser mucho mayor, especialmente si se logra comprobar la hipótesis de una sola cuenca. En el año 1927 la Comisión Carbonera Siderúrgica Nacional, que en aquel entonces era oficialmente la encargada de estos estudios, ha estimado el potencial en



199,432 millones de toneladas [28] que es una cantidad aproximadamente cien veces mayor que la de INGEMMET. Sólo una pequeña parte del potencial geológico podrá ser extraída y utilizada económicamente.

### **Errores Relacionados con el Rango del Carbón:**

En el mundo hay relativamente pocas regiones donde predominan las antracitas como en el Perú occidental, y por esto la tecnología de esta variedad del carbón, a pesar de estar bastante desarrollada [44], es poco conocida en muchos países incluyendo el Perú. Por lo contrario la información tecnológica sobre las hullas, que son mas abundantes al nivel mundial, es mas difundida; los equipos para los carbones de bajo rango se producen en cantidades mucho mayores y sus vendedores son mas numerosos y como la experiencia peruana lo indica, al parecer mas agresivos que escrupulosos.

Los usuarios potenciales del carbón nacional, frecuentemente no tomaban en cuenta sus características y sobreestimaban las posibilidades de adaptación de dicha materia prima al proceso industrial de su gusto, lo que causó enormes pérdidas y es una de las razones que impidieron el desarrollo de la minería e industria de este combustible.

Así por ejemplo el Gobierno escogió a Chimbote como el lugar de la siderúrgica nacional e instaló allá el alto horno con la vana esperanza de poder preparar el coque requerido de

la antracita nacional [13]. De esta manera se instaló la siderúrgica en un lugar donde faltan las materias primas para su funcionamiento, lo que es uno de los causales de los problemas económicos crónicos de SIDERPERU. Recién mas tarde SIDERPERU comenzó a estudiar la alternativa de reducción directa que puede utilizar la antracita como agente reductor e instaló una planta piloto [17,33,35].

Por otro lado, hace pocos años la Cervecería Backus y Johnston ha instalado un caldero diseñado para las hullas y tuvo que adaptarlo para las antracitas, lo que ocasionó enormes dificultades técnicas y grandes pérdidas económicas [19].

### **Oferta y Demanda del Carbón en el Perú [3,17,19,33,48]:**

En el Perú hay un marcado contraste entre el carbón ofertado por los mineros y el solicitado por los usuarios. Los mineros pueden ofertar a corto plazo en cantidades mayores sólo la antracita de grano fino (cisco) y sin lavado. Además de esto, los mineros podrán suministrar en cantidades mucho menores, antracita bastante pura en trozos y hullas de pésima calidad. Como la mayor parte de los mineros son artesanales, su producción es intermitente y en lotes pequeños, calidad heterogénea y suministro inseguro. Los usuarios prefieren carbón limpio y homogéneo en lotes mayores y suministro asegurado. Las industrias mayores necesitan hullas.

La producción de los carbones an-

tes de la crisis alcanzaba unas 250,000 TM anuales, de las cuales mas del 80%, eran antracitas. De estas últimas unas 80,000 TM se usaba en la fabricación de ladrillos y unas 70,000 TM para la planta piloto de reducción directa en Chimbote. El resto se distribuía entre otros fines metalúrgicos, industriales y domésticos.

Los carbones que necesita la industria peruana a corto plazo y que no se han encontrado en cantidades suficientes en el territorio nacional son:

- 1) Las hullas bituminosas con propiedades coquificantes para la industria metalúrgica y
- 2) Las hullas de bajo rango no aglomerantes para la industria de cemento. También conviene aprovechar el gran potencial de las antracitas [28].

El Perú importa también grafito. Falta determinar si el consumo nacional justifica la apertura de una mina y si la calidad del producto satisficará al comprador potencial. Las exigencias de los consumidores son bastante estrictas y se refieren al tamaño de los cristales y la limpieza.

**Las Hullas Bituminosas Coquificables** se necesitan para la metalurgia peruana; las antracitas, lignitos y hasta las hullas sub-bituminosas no pueden sustituir a las bituminosas para este propósito ya que carecen de propiedades aglomerantes.

Para abastecer con el coque a la

fundición de la Oroya "Cerro de Pasco Corporation" abrió a principios de siglo la mina Goyllarisquizga donde explotaba hullas [28] cuyo contenido de azufre y cenizas aumentaba con el agotamiento. Estas hullas a pesar del lavado producían una coque con muy alto contenido de cenizas [42]. En determinado momento "Cerro de Pasco Corporation" quiso cerrar la mina pero se encontró con la oposición decidida del Gobierno (Peterson U. com. pers) que recién lo permitió en el año 1977. Mas tarde la empresa estatal CENTROMIN-PERU, sucesora de "Cerro de Pasco Corporation" nacionalizada, reabrió las operaciones para rescatar el carbón relativamente bueno, debajo de campamentos antiguos [26]. Es interesante mencionar que "Cerro de Pasco Corporation" extrajo mas carbón de Goyllarisquizga que todas las minas restantes del Perú en el mismo período [28].

"Cerro de Pasco Corporation" buscaba alternativas para la mina Goyllarisquizga. Una de ellas era Jatunhuasi, donde adquirió los derechos mineros. El carbón de esta mina es muy alto en cenizas y azufre y no sirve para la fabricación de coque por ser sub-bituminoso [41].

La otra alternativa era el yacimiento Pampahuay en Oyón; "Cerro de Pasco Corporation" a pesar que compraba allá el carbón coquificable a los pequeños mineros, no decidió implantar una mina tomando en cuenta la gran perturbación tectónica. El Gobierno del Perú encargó el estudio de Pampa-

huay a la consultora KOPEX de Polonia [27]. En el caso de tener éxito los estudios, se proyectaba abrir una mina de carbón en Oyón y una planta de coquificación en Chimbote [17]. El estudio demostró la existencia de unos 20 millones de toneladas de carbón minable de los cuales sólo 5% eran orto-coquificables o capaces de producir el coque directamente, y 45% meta-coquificables, que para dar coque se mezclaban con carbones coquificables de mas bajo rango [26,41,45]. El resto de carbón de Pampahuay pertenecía a diferentes variedades incluyendo algunas no consideradas en la clasificación internacional. En estas condiciones era arriesgado abrir una mina y el Gobierno se decidió por no hacerlo. Más tarde SIDERPERU, que recibió originalmente Pampahuay para abastecerse con hullas a su futura coquería, explotó el carbón no coquificable [30,33,35,38] para la planta piloto de reducción directa y actualmente desea vender la mina.

Como el suministro de carbón coquificable nacional resultó insuficiente se recurrió a la importación [17]. Para la fundición de La Oroya se importaba unas 40,000 toneladas anuales que se mezclaba en proporción de 7 a 3 con las hullas de Goyllariquizga [3,45]. El carbón importado era Bradford con excelentes propiedades coquificables pero con alto contenido de azufre combustible (3.2% S)(41) que aportaba a la contaminación del ya fuertemente deteriorado medio ambiente de la Oroya.

"SIDERPERU" se decidió a importar directamente el coque a razón de unas 140,000 TM anuales [3]. Con esto, el Perú es uno de los pocos países que importan coque preparado, dando la oportunidad a extranjeros de aprovechar los subproductos que son más valiosos.

Las hullas no aglomerantes de bajo rango se utilizan en otros países en forma pulverizada para generar energía a un costo menor que con otras tecnologías [11]. En el Perú actual se las necesita en forma pulverizada para los hornos rotativos de cemento [43]. Las antracitas no pueden sustituir las económicamente ya que su combustión es más lenta, molturabilidad menor y la temperatura de ignición es más alta. Para que la combustión de las antracitas sea completa se necesita molerlas muy finamente lo que resulta antieconómico debido a la molturabilidad baja. Por otro lado se necesita un precalentamiento para que las antracitas prendan inmediatamente al ser inyectadas en el horno.

Para poder abastecerse con las hullas adecuadas las cementeras han creado la empresa especializada LARCARBON y emprendido programas de exploración [43], que desafortunadamente no dieron el resultado esperado. Cementos Pacasmayo ha revisado los yacimientos carboníferos del Nor-Oeste peruano que en su abrumadora mayoría resultaron antracitas con la excepción de lignitos de Yanacancha, no pudiendo encontrar las hullas con las características que

buscaban. LARCARBON compraba el carbón a diferentes abastecedores examinando si son apropiados para el proceso industrial. Al parecer se encontró en un caso el carbón adecuado pero por otras razones no se pudo aprovechar el descubrimiento (com. pers. - Ings. de LARCARBON).

Al ser muy difícil encontrar y aprovechar las hullas nacionales con características adecuadas, LARCARBON se decidió importarlas del extranjero y para este fin construyó un muelle especial en Conchán y una planta homogenizadora en Atocongo. Actualmente Cementos Lima trabaja exitosamente con las hullas colombianas. El carbón importado es mejor preparado, más homogéneo y uniforme que el peruano y a pesar de un precio ligeramente superior podrá fácilmente desplazar al combustible nacional del mercado de Lima y tal vez abastecer también a los industriales en otras zonas del país (19).

**Las Antracitas**, que constituyen la mayor parte del carbón nacional reconocido, son muy cotizadas en el mercado mundial por su alto poder calorífico y la lentitud de la combustión, lo cual permite proporcionar el calor en forma constante durante largo tiempo. Estas propiedades han hecho de la antracita el combustible ideal para la calefacción doméstica como también para varios procesos industriales. Las antracitas pueden utilizarse también para diferentes procesos metalúrgicos e industriales como la ya mencionada reducción directa de mi-

neral de hierro (35,46), generación del gas combustible de alta pureza (44), depuración de agua y aceite por filtración, etc. En el Perú se les podría utilizar en la industria azucarera, pesquera, papelera, etc (40).

Las antracitas frescas peruanas tienen normalmente entre 13% y 32% de cenizas y aumenta con la dilución. Este contenido puede bajar teóricamente después de lavado a un 9% con una razonable pérdida de peso. En la práctica operando con equipo rústico es difícil reducir las cenizas a menos de 11% o 12% (6, 23). Esto no elimina la posibilidad de escoger muestras mucho más limpias inclusive con 2% y 3% de cenizas (2). El contenido de azufre combustible oscila entre 0.2% y 3%. La relación de carbón fijo a la materia volátil es superior a 9.5% y la reflectancia de vitrinita a 5%. Con estas características, la calidad de la antracita peruana es ligeramente inferior a la pensilvaniana que se explota y se exporta en Estados Unidos (44).

En el Perú actual las antracitas se calibran, venden y utilizan de acuerdo a su granulometría. Los trozos mayores se escogen a mano, mientras que los finos denominados cisco no reciben tratamiento alguno y en consecuencia tienen mayor contenido de impurezas. Actualmente no se lava las antracitas peruanas. Esto puede causar a veces problemas por el alto contenido de cenizas (11,24) y su fusibilidad. Esta última está normalmente por encima de 1400 grados centígrados y de ablandamiento inicial 1260 °C (44).

Las lutitas acompañantes pueden tener temperaturas de fusión mas bajas por ejemplo de 1242 °C. El industrial (SUXE) que quería quemar las antracitas a 1300 grados y evacuar las cenizas en forma de polvo se encontró con la ingrata sorpresa que éstas se acumularon y atoraron la parrilla [19].

El precio de antracita varía de acuerdo al tamaño de grano, siendo los trozos grandes a veces cuatro veces mas caros que el carbón fino o cisco. Desafortunadamente la mayor parte de antracita peruana es fina debido a la ya mencionada perturbación tectónica. Para evitar degradación mayor, algunas minas no usan explosivos y extraen el carbón a mano (por ejemplo Mina Victoria en Alto Chicama).

La antracita gruesa o granulada se utiliza para los hornos de cubilote, fraguas e industria metal-mecánica en general [17,44]. El cisco se emplea antes de todo en la fabricación de ladrillos. La planta piloto para la reducción directa de SIDERPERU en Chimbote puede utilizar el carbón granulado y el cisco [35].

Para poder utilizar y/o vender las antracitas peruanas el lavado será a la larga indispensable [11,24]. A pesar que dicho lavado no presenta generalmente dificultades hay yacimientos en los cuales resulta difícil. Este era el caso de las antiguas minas La Limeña y San Carlos, donde se presenta un intercrecimiento fino entre la antracita y el esteril [41]. Para evitar tales problemas se recomienda incluir las pruebas de lavado al encontrar carbón impuro du-

rante las exploraciones.

### **Los Proyectos de Utilización de la Antracita [1, 9 17, 19]:**

Con el fin de ampliar el mercado para el cisco, la empresa estatal promotora del carbón o PROCARBON, ha tratado de producir e introducir en el mercado las briquetas para uso doméstico, de tipo coreano. Las briquetas se elaboran mezclando finos de antracita con arcilla y formándolos bajo presión [25]. La gran ventaja de este proyecto es la gran tolerancia con respecto a las cenizas. Las briquetas respectivas son muy populares en Corea donde se utilizan 4 millones de toneladas anuales de antracita para su manufactura. A pesar de que se logró asimilar la tecnología coreana, el uso de estas briquetas en el Perú es insignificante. El PROCARBON está ahora desactivado.

Entre las Tecnologías para el uso de antracita peruana, hay que mencionar la gasificación que utiliza SIDERPERU en Chimbote y la Ladrillera Rex en Lima. El gas producido a partir de antracita es más limpio que de otras variedades del carbón por no incluir las sustancias volátiles [44].

Los proyectos para utilizar las antracitas peruanas son numerosos. Entre los proyectos que llegaron a la etapa de experimentación, hay que mencionar el proyecto de Sociedad Paramonga S.A. del lecho fluidizado circulante para su planta de Santiago de Cao. La tecnología del lecho fluidizado que utiliza también el ya mencionado caldero de la Cervecería

Backus y Johnston es muy interesante para la quema de la antracita peruana, ya que es más flexible en lo referente a la granulometría y preserva mejor el medio ambiente [11,44]. Sociedad Paramonga ha enviado lotes de antracita peruana, para hacer las pruebas semi-industriales en el extranjero; por otro lado ha empezado a estudiar, la posibilidad de abrir una mina cautiva de carbón en la vecindad de Santiago de Cao.

Otro proyecto bastante avanzado, es de los hornos verticales de cemento, desarrollado y abandonado por MINTEC. Se trata de una tecnología antigua de producir el cemento a base de insumos locales como carbón y caliza arcillosa lo que es el caso de amplias regiones del Perú. Existen también proyectos carboeléctricos que no pueden ser tratados aquí por falta de espacio.

### Los lignitos

Abundan en muchas regiones del Perú [10, 21, 22] pero su utilización parece ser muy remota. El lignito de la selva baja, no será aprovechado en tiempo previsible, por encontrarse en una zona despoblada, con enormes recursos energéticos alternativos, comenzando por la biomasa. Los lignitos de Tumbes que despertaron tanto interés en el pasado, se presentan en mantos irregulares con mucha sobrecarga y contienen bastante azufre y ceniza lo que reduce su valor económico [10,20]. Sólo el pequeño depósito de Yanacancha es conocido y explotado desde hace mucho tiempo [47]. Los

lignitos en otros países se utilizan con fines energéticos y además como abono para la agricultura y junto con las hullas para la industria carboquímica. Su aplicación para este proceso se basa en la gran abundancia de la materia volátil.

### Las Materias Volátiles de los Carbones:

La carbonización de la materia orgánica produce un fuerte desprendimiento de los gases inflamables que inclusive pueden formar depósitos comerciales como por ejemplo en Países Bajos. El desprendimiento de los gases es muy pronunciado en las minas subterráneas de las hullas, donde pueden provocar explosiones, como por ejemplo en la mina Goyllarisquiza.

Los carbones desmenuzados de bajo rango, tienen la tendencia a desprender gases y auto-incendiarse debido al calor producido por la oxidación incipiente. La llama de los carbones se debe a los gases que se desprenden e incendian por el calor de la combustión.

En las minas de las antracitas peruanas no existe el problema de los gases. Las substancias volátiles han sido expulsadas casi totalmente del carbón, mientras que el fracturamiento, debido a la perturbación tectónica, les han permitido escaparse. En las minas respectivas, se utiliza desde varios decenios, el fuego abierto (lámparas de carburo), con lo cual no han surgido problemas.

Además de materias volátiles com-

bustibles, existen otras inorgánicas, que se introducen principalmente al carbón expuesto a la intemperie. Se trata del bióxido de carbono de los carbonatos, agua de cristalización etc. Dichos volátiles inorgánicos se comportan de manera similar como los orgánicos, durante el análisis inmediato y crean un problema durante la exploración de zonas carboníferas sin exposiciones frescas del carbón.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Las características del carbón y particularmente su rango, son de suma importancia para cualquier proyecto de utilización de este combustible, y para todas las etapas de su desarrollo. Por esto conviene determinar las diferentes propiedades del carbón y evaluar como podrán influir en el proyecto a desarrollarse. La minería e industria del carbón en el Perú, a pesar de tener un siglo de historia, se encuentra en la etapa inicial de su desarrollo, en la cual hay que forjar nuevos métodos y procedimientos. Para poder cumplir con esta tarea, hay que tener, además de la especialización estrecha, una amplia visión del conjunto.

La problemática del carbón peruano es muy compleja y los proyectos tendrán que ser desarrollados por un equipo multidisciplinario de profesionales. En este contexto, los aspectos tecnológicos merecen por lo menos la misma atención que los geológico-mineros o económicos. ●

## BIBLIOGRAFIA

- Abarca B.T. (1985) El Carbón en la  
[1] Industria; Primer Symposium Nacional del Carbón, #-1; Lima.
- Acosta T.A.-Vizcardo G.B. (1985)  
[2] Algunas Características de Carbones Peruanos; Prim.Symp.Nac.Carbón, #-2; Lima.
- Agramonte B.J.-Díaz V.A. (1983) Inventa-  
[3] rio Preliminar del Carbón Mineral del Perú; INGEMENT, Lima.
- Angeles B.P.M. (1985) Importancia del  
[4] Carbón en Metalúrgia; Primer Symposium Nacional del Carbón, #-A1; Lima.
- Alvarez P.P. (1985) Determinación de  
[5] Rangos de Carbonización Mediante el Método de Reflectancia de Vitri- nita; Prim. Symp. Nac. Carbón, #-4; Lima.
- Bennett E. (1957) Memorandum  
[6] Confidencial Complementario para World Mining Consultant; Inédito; Archivos de Banco Minero del Perú y ELECTROPERU; Lima.
- Berkowitz N. (1957) An Introduction to  
[7] Coal Technology; Academic Press; New York.
- Broggi A. (1927) La Industria Minera en  
[8] el Centro del Perú; Síntesis de la Minería Peruana en el Centenario de Ayacucho; Minist. de Fomento y Obras Públicas T2, Parte 2, pp 1-83; Lima.
- Castilla N.P. (1985) Posibilidades de  
[9] Utilización de Carbones Nacionales y su Adecuación a las Características Requeridas en los Diversos Sectores Industriales de Nuestro País; Prim.Symp.Nac.Carbón, #-11; Lima.
- Cruzado C. J. (1985) Lignitos en Forma-  
[10] ciones Terciarias del Perú; Primer Symposium Nacional del Perú; Contr. #-12; Lima.
- Derickson K.W. (1985) Technological,  
[11] Economic and Enviromental Considerations of Coal Development and Utilization of

coal as an Alternative to Petroleum Fuels in the Andean Region; Archivos PROCARBON y PUC; Lima.

- Dunin-Borkowski E. (1981) Los Carbones del Perú; Posibilidades de su explotación; Bol. Soc. Geol. Perú, T68, pp31-51 Lima; reimpr. "Siderurgia Peruana" (1987) N1-2; Lima
- [12] (1982) El Estado Peruano Frente al Problema del Carbón; "Minería", T173, pp 6-22, Lima. (1983) Ensayo Preliminar sobre el Carbón del Grupo Goyllarisquiza: Facies Meridionales y Orientales; Bol. Soc. Geol. Perú; T70, pp 13-24, Lima.
- [14] (1984) Ensayo Preliminar sobre el Carbón del Grupo Goyllarisquiza: Facies Occidentales; Bol. Soc. Geol. Perú, T73, pp 15-55, Lima.
- [16] (1985-a) Los Carbones Mesozoicos del Perú; Bol. Soc. Geol. Perú, T75, pp 51-63; Lima.
- [17] (1985-b) Situación Actual y Posibilidades de Promoción del Carbón en el Perú; De Re Metálica, N9, pp 19-22; Lima.
- [18] (1989) Características Geológicas, Distribución Geográfica y Aprovechamiento de Carbones Peruanos; "Simposium-Carbón Energético, Eléctrico y Siderúrgico"; (SIDERPERU); Chimbote.
- [19] (1989) El Desarrollo de la Situación del Carbón durante los últimos tres años y su Evaluación; DESCO, reimpr. "De Re Metálica" (1989), N29-30, Lima.
- Escudero J., Bar T. (1974) Reconocimiento Geológico para Reconocimiento de Mantos de Carbón en la Zona Zorritos-Tumbes; Infor. Inéd.; Minist. Energ. y Minas; Lima.
- Escudero J. (1976) Reservas Carboníferas Peruanas; pres: Congreso ILAFA-México y edit: Usos de Carbón Metalúrgico: Abastecimientos y Tecnologías; Santiago de Chile.
- [21] (1985) Conocimiento Actual de los Depósitos Carboníferos del Perú; Prim. Symp. Nac. Carbón; Contr. #16; Lima. Fraser T. (1956) Pruebas de preparación de Antracitas da Ancos y La Galgada; 3ra Conven. de Ing. de Minas; Lima.
- [23] Gibs & Hill, Inc.-Dravo Corporation (1984) A Seminar on Coal Utilization for Coal Fired Power Plant; Organizado por PROCARBON-Colegio de Ingenieros del Perú.
- [24] Han Dong-Jin, Yang Jung-Il, Shin Jong-Hoon (1986) Feasibility Study for establishment of Anthracite Briquetting Plants in Perú; Informe inédito PROCARBON-COFIDE-Naciones Unidas; Arch. COFIDE-Lima; Seoul Corea.
- [25] Horna N.E. (1985) La Carbonera Goyllarisquiza y su importancia para Cerro de Pasco Corporation y luego para Centromin-Perú; Prim. Symp. Nac. Carbón, #20; Lima.
- [26] KOPEX-MINEROPERU (1973) Estudio Geológico de los Derechos Especiales de MINEROPERU en la Hoya Carbonífera de Oyón; Archivos de SIDERPERU; Lima.
- [27] Llosa M. (1932) La Industria del Carbón en el Perú; Boletín de Cuerpo de Ingenieros de Minas, N109; Lima.
- [28] Loayza A.D. (1991) Significado y Potencial de los Recursos Mineros Energéticos en el Perú; VII Congr. Geología T2, pp 569-572; Bol. Soc. Geol. Perú; Lima.
- [29] Luyo V.G.-Medina M.H.-Olchese D.G.J.-Mendoza R.F. (1978) Proyecto Carbonífero Oyón; IV Convención de Ingenieros de Minas; Lima.
- [30] Málaga Santolalla F. (1920) El Carbón en el Perú; Anales del Congreso Nacional Minero; T-IV, pp 48-332, Sección Carbón y Petróleo; Lima.
- [31] Manrique A. (1986) Geología Económica de las Cuencas de Alto Chicama, Santa, Oyón y Jatunhuasi; Inf. Inéd. para PROCARBON-COFIDE-
- [32]



- Naciones Unidas; Arch.COFIDE; Lima
- Medina H. (1985) Minería - Siderurgia y  
 [33] Legislación para su Desarrollo minero; Prim. Symp. Nac. Carbón, #24-Lima
- [34] (1991) Cuencas Carboníferas en el Perú y Mapa Catastral por tipo de Carbón: Anal. VII Congreso Peruano de Geología: T2, pp 643-648; Bol.Soc.Geol.Perú; Lima
- Mimbrela de la Vega J. (1985) Utilización  
 [35] del Carbón y sus Derivados en la Siderúrgica de Chimbote; Prim. Symp. Nac. Carbón, #25; Lima
- Ministerio de Economía, Finanzas y Comercio (1974-1988) "Anuarios  
 [36] Estadísticos del Comercio Exterior" y "Listados Estadísticos de Comercio Exterior", Lima.
- Ministerio de Fomento y Obras Públicas (1949-1963) Anuarios de la  
 [37] Industria Minera del Perú; Lima.
- Olcese D.J. (1985) Proyecto Carbonífero de Oyón-Mina Pampahuay;  
 [38] Prim.Symp.Nac.Carbón, #-29; Lima.
- Ojeda Ch.M.J.-Mendoza A.A. (1985)  
 [39] Distribución de Elementos Trazas en Carbones Peruanos; Prim.Symp. Nac.Carbón,#-28; Lima.
- Page J.S. (1960) Geología del Carbón;  
 [40] VI Conven. de Ings. Minas; Cerro de pasco.
- Pearson E.D. (1981) Report to the United  
 [41] Nations Revolving Fund for Natural Resources Exploration on a Coal Mission to Perú; Victoria, British Columbia.
- Petersen R. (1985) Coal Resoueces of  
 [42] Perú; Geol.Soc. América-Special Paper N179.
- Rizo Patrón R. (1985) Proyecto para el  
 [43] Abastecimiento de Carbón a las fábricas de Cemento Andino S.A. y Cemento Lima S.A.; Prim.Symp. Nac. Carbón, #-30; Lima.
- Roccatagliata R.J. (1986) Tecnología del  
 [44] Uso de Antracita Peruana en Aplicaciones Industriales; Informe Inédito para PROCARBON-
- COFIDE-Naciones Unidas; Arch.Cofide; Lima.
- Sebastian T.E. (1985) Transformación y  
 [45] Utilización de Carbón en la Fundición de La Oroya; Prim.Symp.Nac. Carbón, #-33; Lima.
- Stach E. (1975) Coal Petrology;  
 [46] Gebrueder Borntraeger; Stuttgart-Berlin-Alemania.
- Steinmann G. (1930) Geología del Perú;  
 [47] Carl Winters verlag; Heidelberg-Alemania.
- Vilchez S.V.-Angeles F.M. (1977)  
 [48] Economía del Carbón; INCITEMI; Lima.
- Villanueva C.J. (1985) Investigaciones  
 [49] sobre Carbones Peruanos de Centromin Perú;Prim.Symp. Nac.Carbón; Contr.38; Lima.
- Ward R. Colin (1984) Coal Geology and  
 [50] Coal Technology; Blackwell Scientific Publication; Carlton-Victoria-Australia.