

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA**

# **EL CARBON EN EL PERU**



**Dr. ROLANDO CARRASCAL MIRANDA**

**MSc. CARMEN MATOS AVALOS**

**MSc. OSCAR SILVA CAMPOS**

**LIMA, MARZO 2000**

**INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
*FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA*

# **EL CARBON EN EL PERU**



**Dr. ROLANDO CARRASCAL MIRANDA**

**MSc. CARMEN MATOS AVALOS**

**MSc. OSCAR SILVA CAMPOS**

**LIMA, MARZO 2000**

**INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO**



## AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a los directivos del INGEMMET por permitirnos desarrollar y contribuir con el presente texto, asimismo a la *Dirección de Prospección Minera* por las facilidades prestadas para el desarrollo del mismo.

A las autoridades de nuestra Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, y al personal que apoyo el presente proyecto.

Al Dr. Estanislao Dunin Borkowski, por la revisión del manuscrito, asimismo a los colaboradores del proyecto Sr. Enrique Torres, José Macedo y Flor Suárez.

## PRESENTACION

El Perú contiene un gran potencial de recursos minerales metálicos, no metálicos y orgánicos como el carbón.

Sin embargo, hasta el presente el interés por los depósitos de carbón en el país, ha sido poco significativo, no obstante que el carbón tiene diversas aplicaciones en la industria siendo principalmente utilizado como fuente de energía.

Considerando que la actividad minera de los recursos naturales genera el desarrollo de fuentes de trabajo y divisas, es necesario promover los recursos no renovables como es el carbón.

En tal sentido, a fin de promover la inversión en este recurso, el INGEMMET firmó el contrato N°028 con la FIGMM-UNI para la elaboración del texto "**EL CARBON EN EL PERU**" el cual contiene información sobre los aspectos geológicos de las diferentes cuencas con carbón, así como las características petrográficas y geoquímicas de los carbones, las reservas estimadas y las perspectivas de exploración y explotación por tipos de carbón. Asimismo se incluye algunos datos sobre la minería y utilización de los carbones peruanos.

Esperamos que este trabajo contribuya a promover el interés de la inversión privada generando el desarrollo de proyectos específicos sobre los carbones en el Perú.

## RESUMEN

En el texto se presenta los resultados del análisis de la información existente sobre los carbones de las principales cuencas con carbón del Perú. El objetivo principal fue plasmar su distribución a nivel del país, señalar las características geológicas, petrográficas, geoquímicas y otras propiedades tecnológicas, estimar las reservas y sus posibilidades de exploración y explotación. Asimismo el estado actual de la minería y utilización del carbón.

Los resultados permiten indicar que los carbones de las cuencas Paleozoicas se localizan en el Grupo Ambo (Mississippiense) de origen continental conteniendo niveles carbonosos de espesores reducidos.

Los carbones Mesozoicos se generaron en la "Cuenca Oeste Peruana" durante el Jurásico Superior-Cretácico Inferior. El desarrollo de las cuencas tuvo lugar de sur a norte del país, con la cuenca de Yura (Calloviense) al sur y del Grupo Goyllarisquizga (Neocomiense) al norte. En las "facies occidentales" del Grupo Goyllarisquizga se localizan las cuencas de Oyón, Santa y Alto Chicama y en las "facies orientales-meridionales" las cuencas de Goyllarisquizga y Jatunhuasi.

En las "facies occidentales" las capas de carbón se concentran en tres series productivas (una en la Fm. Oyón y dos en la Fm. Chimú) y en las "facies orientales-meridionales" dos series situadas al piso y al techo del Grupo Goyllarisquizga.

En general, los carbones se originaron en facies deltaicas bajo la influencia de aguas dulces y salobres, como parte de un gran delta cuyos materiales procedían de los Escudos del Brasil, de la Guayana y del "Geoanticlinal del Marañón".

Las cuencas con carbón Cenozoicas se generaron en cuencas tipo "Traspais" (Tumbes-Piura) y "Antepais" (Loreto) de carácter parálicas y algunas en cuencas intramontañosas (Yanacancha).

Todos los carbones peruanos son de origen húmico y de origen autóctono a alóctono. Están conformados principalmente por el grupo maceral vitrinita, seguido de liptinita e inertinita, procedentes de restos vegetales terrestres.

Los carbones Paleozoicos y Mesozoicos han alcanzado un elevado grado de evolución que va desde bituminosos hasta meta-antracitas mientras que, los carbones Cenozoicos el rango de lignitos a sub-bituminosos.

La distribución del rango de los carbones Paleozoicos y Mesozoicos muestra una zonación regional bien definida en franjas paralela a los andes. Así, se tiene la "franja antracítica/meta-antracítica" en el oeste, próxima a las grandes intrusiones ígneas y en ellas se localizan las cuencas de Santa, Alto Chicama y la parte oeste de Oyón y Yura. La otra franja es la "franja bituminosa" hacia el este

y paralela a la anterior, en las que se sitúan las cuencas de Goyllarisquizga, Jatunhuasi y parte este de Oyón y Yura.

El alto rango y la zonación del mismo es la consecuencia de un metamorfismo regional causado por la influencia térmica de los cuerpos intrusivos del "Batolito de la Costa" y "Cordillera Blanca", que se sobreimpuso a la evolución inicial de los sedimentos por subsidencia normal. La actuación de las diversas fases tectónicas durante la carbonificación se pone de manifiesto en las propiedades físico-ópticos de los carbones como son su fuerte anisotropía y estadio de semi-grafitización en algunos casos. Todo ello ha sido consecuencia de la actividad magmática y tectónica de la orogenia andina debido a la colisión y a los subsecuentes procesos de subducción de la placa de Nazca debajo del continente sudamericano.

Las características y propiedades de los carbones con relación a sus posibilidades de utilización sugieren orientar la exploración de los mismos a lo largo de las dos franjas definidas "antracítica/meta-antracítica" y "bituminosa".

Las reservas totales estimadas alcanzan 1 040 Mt de los cuales, el 78 % (810 Mt) provienen de las cuencas Mesozoicas, el 21 % (226 Mt) de las Cenozoicas y el 0,3 % (3 Mt) de las Paleozoicas.

Del total de las reservas, el 88 % (922 Mt) corresponde a reservas posibles, el 6 % (65.6 Mt) a reservas probadas y el 5 % (47 Mt) a las reservas probables.

El 54 % (570 Mt) del total de las reservas son carbones de rango antracítico/meta-antracítico, el 12 % (128 Mt) semi-antracíticos, el 9 % (100 Mt) sub-bituminosos y el 19 % (201 Mt) lignitos.

La minería de carbón en el país se clasifica como artesanal y de pequeña escala. Históricamente la década del 50 tuvo su mayor auge llegando a explotarse a mayor escala para su exportación a Francia y Argentina. El yacimiento de Goyllarisquizga ha sido la única mina explotada sistemáticamente.

Las grandes industrias se localizan en la costa y los yacimientos de carbón en la cordillera, siendo el costo del transporte muy alto con respecto al costo de explotación, por tanto no económicos.

Las antracitas peruanas son utilizadas principalmente como fuente de energía para diversas industrias.

Para desarrollar la minería del carbón del Perú se requiere implementar la metodología propuesta para la exploración y estimación de reservas; al mismo tiempo incrementar la infraestructura vial (transporte del carbón) para obtener proyectos económicamente factibles, dentro de un desarrollo sostenible.

## INDICE

### PARTE I : *GEOLOGIA DE LOS CARBONES PERUANOS* (Dr. Rolando Carrascal Miranda)

	Página
<b>CAPITULO I : INTRODUCCION</b>	1
I.1.- Antecedentes, aspectos históricos, estado actual y objetivos	1
I.2.- Definición, origen, composición y rango del carbón	4
I.3.- Clasificación de los carbones	8
I.4.- Muestreo, preparación y análisis del carbón	9
<b>CAPITULO II : CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL DE LAS CUENCAS</b>	12
II.1.- Situación geográfica y accesibilidad a las diferentes cuencas con carbón del Perú	12
II.2.- Las cuencas con carbón en el contexto geológico regional del Perú	13
<b>CAPITULO III : CARACTERISTICAS DE LAS CUENCAS CON CARBON</b>	16
<b><i>III.1.- LAS CUENCAS PALEOZOICAS</i></b>	16
III.1.1.- Distribución de las cuencas Paleozoicas	16
III.1.2.- Síntesis geológica	16
III.1.3.- Las Formaciones y series con capas de carbón	16
III.1.4.- Principales ocurrencias de carbón	17
III.1.5.- Características petrográficas y geoquímicas	18
III.1.6.- Tipo, origen y ambiente deposicional de los carbones	19
III.1.7.- Grado de evolución y distribución del rango	20
<b><i>III.2.- LAS CUENCAS MESOZOICAS</i></b>	21
III.2.1.- Distribución de las cuencas Mesozoicas	21
III.2.1.1. CUENCA DE YURA	21
III.2.1.1.1.- Síntesis geológica	21
III.2.1.1.2.- Las Formaciones y series con capas de carbón	21
III.2.1.1.3.- Características petrográficas y geoquímicas	23
III.2.1.1.4.- Tipo, origen y ambiente deposicional de los carbones	23
III.2.1.1.5.- Grado de evolución y distribución del rango	24

III.2.1.2. CUENCA DE OYON	25
III.2.1.2.1.- Síntesis geológica	25
III.2.1.2.2.- Las Formaciones y series con capas de carbón	25
III.2.1.2.3.- Características petrográficas y geoquímicas	28
III.2.1.2.4.- Tipo, origen y ambiente deposicional de los carbones	31
III.2.1.2.5.- Grado de evolución y distribución del rango	31
III.2.1.3. CUENCA DE SANTA	33
III.2.1.3.1.- Síntesis geológica	33
III.2.1.3.2.- Las Formaciones y series con capas de carbón	33
III.2.1.3.3.- Características petrográficas y geoquímicas	37
III.2.1.3.4.- Tipo, origen y ambiente deposicional de los carbones	40
III.2.1.3.5.- Grado de evolución y distribución del rango	40
III.2.1.4. CUENCA DE ALTO CHICAMA	42
III.2.1.4.1.- Síntesis geológica	42
III.2.1.4.2.- Las Formaciones y series con capas de carbón	42
III.2.1.4.3.- Características petrográficas y geoquímicas	45
III.2.1.4.4.- Tipo, origen y ambiente deposicional de los carbones	47
III.2.1.4.5.- Grado de evolución y distribución del rango	48
III.2.1.5. CUENCA DE GOYLLARISQUIZGA	49
III.2.1.5.1.- Síntesis geológica	49
III.2.1.5.2.- Las Formaciones y series con capas de carbón	49
III.2.1.5.3.- Características petrográficas y geoquímicas	51
III.2.1.5.4.- Tipo, origen y ambiente deposicional de los carbones	52
III.2.1.5.5.- Grado de evolución y distribución del rango	53
III.2.1.6. CUENCA DE JATUNHUASI	54
III.2.1.6.1.- Síntesis geológica	54
III.2.1.6.2.- Las Formaciones y series con capas de carbón	54
III.2.1.6.3.- Características petrográficas y geoquímicas	55
III.2.1.6.4.- Tipo, origen y ambiente deposicional de los carbones	57
III.2.1.6.5.- Grado de evolución y distribución del rango	57
III.2.1.7. OTRAS CUENCAS	59
III.2.2. Interpretación del ambiente deposicional y evolución de los carbones Mesozoicos dentro del contexto geológico regional de los andes peruanos.	61
III.2.2.1.- Medioambiente paleogeográfico	61
III.2.2.2.- Evolución térmica y distribución regional del rango	62

<b>III.3.- LAS CUENCAS CENOZOICAS</b>	65
III.3.1.- Distribución de las cuencas Cenozoicas	65
III.3.1.1. CUENCA DE YANACANCHA	65
III.3.1.1.1.- Síntesis geológica	65
III.3.1.1.2.- Las Formaciones y series con capas de carbón	66
III.3.1.1.3.- Características petrográficas y geoquímicas	67
III.3.1.1.4.- Tipo, origen y ambiente deposicional de los carbones	69
III.3.1.1.5.- Grado de evolución y distribución del rango	69
III.3.1.2. CUENCA DE TUMBES-PIURA	71
III.3.1.2.1.- Síntesis geológica	71
III.3.1.2.2.- Las Formaciones y series con capas de carbón	71
III.3.1.2.3.- Características petrográficas y geoquímicas	72
III.3.1.2.4.- Tipo, origen y ambiente deposicional de los carbones	73
III.3.1.2.5.- Grado de evolución y distribución del rango	73
III.3.1.3. CUENCA DE LORETO	74
III.3.1.3.1.- Síntesis geológica	74
III.3.1.3.2.- Las Formaciones y series con capas de carbón	74
III.3.1.3.3.- Características petrográficas y geoquímicas	75
III.3.1.3.4.- Tipo, origen y ambiente deposicional de los carbones	76
III.3.1.3.5.- Grado de evolución y distribución del rango	76
 <b>CAPITULO IV : EXPLORACION Y RESERVAS DE CARBON</b>	 77
IV.1.- Exploración de yacimientos de carbón	77
IV.2.- Propuesta de criterios básicos para la estimación de reservas de carbón en el Perú	81
IV.3.- Reservas y potencial por clases de carbón en el Perú	83
IV.3.1.- Paleozoicas	84
IV.3.2.- Mesozoicas	84
IV.3.3.- Cenozoicas	88
 <b>CAPITULO V : ZONAS PROMISORIAS PARA LA EXPLORACION Y EXPLORACION DE CARBON</b>	 90
V.1.- Zonas con posibilidades de explotación económica	90
V.2.- Zonas promisorias para la exploración por clases de carbón	91

## PARTE II : MINERIA Y UTILIZACION DEL CARBON

<b>CAPITULO VI: MINERIA DEL CARBON EN EL PERU</b>	94
<i>(MSc. Carmen Matos Avalos)</i>	
VI.1.- Antecedentes y estado actual de la minería del carbón en el Perú	94
VI.1.1.- Antecedentes de la minería del carbón	94
VI.1.2.- Estado actual de la minería del carbón	97
VI.1.3.- Minas de carbón que se encuentran operando	104
VI.2.- Cotización del carbón en el mercado nacional e internacional	106
VI.3.- Evolución y perspectivas del mercado nacional e internacional del carbón	106
VI.3.1.- Evolución mundial del carbón	107
VI.3.2.- Perspectiva mundial del carbón	111
VI.3.3.- Evolución nacional del carbón	112
VI.4.- Aspectos técnicos mineros de la explotación del carbón	120
<b>CAPITULO VII : PREPARACION CONVERSION Y UTILIZACION INDUSTRIAL DEL CARBON</b>	125
<i>(MSc. Oscar Silva Campos)</i>	
VII.1.- Antecedentes y estado actual del carbón	125
VII.2.- Preparación del carbón para su uso industrial	125
VII.3.- Propiedades químicas, físicas y tecnológicas que deben reunir los carbones para su uso industrial.	126
VII.4.- Perspectivas de utilización industrial : Industria del cemento, Siderurgia y Centrales Térmicas.	131
VII.5.- Las nuevas tecnologías energéticas y perspectivas del gas	139
VII.6.- Elaboración de coque metalúrgico con carbones peruanos	141
VII.7.- El carbón en el ambiente	144
VII.8.- El carbón para uso domestico. Briquetas de carbón	145
<b>CAPITULO VIII : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	146
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	154
<b>ANEXOS</b>	
<i>* FICHA TECNICA DE LOS YACIMIENTOS/PROSPECTOS DE CARBON ORDENADAS POR CUENCAS</i>	

**PARTE I**

**GEOLOGIA DE LOS CARBONES  
PERUANOS**

**Dr. ROLANDO CARRASCAL MIRANDA**

## **CAPITULO I : INTRODUCCION**

### **I.1. ANTECEDENTES, ASPECTOS HISTORICOS, ESTADO ACTUAL Y OBJETIVOS**

#### **ANTECEDENTES**

Desde las épocas más tempranas de la historia, el hombre ha utilizado los recursos naturales energéticos para satisfacer las necesidades de la vida diaria. Durante siglos la mayor parte de ésta energía se ha obtenido de los combustibles fósiles (carbón y petróleo); actualmente, a pesar del desarrollo en el conocimiento y aprovechamiento de otros tipos de energía como la solar o la nuclear, lo cierto es que la tendencia en la utilización de los combustibles tradicionales continúa y proseguirá en los años futuros.

En este sentido la industria del carbón es esencial para la economía de muchos países, tanto porque cubre las propias necesidades o es exportado a otras regiones que carecen de él.

Diversos son los trabajos que se han realizado sobre los carbones del Perú, destacándose los de carácter general: Mariano Eduardo de Rivero (1855), Málaga Santolalla (1921), Lissón (1925), Rassmuss (1926?), Broggi (1927), Steinmann (1930), Torres Vargas (1943),

Los de carácter geológico regional como los de Stappembeck (1929), Benavides (1956), Wilson (1963), Wilson et al; (1967), Cossío (1964), Cossío y Jaén (1967), Cobbing et al; (1978), Megard (1978) entre otros. Es de destacar la evaluación geológica y económica realizada por Kopex-Mineroperu (1973 y 1975) sobre las cuencas de Oyón y Alto Chicama. Otros trabajos sobre la geología de las capas de carbón de la Cuenca de Alto Chicama efectuados por Weiesennbach (1986), Escudero (1979) y Agramonte (1985). Trabajos de carácter geológico-estratigráfico realizados por el Ingemmet (1992) sobre la cuenca de Santa, los de Siderperú (1980) sobre la Cuenca de Oyón, entre otros numerosos trabajos.

E. Dunín Borkowski (1981, 1983, 1984, 1985) describe la geología regional de las cuencas peruanas con carbón.

Existen numerosas referencias de carácter puntual relacionadas con los análisis inmediatos de los carbones. La mayoría son informes técnicos inéditos.

Trabajos concernientes a los elementos traza son escasos como de Ojeda et al, (1985) sobre carbones de lugares puntuales del centro y norte de Perú.

Trabajos petrográficos puntuales como de Lipiarski et al; (1977) sobre carbones de Alto Chicama, Pearson (1981), Carrascal et al; (1998) sobre carbones de Jatunhuasi y Carrascal (1996) sobre carbones de Oyón, Santa, Alto Chicama y Yanacancha.

## ASPECTOS HISTORICOS

Las primeras aplicaciones industriales del carbón en el Perú, se realizaron en el centro del país en 1816 en Cerro de Pasco, con carbones provenientes de Rancas (Mariano Eduardo de Rivero, 1855). En 1891 la fundición El Carmen (Yauli) empleaba la hulla de Jatunhuasi. En 1900 se inicia la verdadera industria de combustibles sólidos, la Cerro de Pasco Mining Co desarrolla las regiones carboníferas de Vinchuscancha y Goyllarisquizga produciendo 1 000 t diarias de hulla utilizándolas en las diversas plantas de la mina Cerro de Pasco. En 1911 la región de Quishuarcancha entró en producción alcanzando 80 269 t de carbón en 1917 (Broggi, 1927).

En el norte del Perú, las antracitas fueron explotadas a pequeña escala desde las primeras décadas de este siglo.

Entre los años 1943 y 1956 operaron las minas de La Galgada, Cocabal y La Limeña localizados en la cuenca del Santa, con capacidad productiva de 250 t/d cada una. Se explotaron en la década del 40 para abastecer el mercado Argentino y ocasionalmente a Francia. Durante 14 años dichas minas produjeron 1 206 153 t de carbón bruto equivalentes a 640 000 t de carbón lavado, trasladados al puerto de Chimbote para su exportación.

## ESTADO ACTUAL

Según el Ministerio de Energía y Minas (1999), el Perú produjo en 1998 21 000 t de antracita procedentes de las cuencas del Santa, Alto Chicama y Oyón. El mayor productor lo constituye la Sociedad Minera San Roque de Mancos SRL ( Ancash ). La importación alcanzó los 437 000 t de carbones bituminosos.

En la actualidad la explotación de las antracitas son pequeñas y artesanales, los costes de transporte elevados, la producción heterogénea y suministro inseguro.

El mercado más importante de carbón se localiza en Lima donde se concentra la industria del país. La utilización del carbón se restringe a las ladrilleras, cubilotes y fraguas.

El mayor consumo de carbón lo constituyen las cementeras y en la producción de acero. Así, en 1998 Larcarbón importó 240 580 t de carbones bituminosos de altos volátiles de Venezuela/Colombia para abastecer a Cementos Lima y Andino en la producción de clinker en altos hornos. Cementos Norte Pacasmayo también importó 77 727 t de carbones bituminosos de las mismas características de Venezuela/Colombia. Doe Run Perú importó 50 400 t de hullas bituminosas coquificables de E.U./Australia, Aceros Arequipa 50 217 t de carbón bituminoso Colombiano y Cementos Sur 18 090 t de carbón Venezolano.

En el Perú los carbones bituminosos de altos volátiles a bajos volátiles son muy restringidos (Cuencas de Jatunhuasi, Goyllarisquizga y Pampahuay). Es posible la sustitución parcial de los carbones importados, mediante mezclas con carbones peruanos dependiendo del uso industrial del carbón.

La siderurgia de Chimbote (Acerco) utiliza antracitas en un gasógeno Welmann-Galusha. Asimismo tiene una planta experimental de reducción directa utilizando antracitas. Por otro lado, importó 165 598 t de coque para su producción de arrabio.

Doe Run Perú en 1998 produjo 39 787 t de coque utilizados en la fundición de La Oroya.

La Sociedad Paramonga estudió la posibilidad de instalar un caldero de lecho fluidizado con carbón en la fabrica de papel de Santiago de Cao.

Cementos Pacasmayo utiliza antracitas peruanas en la elaboración de clinker utilizando hornos rotativos.

Ha existido numerosos intentos de instalar plantas térmicas (carboeléctricas) como los de Tablones en la cuenca del Santa, Coina en Alto Chicama (500 Mw), Electroperú (100 Mw) en la Galgada o Caráz. Se tiene conocimiento que en Ilo Southern Copper Corporation se encuentra instalando una central térmica de carbón.

## **OBJETIVOS**

Un paso previo al desarrollo industrial y tecnológico de un país es el conocimiento y valorización de sus recursos naturales con el fin de determinar la potencialidad de su utilización. En este ámbito el carbón de Perú constituye un recurso importante a nivel nacional y cuyas reservas se estiman en unos mil millones de toneladas repartidas en varias cuencas de diversas edades geológicas.

El carbón en el Perú constituye uno de los recursos naturales menos conocidos cuyo rango varía de lignitos a meta-antracitas, siendo de vital importancia su estudio y conocimiento a fin de efectuar una utilización racional sea en forma directa o de sus productos de conversión.

Existe numerosa información dispersa sobre los carbones peruanos, sin embargo no se cuenta con un texto básico de consulta que plasme la enorme cantidad de información.

En tal sentido, existe la imperiosa necesidad de elaborar un texto básico sobre el estado actual de la geología, exploración, explotación y usos industriales de los carbones peruanos.

Por tanto, los objetivos que se pretende conseguir con este texto es difundir los aspectos geológicos, mineros y utilización industrial de los carbones del Perú.

La información actualizada, esperamos permita promover la inversión privada en este recurso energético no renovable, mediante proyectos específicos

propiciando su utilización racional y coherente. Asimismo, sirva de consulta a los estudiantes, profesionales y empresarios relacionados al quehacer de este importante recurso orgánico.

La explotación e industrialización del carbón ofrece interesantes y variadas oportunidades para los inversionistas.

## I.2. DEFINICION, ORIGEN, COMPOSICION Y RANGO DEL CARBON

### DEFINICION

El *carbón* se define como una roca sedimentaria organoclástica constituida fundamentalmente por restos vegetales litificados o depositados inicialmente en ambientes muy húmedos o pantanosos. El sedimento inicial que origina el carbón es un material esponjoso y húmedo denominado *turba* la cual posteriormente debido a los procesos de diagénesis, que conllevan un enterramiento progresivo de los sedimentos por subsidencia de la cuenca y a la actividad tectónica, sufre modificaciones muy importantes en su textura y composición y se convierte en una roca orgánica.

### ORIGEN

La gran variedad de restos vegetales, junto con las diversas condiciones de depósito y su posterior degradación y transformación a lo largo de la historia geológica dan lugar a los distintos tipos y clases de carbón.

La acumulación de restos orgánicos y posterior preservación del carbón requiere no solo de una productividad orgánica alta, sino además, de la existencia de unas condiciones específicas en el propio ambiente sedimentario referentes al potencial redox, al nivel de agua, salinidad y clima del medio. Así, los medios pantanosos, ciénagas, marismas, deltas y en general todos aquellos ambientes de zonas restringidas con subsidencia escasa pero continuada son los que suelen reunir las mejores condiciones para la preservación del material orgánico y posterior formación del carbón.

En el proceso de formación del carbón se incluyen además, todos los cambios experimentados antes y después del enterramiento de los restos vegetales.

### TIPOS

De acuerdo a la naturaleza del material orgánico de origen se puede diferenciar 2 tipos de carbón : húmico y sapropélico (ICCP, 1963, 1971, 1975).

El tipo de carbón *húmico* es el más abundante y se origina a partir de acumulaciones de restos vegetales de plantas superiores. Su aspecto es heterogéneo y bandeado debido tanto a la distribución de los diferentes restos vegetales como a las fluctuaciones de las condiciones existentes durante su depósito.

Los carbones peruanos son fundamentalmente de tipo húmico.

El tipo de carbón *sapropélico* presenta un aspecto masivo, sin embargo, en él se diferencian los carbones de algas (*boghead coals*) y los carbones constituidos por esporas (*cannel coals*).

## COMPOSICION

Las bandas que a nivel macroscópico presentan los carbones húmicos se denominan *litotipos* del carbón (ICCP, 1975) y se pueden diferenciar 4 litotipos básicos: *vitreno* (bandas brillantes), *clareno* (bandas semibrillantes), *dureno* (bandas mate) y *fuseno* (bandas fibrosas).

En los carbones sapropélicos los litotipos son : “cannel coal” y “boghead coal” de apariencia muy similar (Stach, et al, 1982).

En el Perú los carbones son de tipo húmico presentando los litotipos : vitreno, clareno, dureno y fuseno.

## COMPOSICION PETROGRAFICA

En general, la heterogeneidad del carbón a escala macroscópica se manifiesta igualmente a nivel microscópico por la diversidad de componentes orgánicos (macerales) que lo constituyen. Los macerales son componentes que solo se identifica al microscopio y que constituyen la textura macroscópica de los litotipos. Los macerales han sido clasificados (ICCP, 1963, 1971, 1975) en tres grupos : Huminita/Vitrinita, Liptinita e Inertinita (Tabla I.1) en función de su diferente origen y el modo de preservación/evolución en los sedimentos.

Los macerales del grupo *Huminita/Vitrinita* derivan de los tejidos leñosos de las plantas (troncos, ramas, raíces, cortezas) constituidos por celulosa, lignina y taninos.

Las huminitas pueden transformarse en vitrinita. Este proceso durante el transcurso de la evolución es debida a la intensidad de los procesos de humificación y gelificación que son controlados principalmente por la temperatura. Así, la huminita se encuentra en carbones de bajo rango (lignitos a sub-bituminosos) y la vitrinita en los carbones del rango de hullas a las antracitas.

Los componentes de este grupo se clasifican en : humotelinita, humocolinita y humodetrinita en los carbones de bajo rango (lignitos). Estos

LIGNITOS				HULLAS		
Grupo Maceral	Subgrupo Maceral	Maceral	Tipo Maceral	Tipo Maceral	Maceral	Grupo Maceral
HUMINITA	Humotelinita	Textinita	Texto-ulminita Eu-ulminita	Telinita 1 Telinita 2	Telinita *	VITRINITA
		Ulminita				
	Humodetrinita	Atrinita			Vitrodetrinita	
Densinita						
Humocolinita	Gelinita Corpo-huminita	Levigelinita Porigelinita	Levigelinita Porigelinita Flobafinita Pseudo-flobafinita	Desmocolinita * Telocolinita *	Colinita	
				Gelocolinita * Corpocolinita *		
INERTINITA		Fusinita Semifusinita Micrinita Macrinita Esclerotinita Inertodetrinita			Fusinita * Semifusinita * Micrinita * Macrinita * Esclerotinita * Inertodetrinita *	INERTINITA
LIPTINITA		Esporinita Cutinita Resinita Fluorinita Suberinita Bituminita Alginita Clorofilinita			Esporinita * Cutinita * Resinita * Fluorinita * Suberinita Bituminita Alginita Clorofilinita	LIPTINITA

\* Macerales identificados en carbones peruanos

Tabla I.1. Clasificación de los macerales constituyentes del carbón (Según ICCP, 1971 y 1975).

macerales son los precursores del grupo vitrinita : telinita (restos de estructuras celulares), colinita (tejidos gelificados), la telocolinita (bandas de apariencia homogénea, sin estructura celular), gelocolinita (aspecto de gel homogéneo), desmocolinita (gel que engloba macerales), corpocolinita (cuerpos redondeados u ovalados) y vitrodetrinita (forma clásica de macerales) en carbones de rango bituminosos a antracíticos (Tabla I.1).

El grupo *Liptinita* incluye los macerales que proceden de aquellas partes de las plantas químicamente más resistentes (esporas, cutículas, suberina, resinas, ceras y aceites de origen vegetal). Los macerales de este grupo se clasifican según su procedencia de partes específicas de las plantas o de sus productos en : alginita (procedentes de algas), esporinita (esporas), cutinita (cutículas), suberinita (suberina), resinita (resina y aceite), fluorinita (aceites), exudatinita (exudados secundarios de macerales anteriores), bituminita (probables productos de transformación primarios) y liptodetrinita (fragmentos de reducido tamaño procedentes de los macerales anteriores)(Tabla I.1).

El grupo *Inertinita* representa a un conjunto de macerales derivados de restos vegetales, que han sido alterados y degradados en condiciones oxidantes antes de su depósito o en etapas tempranas del estadio de formación de la turba, por procesos tales como incendios, oxidación y ataques bacterianos. El material vegetal original lo constituyen los mismos componentes de los cuales deriva el grupo vitrinita y liptinita.

Este grupo se divide en : fusinita (reflectancia alta y estructura celular neta y regular), semifusinita (reflectancia media y estructura celular alargada), macrinita (sin estructura, de aspecto compacto), micrinita (granos redondeados menores de 1 micra), esclerotinita (cuerpos ovales redondeados, que presentan estructuras botánicas) e inertodetrinita (partículas de tamaño entre 2 y 30 micras)(Tabla I.1).

## COMPOSICION QUIMICA

El carbón desde el punto de vista de su composición elemental, está constituido por C, H, O y en menor proporción por N y S. Las proporciones de estos elementos variarán en función de su composición maceral y del grado de evolución alcanzado por el carbón.

El carbón es un material complejo y heterogéneo. La estructura del carbón no puede ser considerada en el sentido de un polímero ni de una gran macromolécula biológica, sino como una superestructura macromolecular en cuya cohesión desempeñan un papel muy importante las interacciones débiles de tipo enlaces de hidrógeno o interacciones Van der Waals (Carlson , 1992).

Por otro lado, al carbón se le considera como formado por dos componentes denominados fase inmóvil y fase móvil (Given y Marzec, 1988,

Derbyshire et al, 1989). La fase inmóvil estaría constituida por una red macromolecular entrelazada tridimensionalmente que contiene núcleos poliaromáticos e hidroaromáticos y estructuras saturadas lineales ramificadas o cíclicas a las que pueden encontrarse unidos grupos funcionales. En ella se encuentran encajadas una multitud de moléculas relativamente pequeñas de estructura variable que forman la fase móvil.

Por otro lado, la fracción orgánica del carbón lleva asociada en proporciones variables normalmente una fracción inorgánica (materia mineral). Esta fracción puede ser singenética (primaria) o bien epigenética (secundaria).

## CARBONIFICACION Y RANGO

La *carbonificación* engloba los procesos por los cuales los restos vegetales de la turba son transformados progresivamente en lignitos, hullas y antracitas. En ellos tienen lugar una modificación de todas las propiedades físicas y químicas de los restos vegetales por interacción de los factores temperatura, tiempo y presión. La característica principal de este proceso es un enriquecimiento en carbono.

La carbonificación puede ser bioquímica y geoquímica. La *bioquímica* se produce durante la diagénesis temprana que tiene lugar en la zona superficial de la turba produciendo una alteración biológica, física y química. Con el enterramiento progresivo de los restos carbonosos, aumenta el contenido en carbono (celulosa libre), disminuye la porosidad y el contenido en agua. Estos parámetros permiten determinar el grado de diagénesis de la turba hacia el lignito. Igualmente las propiedades petrográficas de los diferentes grupos macerales van modificándose. En la *carbonificación geoquímica* interviene la temperatura y la presión a lo largo de importantes periodos de tiempo. Así, cambios progresivos de tipo fisico-químico se originan durante el paso sucesivo de los carbones entre el estadio de lignito a hullas y al de antracitas. Este proceso engloba las etapas de diagénesis, catagénesis y metagénesis.

Durante el proceso de carbonificación geoquímica la temperatura (degradación térmica) provoca transformaciones químicas que originan un aumento del contenido en carbono y del poder calorífico y una disminución de los contenidos en oxígeno e hidrógeno. Esto produce una disminución del contenido en materias volátiles. En estadios más avanzados del proceso se modifican las propiedades físicas como la dureza, la resistencia mecánica, densidad y porosidad.

Las propiedades petrográficas (ópticas) de los macerales del carbón se modifican, así las estructuras de los tejidos celulares de los macerales de la huminita/vitrinita discernibles en las primeras etapas llegan a ser irreconocibles en estadios más evolucionados y su reflectancia también aumenta gradualmente. Los componentes del grupo liptinita pierden progresivamente su fluorescencia y

adquieren las propiedades ópticas de la vitrinita en el estadio de los carbones bituminosos de bajos volátiles (1.3 % de reflectancia). Los macerales del grupo inertinita muestran variaciones muy pequeñas.

Dentro del estadio de la catagénesis, la bituminización se sitúa entre las reflectancias de 0.55 % y 1.3 % (Teichmuller y Teichmuller, 1982). En esta fase se produce la generación de aceite. Para valores por encima de 1.3 % comienza la generación de gas húmedo extendiéndose hasta valores de 2 % de reflectancia de la vitrinita (Tissot y Welte, 1984). El estadio de las antracitas se desarrolla durante la metagénesis, que se caracteriza por la generación de metano y una importante disminución del contenido en hidrógeno. Este proceso produce un aumento de la reflectancia de la vitrinita y el desarrollo de la anisotropía óptica, que puede ser significativa sobre todo cuando alcanza el rango de las meta-antracitas.

Para la determinación del rango existen parámetros de tipo físico y químico como la reflectancia de la vitrinita, el contenido en carbono, en humedad, en materias volátiles y el poder calorífico, cada uno con un ámbito de validéz en etapas específicas de la escala de rango (Stach et al, 1982).

En las Tablas I.2 y I.3 se presentan dos escalas de carbonificación y el ámbito de validéz de los diferentes parámetros físicos y químicos.

### I.3. CLASIFICACION DE LOS CARBONES

Los diversos procesos tecnológicos requieren de una apropiada calidad de carbones. En tal sentido hubo la necesidad de realizar diferentes clasificaciones, sobre todo para los carbones más evolucionados (alto rango).

La clasificación de los carbones están basados principalmente en la clase del carbón (rango), grado de pureza y tamaño de grano.

De todos ellos el de mayor importancia lo constituye la clasificación por rangos, determinados por sus propiedades naturales inherentes a los carbones.

La clasificación del carbón en orden de rango creciente corresponde a las clases de : *turba, lignito, hullas y antracitas* (ICCP, 1963, 1971, 1975) o bien como *lignitos, sub-bituminosos, bituminosos, antracitas y meta-antracitas* según la clasificación USA-ASTM (Tablas I.2 y I.3).

En el Perú, predominan los carbones de rango antracítico a meta-antracítico.

La clasificación tecnológica internacional de los carbones se basa en los contenidos de materias volátiles, índices de Roga (propiedades aglutinantes),

RANGO		R <sub>o</sub>	MATER. VOL.	C (cp)	HUMEDAD	PODER CALOR. BTU (Kcal/Kg)	APLICABILIDAD DE LOS DIFERENTES PARAMETROS DE RANGO	
EUROPA (ALEMANIA)	USA	VITRINITA %						
TORF	TURBA	0.2						
		0.3						
Weich-				ca.60	ca.75			
	LIGNITOS					7200 (4000)		
Matt-								
	SUB BITU MINOSO			ca.71	ca.25	9900 (5600)		
Glanz-								
	C	0.5						
	B	0.6		ca.77	ca.8-10	12600 (7000)		
Flamm-								
	A	0.7						
Gasflamm		0.8						
	BITUMINOSO DE VOLATILES ALTOS							
Gas-		1.0						
	A							
	BITUMINOSO DE VOLATILES MEDIOS	1.2		ca.87		15500 (8650)		
Fett-		1.4						
	BITUMINOSO DE VOLATILES BAJOS	1.6						
Ess-		1.8						
	SEMI-ANTRACITA	2.0						
Mager-								
	ANTRACITA	8		ca.91		15500 (8650)		
Anthrazit		3.0						
	ANTRACITA	4.0						
Meta-Anthr	META-ANTRACITA							

cp : combustible puro

R<sub>o</sub>: reflectancia random de la vitrinita

Tabla I.2. Estadios de carbonificación basados en propiedades físico-químicas del carbón (Adaptado de Teichmuller, 1982).

Rango del carbón		Reflectancia			Cantidad de Vitrita (sic)			Aplicabilidad
Germany	USA	Rmax %	Rm %	Rmin %	C %	H %	materia Volátil %	de los diferentes Parámetros de Rango
Fettkohle	bituminoso volátiles medio	1.4	1.3	0.9-1.4	87	5.5	28	
	bituminoso	1.6	1.5					
Esskohle	bituminoso volátiles bajos	1.8	1.65	1.1-1.8	89		22	
		2.0	1.85					
Magerkohle	semi-antracita	2.2	2.0	1.5-2.4	91	4	14	
		2.4	2.2					
		2.6	2.35					
anthrazit	antracita	2.8	2.5	bajo incremento de Rmin	93.5	2.5	8	
		3.0	2.7					
		3.2	2.9					
		3.4	3.0					
		3.6	3.2					
		3.8	3.35					
meta-anthrazit	meta-antracita	4.0	3.5	1.8-3.3	95.0	1.5	4	
		5.0	4.35	1.7-4.1	96.5	0.8	3	
		6.0	5.1	1.0-4.5	99.0	0	2	
semi-graphit	5-10		decrece Rmin	100		1.25		
graphit	grafito	> 10-18				0	0	

sic : seco y libre de cenizas

Tabla I.3. Clasificación de los carbones de alto rango, basados en diferentes parámetros físico-químicos (según Teichmüller y Bartenstein, 1979).

dilatación máxima (ensayos de dilatómetro Arnu-Audibert) o tipo de coque (ensayo Gray King) y poder calorífico bruto (Tabla I.4). Los tipos de carbones se dividen en : clases, grupos y sub grupos con fines tecnológicos, comerciales y estadísticos, se juntan las divisiones aledañas dando 11 tipos de carbón industrial-comercial (I,II,III,IV,VA,VB,VC,VD,VIA,VIB y VII).

Por otro lado, en la Tabla I.5 se muestra la clasificación polaca de los carbones de alto rango, distinguiéndose 10 tipos, del 31 al 38 y del 41 al 42, correspondiendo el tipo 41 a hulla antracitosa y la 42 a una antracita.

En el Perú predominan las hullas magras a hullas antracitosas, antracitas y meta-antracitas (fuera de clasificación internacional).

## **I.4. MUESTREO, PREPARACION Y ANALISIS DEL CARBON**

### **TECNICAS DE MUESTREO**

En general, los muestreos sistemáticos y representativos de las capas de carbón se realizan en forma de canal en todo lo ancho de la capa. En otros casos el muestreo puede ser de carácter puntual (piso, techo) de la capa bien por diferencias macroscópicas o como consecuencia de la intercalación de estériles.

La cantidad de la muestra es variable dependiendo del espesor de la capa, pero siempre en cantidades suficientes (mínimo 1 kg) para realizar los diferentes análisis.

Las muestras recogidas para el estudio de los carbones de las cuencas de Oyón, Santa, Alto Chicama y Yanacancha fueron de carácter sistemático y en algunos casos puntuales (Carrascal, 1996). Para las demás cuencas, las referencias bibliográficas no indican el tipo de muestreo, siendo probablemente en la mayoría de los casos de carácter puntual o industrial (mezcla promedios).

### **PREPARACION DE MUESTRAS**

En el estudio de los carbones se debe seguir la metodología propuesta por el Comité Internacional de Petrografía del Carbón (ICCP, 1975) y la UNE 32-102-83/84 a fin de asegurar la fiabilidad y representatividad de los análisis.

En general, la preparación de las muestras para los diversos análisis comienza a partir de una muestra representativa, la cual se tritura a una granulometría inferior a 3 mm separándose en dos mitades. Una de las mitades se tritura a una granulometría inferior a 1 mm separándose a su vez en dos mitades, luego una de las mitades se homogeniza y se pulveriza a la

Grupos ( Determinados por las propiedades aglutinantes )			Numeros Clave									Sub - grupos ( Determinados por las propiedades coqueificantes )			
N° de grupo	Parámetros alternativos del grupo		<p>La primera cifra del número clave indica la clase del carbón determinado por el contenido de materias volátiles y por el parámetro calorífico sobre 33% M.V.</p> <p>La segunda cifra indica el grupo del carbón, determinado por las propiedades aglutinantes.</p> <p>La tercera indica el sub-grupo determinado por las propiedades coqueificantes.</p>									N° de Sub - grupo	Parámetros alternativos del sub-grupo		
	Índice de hinchamiento en el crisol	Índice Roga											Ensayo Dilatométrico	Ensayo Gray - King	
3	≥ 4	≥ 45				435	535	VC	635				5	140	G8
			334 VA		434 VB	534	634				4	50 - 140	G5 - G8		
			333		433	533	633	VD		733	3	0 - 50	G1 - G4		
			332 a	332 b	432	532	632	732	832	2	0	F - G			
2	2,5 - 4	20 - 45				323	423	523	623	VIA	723	823	3	0-50	G1 - G4
			322 IV		422	522	622	722	822	2	0	F - G			
			321		421	521	621	VIB		721	821	1	Contracción únicamente	B - D	
1	1 - 2	5 - 20				212	312	412	512	612	712	812	2	0	F - G
			211 III		311	411	511	611	VII		711	811	1	Contracción únicamente	B - D
0	0 - 0,5		0	$\frac{100 - I}{A \quad B}$	200 - II	300 - II	400	500	600	700	800	900	0	No se ablanda	A
Parámetros de clase	Materias volátiles		0 - 3	$\frac{> 3-10}{> 3 a \quad > 6,5 a}$ 6,5 10	> 10 - 14	> 14 - 20		> 28-33	> 33	> 33	> 33	> 33	A título indicativo las siguientes cifras tienen un contenido aproximado de materias volátiles de clase:		
	Parámetros caloríficos		-	-	-	-	-	-	7750	>7 200	6 100	> 5 700	6 33 - 41 % 7 33 - 44 % 8 35 - 50 % 9 42 - 50 %		
			Clases ( Determinados por la materia volátil hasta 33% M.V. y por el parámetro calorífico superior a 33,2 % M.V. )												

TABLA I.4. Clasificación Tecnológica Internacional de los carbones de alto rango

TIPOS		PARAMETROS DE CLASIFICACION				CARACTERISTICA TECNOLOGICA GENERAL DEL CARBON Y SU UTILIZACION	
		Contenido de materia volátil	Poder aglutinante (IR)	Dilatacion	Valor calorifico		
Denominación	N° Discriminante	%	(IR)	%	Kcal/Kg		
1	2	3	4	5	6	7	
Carbón de llama	31,1	Superior a 28	Inferior o igual a 5	No se normaliza	Inferior o igual a 7 400	Alto contenido de volátiles (por lo general 35 - 44%), prácticamente sin poder aglutinante, carbón energético para todos los tipos de calderas y para generadora de gas.	
	31,2				Superior a 7 400		
Carbón de gas y de llama	32,1	Superior a 28	Superior a 5 hasta 25	NO SE NORMALIZA	NO SE NORMALIZA	Alto contenido de volátiles (por lo general 33 - 40%), bajo poder aglutinante; carbón energético para todos los tipos de calderas; carbón para proceso de carbonización a baja temperatura y para generadores de gas.	
	32,2		Superior a 20 hasta 45			Alto contenido de volátiles (por lo general 33 - 40%), medio poder aglutinante; carbón energético para todo tipo de calderas; carbón para proceso de carbonización a baja temperatura y para fabricas de gas.	
Hulla de gas	33	Superior a 28	Superior a 45			Alto contenido de volátiles, buen poder aglutinante, carbón energético para todo tipo de calderas y hogares industriales de altas exigencias; carbón para fábricas de gas y mezclas de coquificación	
Hulla de gas coquificable	34	Superior a 28	Superior a 55			Alto contenido de volátiles alto poder aglutinante, carbón para fábricas de gas y de coque de gas.	
Hulla ortocoquificable	35,1	Superior a 26 hasta 31	Superior a 45			Superior a 30	Medio contenido de volátiles, alto poder aglutinante dilatacion positiva, carbón para fabricación de coque de alto horno ( sin mezclado)
	35,2	Superior a 20 hasta 26				Superior a 0	
Hulla meta-coquificable	36	Superior a 14 hasta 20	Superior a 45			Superior a 0	Medio contenido de volátiles, buen poder aglutinante, dilatacion positiva, carbón para fabricación de coque de alto horno ( sin mezclado)
Hulla semi-coquificable	37	Superior a 14 hasta 18	Superior o igual a 5			NO SE NORMALIZA	Medio contenido de volátiles, bajo poder aglutinante, carbón para mezclas de coquificación, además para la fabricación de combustible de gran poder calorifico y sin humo.
Hulla magra	38	Superior a 14 hasta 28	Inferior a 5				Medio contenido de volátiles, prácticamente sin poder aglutinante, carbón para mezclas de coquificación además para la fabricación de combustible de gran poder calorifico y sin humo.
Hulla antracitosa	41	Superior a 10 hasta 14	0				Bajo contenido de volátiles, sin poder aglutinante, carbón para mezclas de coquificación y energético para calorías especiales.
Antracita	42	3 hasta 10	0	Muy bajo contenido de volátiles, sin poder aglutinante carbón energético, para calderas especiales.			

TABLA I.5. Clasificación polaca de los carbones de alto rango ( K. Laskowski y B. Roga )

granulometría adecuada según los análisis a efectuar. Las mitades restantes son guardadas bajo atmósfera inerte (gas Argón).

## ANÁLISIS PETROGRÁFICOS

Los análisis petrográficos se llevan a cabo mediante técnicas de Microscopía óptica y Electrónica. El estudio mediante microscopía óptica de reflexión y en luz transmitida, tanto en luz blanca como en fluorescencia, constituye la base de la petrografía del carbón.

La preparación de secciones pulidas para los análisis petrográficos, se realiza de acuerdo a las Normas ISO 7404/2 y UNE 32-102-84.

Los análisis petrográficos de los carbones en secciones pulidas, consisten en el análisis maceral, medidas de la reflectancia, determinación de la anisotropía óptica y análisis microfluorimétricos.

El análisis maceral se realiza de acuerdo a la norma ISO 7404/3, la reflectancia de los carbones se mide sobre la vitrinita (Norma ISO-7404/5).

Solo los carbones de bajo rango también pueden ser estudiados mediante secciones delgadas.

Las técnicas de Microscopía Electrónica de Barrido y Transmisión permiten determinar la textura fina y la ultraestructura de los carbones.

## ANÁLISIS GEOQUÍMICOS

En general, los análisis geoquímicos de la fracción orgánica del carbón consisten en :

- **Análisis químicos globales** : consisten en los análisis inmediatos y elemental.

*Análisis inmediatos* : humedad, materia volátil (según la Norma ISO-562-1981), cenizas (Norma ISO-1171-1981).

*Análisis elemental*: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno.

- Determinación del *azufre total y formas de azufre* (Norma ISO-157).

- Determinación del *poder calorífico* (ASTM-2015-91).

- Pirólisis rock-eval, espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (IRTF), otros.

- **Otras propiedades tecnológicas** : plasticidad Gieseler (ASTM-D2639-90), hinchamiento al crisol (UNE-32005), densidad, abrasividad, molturabilidad entre otros.

La *materia mineral* contenida en los carbones puede ser analizada a partir de las cenizas obtenidas a alta y baja temperatura, mediante las técnicas de Fluorescencia de Rayos-X, Absorción Atómica y Difracción de Rayos-X.

## CAPITULO II. CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL DE LAS CUENCAS

### II.1. SITUACION GEOGRAFICA Y ACCESIBILIDAD A LAS DIFERENTES CUENCAS CON CARBON DEL PERU

Los yacimientos de carbón se han generado en determinadas cuencas continentales de tres eras geológicas (Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico) que presentaban condiciones particulares durante su deposición.

Su distribución actual ocupa determinadas franjas de la configuración morfológica general del territorio peruano.

El país ha sido dividido en unidades morfoestructurales definidas, orientadas en forma subparalela al borde continental (Fig.II.1).

- **Cordillera de la costa** se localiza próxima al borde continental y tiene un ancho de 10 a 15 km. El basamento es pre-Mesozoico en parte metamorfizado y cubierto parcialmente por sedimentos Mesozoicos y Cenozoicos. En el Departamento de Ica (Paracas) aflora carbones Paleozoicos (Mississippiense) encajonados en el Grupo Ambo.

- **Llanuras pre-andinas** distan unos 15 km del borde continental y puede alcanzar 100 km de ancho hasta los promontorios de la Cordillera Occidental. Geológicamente se trata de un graven relleno por sedimentos y materiales volcánicos Cenozoicos, especialmente al sur del país.

- **Cordillera Occidental** recorre a lo largo el país, conformando la divisoria de aguas del Pacífico y Atlántico. La franja sufrió un intenso magmatismo intrusivo durante las etapas de formación de los Andes, asimismo un vulcanismo Cenozoico que cubrió discordantemente a los sedimentos Mesozoicos intensamente plegados. Tiene de 10 a 100 km de ancho en el norte y 200 km en el sur del país. En esta cadena se localizan los picos más altos del país y presentan pendientes pronunciadas y valles transversales encañonadas. En las Formaciones Mesozoicas plegadas se localizan los yacimientos de carbón de las Formaciones Yura (Jurásico Superior), Oyón y Chimu (Cretácico Inferior).

- **Franja de volcanes activos** cubrió parcialmente a la Cordillera Occidental. Tiene unos 500 km de largo y 50 km de ancho delimitados desde Ayacucho hasta la frontera con Chile.

- **Franja interandina** corresponde a las altiplanicies y valles localizados entre la Cordillera Occidental y Oriental. En dicha franja afloran rocas

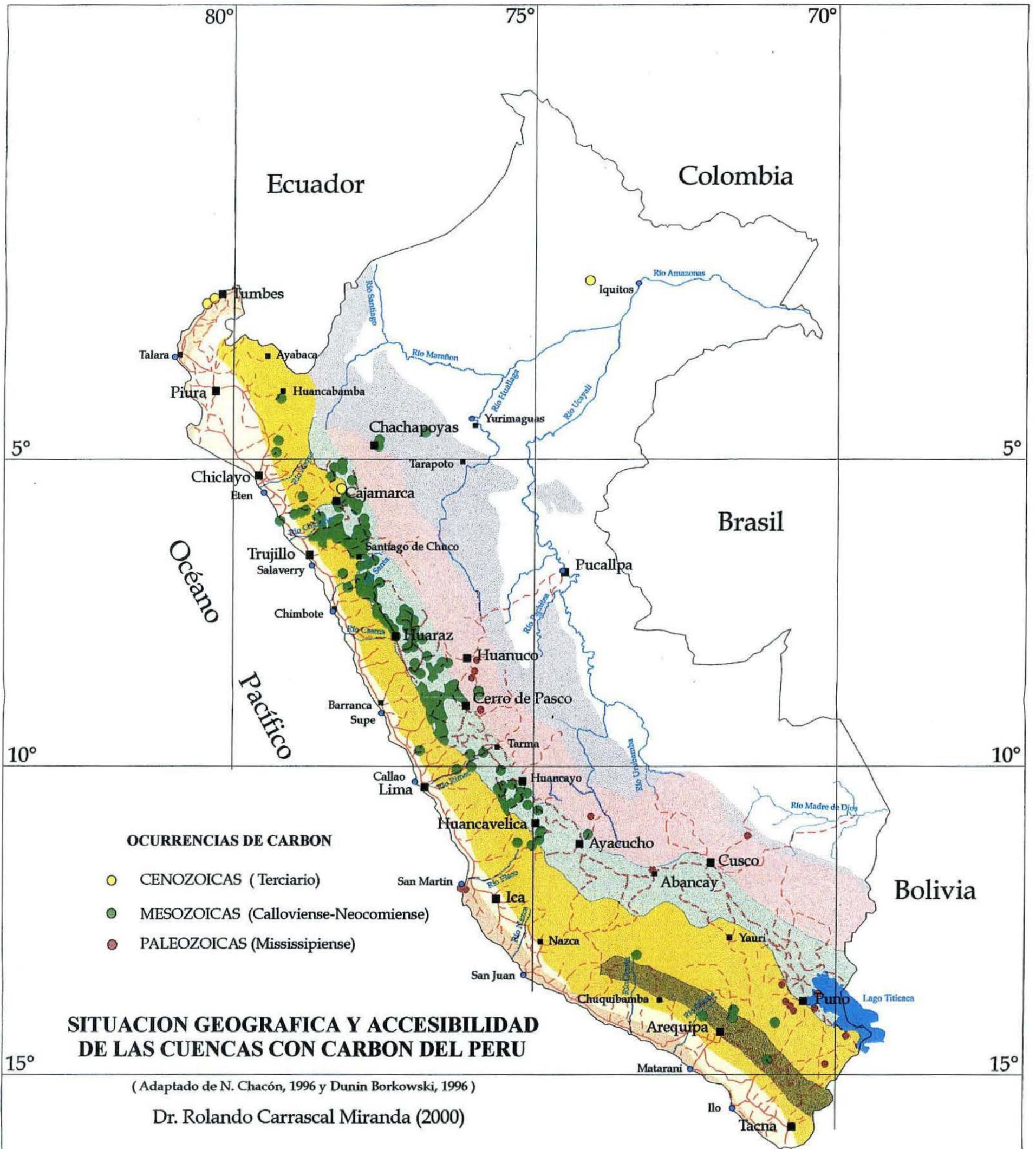


Fig. II.1

Mesozoicas plegadas con núcleos Paleozoicos en los anticlinales. El magmatismo fue menos intenso. Las rocas sedimentarias del Grupo Goyllarisquizga (Cretácico Inferior) contienen los yacimientos de carbón especialmente en la parte central del país.

- *Cordillera Oriental* menos pronunciada que la occidental. La geomorfología es accidentada con pendientes abruptas cortadas por los ríos que van a la hoya Amazónica. La mayor parte de los afloramientos rocosos son del Paleozoico o Precámbricos metamorfizados. Los afloramientos de carbón se encuentran encajonados en la Formación Ambo de edad Mississipiense en el centro (Huánuco, Pasco, Junin) y sur de esta cordillera (Puno).

- *Franja subandina* se localiza al este de la Cordillera Oriental. En las rocas Mesozoicas de ésta franja se sitúan afloramientos de carbón que probablemente corresponda a la cuenca del Grupo Oriente, la cual se encuentra poco explorada.

- *Llano Amazónico* es una planicie cubierto por sedimentos Cenozoicos y densa vegetación. En el noreste debajo del llano se localizan los lignitos de la Formación Pebas.

La localización geográfica y la accesibilidad a las diferentes cuencas con carbón del país se muestra en la Fig.II.1.

En la actualidad las vías de comunicación hacia las diferentes cuencas carboníferas, consisten principalmente de carreteras afirmadas, en algunos tramos asfaltados y caminos carrosables (Fig. II.1).

Los puertos de interés para la exportación de los carbones peruanos son : Eten, Salaverry, Chimbote, Supe, Callao, San Juan de Marcona, Matarani e Ilo (Fig. II.1).

## **II.2. LAS CUENCAS CON CARBON EN EL CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL DEL PERU.**

A lo largo de la extensa área de los andes Peruanos se localizan numerosas cuencas con carbón. Estas cuencas carboníferas, corresponden al Paleozoico Superior (Carbonífero), Jurásico Superior-Cretácico Inferior y Terciario.

### **CUENCAS PALEOZOICAS**

Se localizan en la Cordillera Oriental del Centro y Sur de Perú y están contenidas en las molasas del Grupo Ambo de edad Mississipiense (Newell et

al., 1953). También han sido citados yacimientos de carbón en pequeñas cuencas de la zona costera de Paracas (Fig.II.2).

Las reservas de carbón de éstas cuencas son reducidas, sus capas de carbón son delgadas y bastante discontinuas gradando lateralmente a lutitas carbonosas. En cuanto al rango, tradicionalmente éstos carbones han sido considerados como antracitas.

## CUENCAS MESOZOICAS

Los carbones de esta edad se originaron en las subcuencas de la denominada "Cuenca Oeste Peruana" durante los cortos periodos de emergencia que tuvieron lugar entre el Jurásico Superior y Cretácico Inferior (Dunín-Borkowski, 1981). El desarrollo de la "Cuenca Oeste Peruana" tuvo lugar de sur a norte por lo cual los carbones más antiguos se localizan en el sur (Zona de Carumas), en la Cuenca de Yura de edad Calloviense (Escudero, 1976) mientras que, los más jóvenes se localizan en el Norte de Perú, en la Formación Farrat de edad Aptiense (Petersen, 1975). Las capas de carbón de la Cuenca de Yura al sur del Perú son delgadas (menores de 1m), discontinuas y su potencial carbonoso es poco importante. Sin embargo, las cuencas carboníferas más interesantes se localizan en el Centro y Norte del País, en la denominada "Cuenca Oeste Peruana", aunque algunas cuencas con carbón del Centro del País están situadas en las depresiones locales cercanas al denominado "Geoanticlinal de Marañón". Las capas con carbón en estas cuencas se enmarcan en la Formación Oyón (Titoniense-Berriasiense) y en el denominado Grupo "Goyllarisquizga" (Valanginiense-Aptiense).

Las sucesiones estratigráficas son diferentes para la "Cuenca Oeste Peruana" y para el "Geoanticlinal de Marañón". Así, las facies occidentales de la cuenca son más potentes y están bien definidas (Wilson, 1963) y contienen los depósitos carboníferos potencialmente más importantes de Perú, emplazados en series estratigráficas productivas presentando numerosas capas de carbón paralelas entre si. Se localizan en las cuencas : Chiclayo, Cajamarca, Alto Chicama, Santa, Alto Pativilca y Oyón (Fig.II.2). Por el contrario, los escasos depósitos conocidos en las depresiones locales cerca del "Geoanticlinal de Marañón" aparecen aislados e irregulares (Petersen, 1975). Estas depresiones corresponden a las cuencas de Goyllarisquizga y Jatunhuasi (Fig.II.2).

El Grupo "Goyllarisquizga" de edad Cretácico Inferior está constituido por las Formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. Dentro de éste grupo las capas de carbón aparecen fundamentalmente en la Formación Chimú (Valanginiense Inferior) y en forma esporádica en las Formaciones Carhuaz y Farrat.

En general, los espesores de las capas de carbón varían de algunos centímetros a pocos metros. Los niveles de carbón aparecen agrupados en

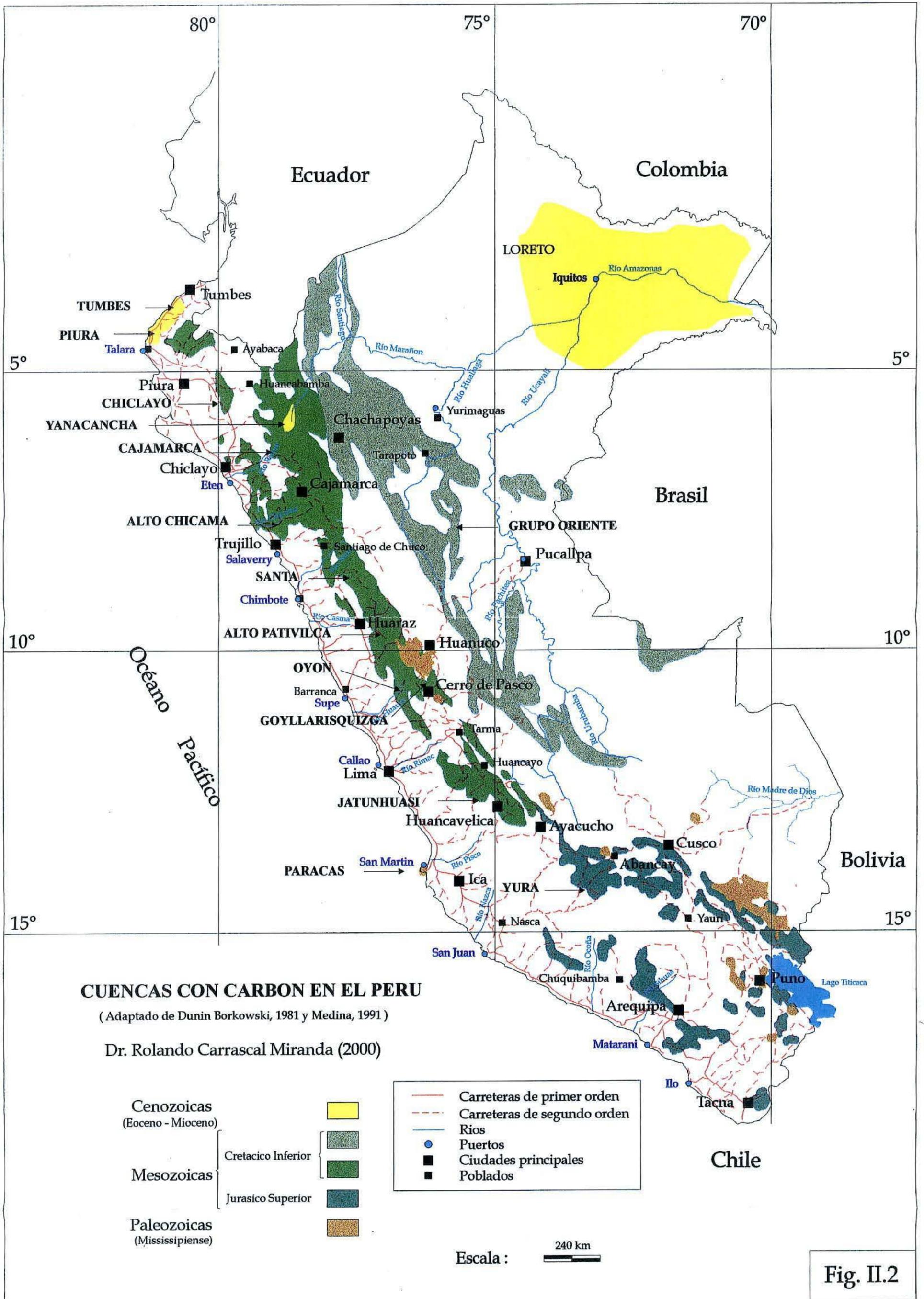


Fig. II.2

conjuntos que comprenden de 2 a 6 capas aunque excepcionalmente pueden abarcar hasta 10 niveles de carbón.

Las capas de carbón son más potentes y numerosas en aquellas zonas donde las Formaciones productivas tienen mayores espesores. En cuanto al rango, los carbones situados al borde occidental de los andes han alcanzado el rango de antracitas y meta-antracitas mientras que, los que se encuentran en el borde oriental son bituminosos (hullas).

### **CUENCAS CENOZOICAS**

Los carbones de esta edad se originaron en el denominado "Antepaís" y "Traspaís" (Dunin-Borkowski, 1981) de la cordillera andina principalmente durante el Terciario Medio-Superior, son de rango lignitos y sus reservas pueden considerarse como reducidas.

Las capas de carbón del "Antepaís" se encuentran en la Amazonia peruana (cuenca de Loreto) y lateralmente se prolongan hasta Colombia y Brasil (Fig.II.2). Estas capas de carbón se localizan en la Formación Pebas (Mioceno), son estrechas e impuras (Steinmann, 1930) y se encuentran poco deformadas.

Las capas de carbón del "Traspaís" se localizan en el extremo Noroeste de Perú en las cuencas de Tumbes y Piura. Las Formaciones productivas en la primera cuenca son las de Máncora (Oligoceno) y Zorritos (Mioceno). Las capas de carbón de las cuencas intramontañosas como de Yanacancha (Terciario Inferior-Medio) son de espesores más reducidos y potencialmente menos importante.

## **CAPITULO III. CARACTERISTICAS DE LAS CUENCAS CON CARBON**

### **III.1. LAS CUENCAS PALEOZOICAS**

#### **III.1.1. DISTRIBUCION DE LAS CUENCAS PALEOZOICAS**

Los carbones Paleozoicos corresponden al Mississipiense, localizados mayormente en el Grupo Ambo. Los afloramientos mejor expuestos de este Grupo están distribuidos desde el Pachitea hasta el Lago Titicaca (Fig.III.1.1).

#### **III.1.2. SINTESIS GEOLOGICA**

En general, las rocas que contienen las capas carbonosas son de edad Paleozoica Superior donde la formación productiva lo constituye el Grupo Ambo de edad Mississipiense.

Los afloramientos del Grupo Ambo reportados en la zona de la costa : Paracas, Ocoña, Islas San Galán, Ballestas y Chincha. En el centro : Sartimbamba (Wilson y Reyes, 1964), Tayabamba y Pomabamba (Wilson et al; 1967) y en el valle de Tarma (Megard, 1979). En el Sureste de la Cordillera Oriental, al noreste del Lago Titicaca entre Juliaca y Lampa (Laubacher, 1978), en el valle de Vilcanota y en los alrededores de Sicuani (Audebaud, 1973).

El Grupo Ambo se considera de origen continental y contiene numerosos restos de macroflora.

#### **III.1.3. LAS FORMACIONES Y SERIES CON CAPAS DE CARBON**

La Formación productiva conteniendo capas de carbón corresponde al denominado Grupo Ambo el cual esta constituida por la alternancia de areniscas, grauwacas, conglomerados, pizarras carbonosas y delgadas capas de carbón.

En general, el numero de capas de carbón es restringido. Sin embargo, en la península de Paracas (Lagunillas) en una serie estratigráfica de unos 150 m de espesor del Grupo Ambo se han identificado 8 horizontes con carbón presentando un rumbo general de N20°-30°E y buzamientos de 30° al SE (Fig.III.1.2)(Rassmuss J, 1926).

Globalmente, las capas de carbón de edad Paleozoica (Mississipiense) son delgadas, con contenidos elevados en cenizas, de carácter lenticular y esporádicos, mostrando una importancia económica muy limitada.

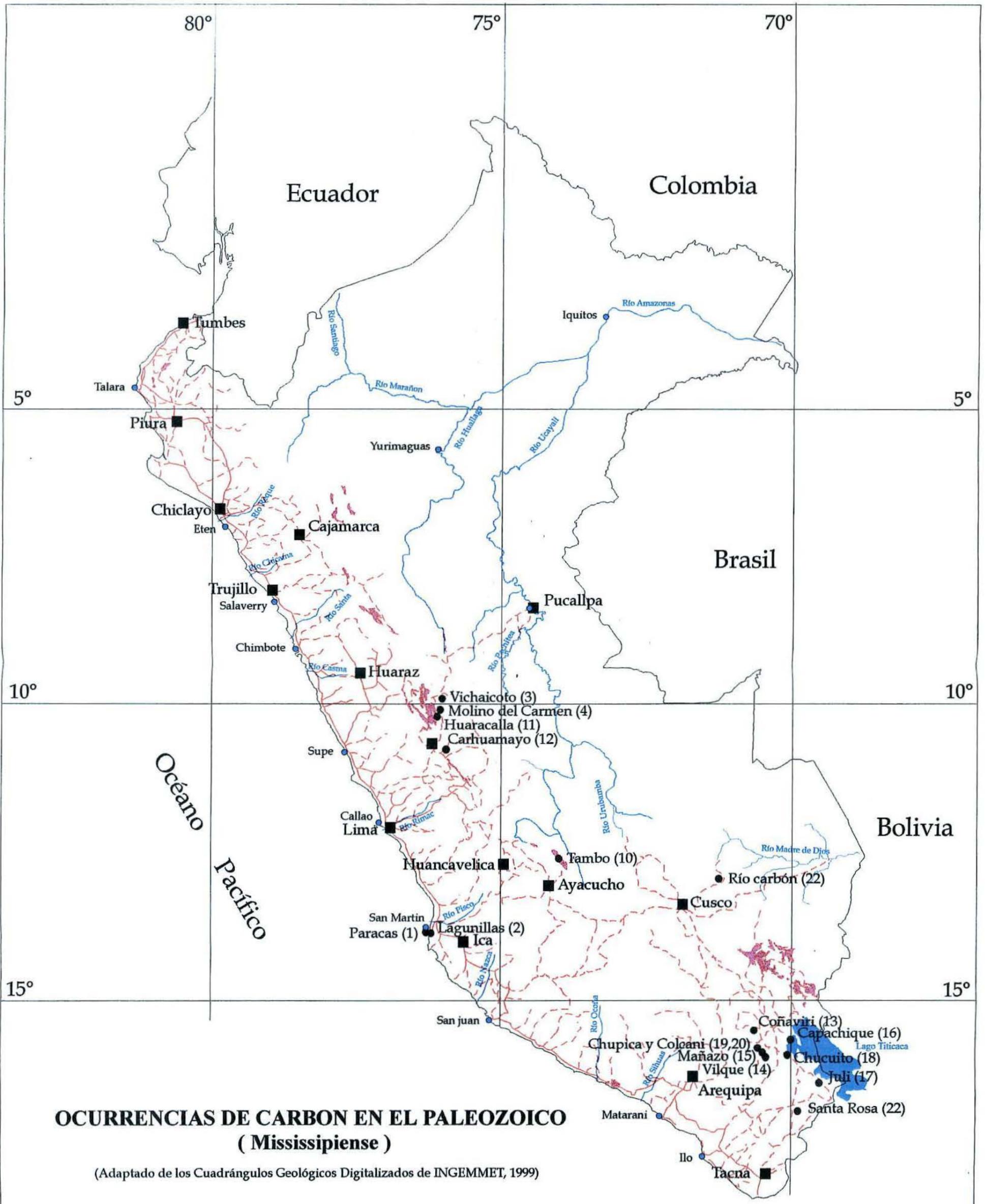


Fig. III.1.1

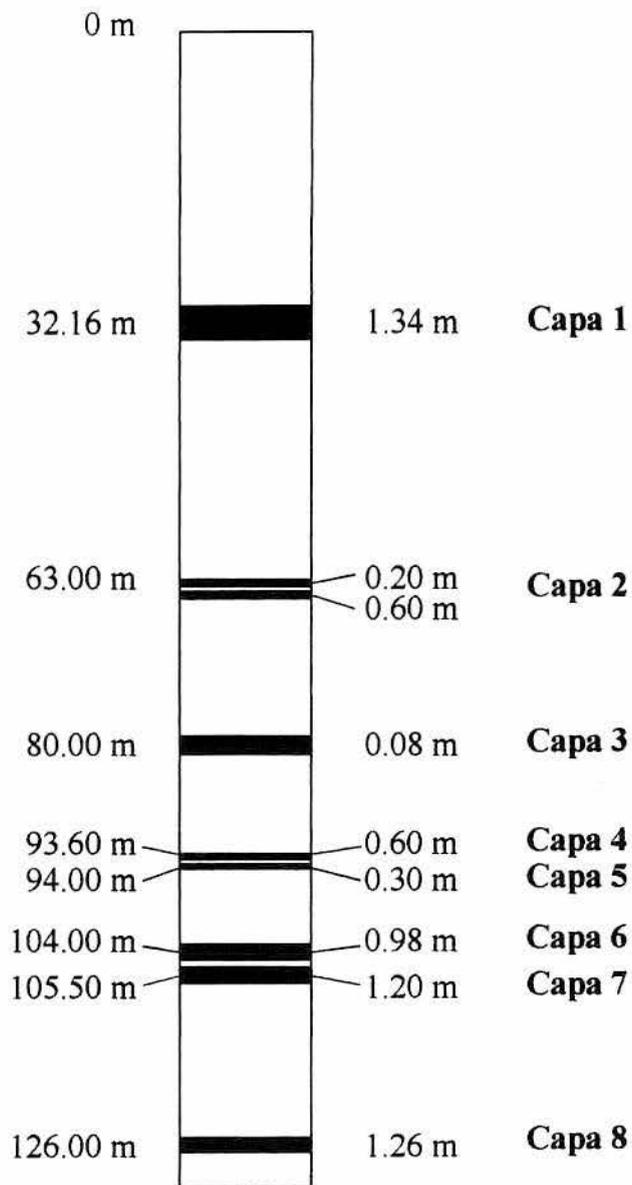


Fig.III.1.2. Sección estratigráfica del Grupo Ambo en Paracas, conteniendo capas de carbón (Interpretación de un sondaje adaptado de Rassmuss, 1926).

Hay que señalar que también se reporta capas delgadas de carbón localizadas en la Formación Copacabana (Pérmico) aunque son muy esporádicas.

### **III.1.4. PRINCIPALES OCURRENCIAS DE CARBON**

#### **CORDILLERA DE LA COSTA : PARACAS**

En la península de Paracas (Fig.III.1.1) afloran pizarras y areniscas con abundante flora del Carbonífero, asimismo en Punta Caballo en la desembocadura del Río Grande (Nazca).

El bloque Carbonífero de Lagunillas donde se localiza una pequeña mina tiene unos 2 km<sup>2</sup> limitado al Oeste por la falla de Arquillo. Los afloramientos Paleozoicos están cubiertas por series Terciarias (Miocénicas) con rumbo general N 20°-30° E y buzamientos de 20°-25° SE (Rasmuss J, 1926).

Las capas de carbón desde pocos centímetros hasta 1,34 m de espesor, han sido reconocidos mediante 2 labores subterráneas de 146 y 81 m respectivamente, presentando un rumbo general de N 20-30° E y buzamientos de 30° SE.

Una perforación diamantina de 147 m realizada en la entrada de una de las labores subterráneas (según Schroth, 1931) permitió identificar 8 niveles carbonosos (Fig.III.1.2) localizados en el Grupo Ambo.

#### **CORDILLERA ORIENTAL**

##### **HUANUCO-PASCO-JUNIN**

En la Cordillera Oriental en la localidad de Huaracalla, provincia de Ambo esporádicamente afloran capas de carbón de 30 a 50 cm de espesor, intercaladas con lutitas bituminosas y areniscas marrón a verdosas correspondientes al Grupo Ambo de edad Mississipiense.

Entre Huánuco y Cerro de Pasco afloran capas de carbón como en Vichaicoto (Steinmann, 1911) y en Molino del Carmen-Ambo (Fig.III.1.1) (Lissón, 1925, 1931). Asimismo, en Cochacalla, Era Nueva, Pamparcón, Cutama, Cumbe y Ambo (Broggi, 1927).

Al Sureste de Cerro de Pasco y cerca de Carhuamayo afloran capas de carbón de edad Mississipiense (Broggi, 1927; Newell, 1953).

Todos los carbones son impuros conteniendo cenizas mayores al 50 % y son de rango antracítico (Broggi, 1927).

## **APURIMAC-AYACUCHO**

La escasa información señala que se ha reconocido una capa de carbón de 0,5 a 1 m de espesor, probablemente dentro del Grupo Copacabana de edad Pérmico, localizada en la carretera entre Abancay-Huanipaca (Marocco, 1975).

En Tambo se mencionan afloramientos de carbón probablemente del Paleozoico Superior (Steinmann, 1930) aunque existen dudas sobre su edad (Urbina, 1891).

## **PUNO**

Dentro del Grupo Ambo se reportan capas de carbón con potencias reducidas (inferiores a 0,40 m de espesor), desconociéndose el número de capas (Málaga Santolalla, 1921). El rango de los carbones son bituminosos a antracíticos (Paz, et al; 1986).

Las áreas reportadas con afloramientos de carbón son : Coñaviri (Lampa), Vilque, Mañazo y Capachique en (Puno), Juli y Chucuito en la provincia de Chucuito (Fig.III.1.1)(Paz et al; 1986).

En el Distrito de Nicasio (Lampa) se reporta una capa de carbón delgada, impura y piritosa (Torres Vargas, 1943).

En las cercanías del lago Titicaca también se señalan capas de carbón, como en Chupica y Colcani donde la capa alcanza 0,34 m de espesor y se encuentra encajonada dentro de margas abigarradas. Según (Steiman, 1930) correspondería a un lignito.

Los niveles con carbón de Capachique y Vilque parecen corresponder a esquistos carbonosos (Steinmann, 1930).

## **MADRE DE DIOS**

En el río Carbón afluente de la margen derecha del río Madre de Dios (Fig.III.1.1) afloran capas de carbón cuyo rango varía de hulla a lignito (Torres Vargas, 1943).

### **III.1.5. CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS Y GEOQUIMICAS**

La información referente a las técnicas de muestreo empleadas en la toma de muestra para los análisis de los carbones Paleozoicos es muy escaso. Para el caso de los carbones de Paracas, el tipo de muestreo señalado corresponde a testigos de perforación.

En los otros casos parece corresponder a muestreos de carácter puntual, dado que los carbones Paleozoicos han sido poco estudiados en forma sistemática.

En general, se tienen esporádicos datos sobre las características petrográficas y geoquímicas de los carbones Paleozoicos.

### **CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS**

Globalmente, los carbones de esta edad son bandeados presentando intercalaciones pizarrosas y en algunos casos se señalan la presencia de pirita.

Los carbones de la zona de Paracas son muy quebradizos y pizarrosos. Presentan intercalaciones de pizarras como en el caso de la capa 2 y pirita en la capa 5.

### **CARACTERISTICAS GEOQUIMICAS**

Los resultados de los análisis inmediatos (según Rassmuss J; Schroth; Rivera Plaza, 1931) realizados para las capas de carbón de la zona de Paracas se dan en la Tabla III.1.1. Sólo la capa 7 presenta características coquificables (Rivera Plaza, 1931).

Los carbones procedentes de Huánuco-Pasco-Junín, tienen contenidos elevados en cenizas siendo mayores al 50 % (Broggi J. 1927).

Los carbones de Puno (Lampa) son impuros y piritosos (Torres Vargas, 1943). El carbón de Coñaviri tiene un poder calorífico de 3 450 a 6 000 Kcal/kg y altos contenidos en cenizas (Steinmann, 1930).

### **III.1.6. TIPO, ORIGEN Y AMBIENTE DEPOSICIONAL DE LOS CARBONES**

Los carbones Paleozoicos son de tipo húmico, de origen autóctono y alóctono los cuales se habrían generado en cuencas de carácter límnicas (Steinmann, 1930).

Los afloramientos del Grupo Ambo donde se han reportado la presencia de restos de macroflora son la zona costera de Paracas, la Cordillera Oriental del centro del país (Carhuamayo), el sector noreste del lago Titicaca, el valle de Vilcanota y en los alrededores de Sicuani.

<b>Profundidad</b> (m)	<b>Capa</b>	<b>Espesor</b> (m)	<b>Hu</b> (%)	<b>Cenizas</b> (%)	<b>M.V.</b> (%)	<b>C. Fijo</b> (%)	<b>P.C.</b> (Kcal/Kg)	<b>Azufre</b> (%)	<b>Referencias</b>
32,16	1	1,34		56,00					Schroth (1931?)
63,00	2	1,00		27,00	21,00	50,00			
80,00	3	0,08							
93,60	4	0,60	0,53	25,32	20,95	53,20	6 457		
94,00	5	0,30	0,35	19,48	21,55	58,62	6 983		Rivera Plaza (1931?)
104,00	6	0,98		19,00	22,00	60,00			
105,50	7	1,20	0,65	18,79	19,25	61,31	7 029		Schroth (1931?)
126,00	8	1,26		17,00	21,00	60,00		1,30	

Tabla III.1.1. Resultados de los análisis químicos de los carbones de la zona de Paracas.

De los restos más antiguos de la macroflora registradas en el Grupo Ambo (Mississippiense) sólo han sido estudiados los procedentes de Paracas y Carhuamayo (Vera Alleman, 1985). Las especies comunes son: *Cyclostigma pacífica*, *Rhacopteris* cf. *circulares*, *Rhacopteris ovata*, *Triphyllopteris collombiana* y *Tryphyllopteris peruviana*.

La macroflora de Carhuamayo (Junín) indican climas más fríos que en Paracas (Vera Alleman, 1985).

Esta macroflora de restos vegetales superiores está relacionado con las capas de carbón encajonada en el Grupo Ambo, lo cual sugiere un origen continental con presencia de remanentes de plantas de origen autóctono y alóctono.

En general, los diferentes autores que han estudiado el Grupo Ambo están de acuerdo que dicho grupo se depositó en un ambiente continental.

### **III.1.7. GRADO DE EVOLUCION Y DISTRIBUCION DEL RANGO**

Las pocas referencias sobre el rango de los carbones Paleozoicos, difieren de una localidad a otra, debido a los afloramientos restringidos y escasos estudios realizados.

Así, los carbones son de rango antracíticos (Huánuco, Cerro de Pasco y Puno), bituminosos (Madre de Dios y Puno), subbituminosos (Paracas) y lignitos (Madre de Dios y Lago Titicaca).

## **III.2. LAS CUENCAS MESOZOICAS**

### **III. 2.1. DISTRIBUCION DE LAS CUENCAS MESOZOICAS**

A continuación se describen sucintamente las principales cuencas con ocurrencias de carbón.

#### **III.2.1.1. CUENCA DE YURA**

##### **III.2.1.1.1. SINTESIS GEOLOGICA**

La cuenca de Yura situada en el sur del Perú, era alargada en dirección andina, donde al suroeste se localizaba el arco volcánico Chocolate. En las tierras emergidas vecinas, hubo una intensa erosión y abundante vegetación, como lo atestiguan grandes volúmenes de sedimentos terrígenos y abundantes impresiones de plantas continentales que al parecer fueron arrastrados al mar (Dunin Borkowski, 1985).

En la región de Arequipa el Grupo Yura de edad Calloviense-Neocomiense se divide en 5 Formaciones: Puente, Cachios, Labra, Gramadal y Hualhuani (Benavides, 1962; Guevara, 1969).

En otras regiones del sur de Perú han sido divididas en diferentes Formaciones equivalentes, así en Apurímac : Piste, Chuquibambilla y Soraya (Pecho, 1981), en Tacna : Ataspaca y Chachacumene (Wilson et al; 1962; Mendivil, 1966).

##### **III.2.1.1.2. LAS FORMACIONES Y SERIES CON CAPAS DE CARBON**

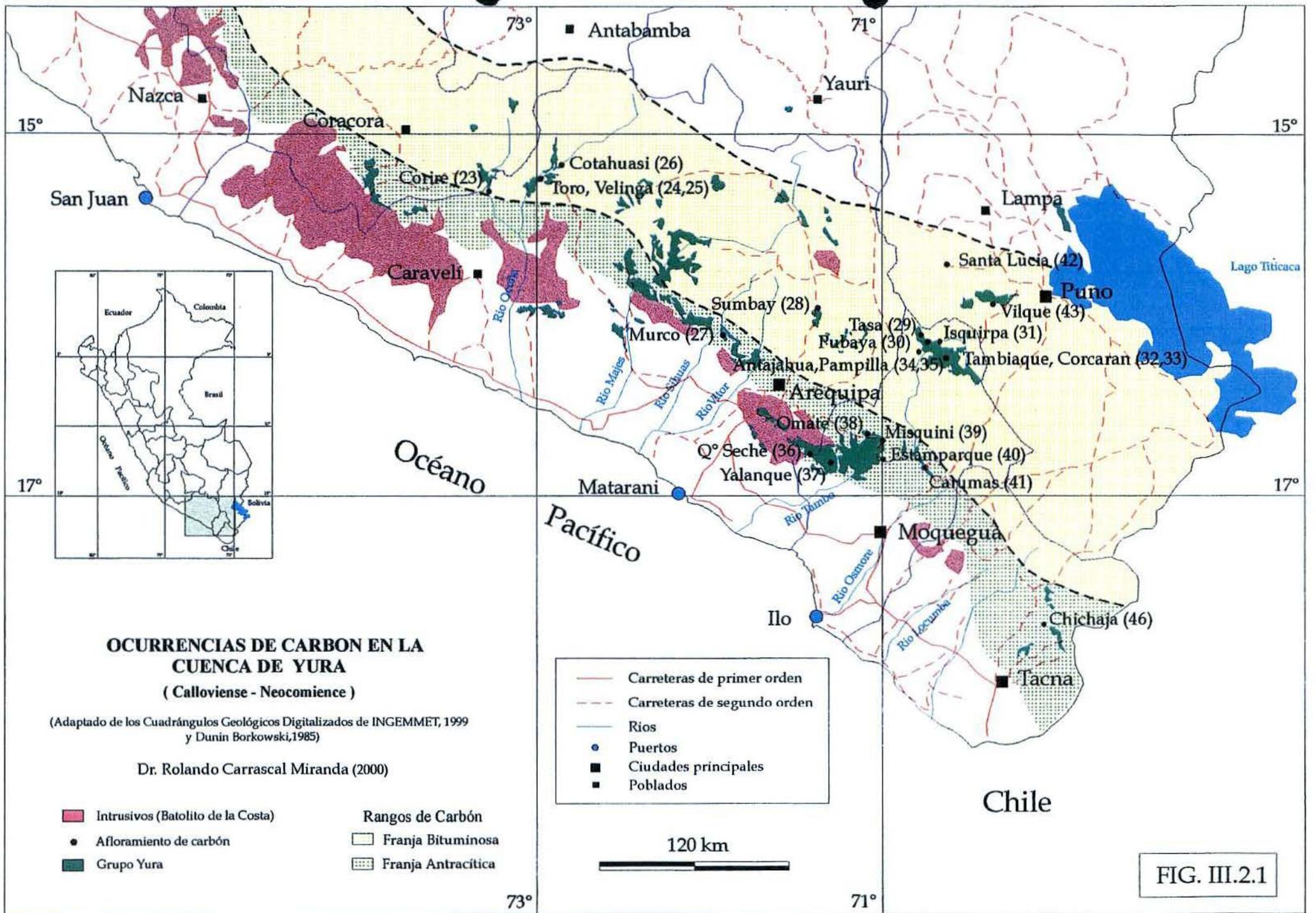
Las Formaciones productivas con capas de carbón corresponden a las Formaciones Labra, Gramadal y Hualhuani en los alrededores de Arequipa o en sus equivalentes localizados en otros sectores del sur de Perú (Dunin-Borkowski, 1985).

En general, las ocurrencias de carbón dentro del Grupo Yura, se han representado en la Fig. III.2.1.

#### **FORMACION LABRA**

El yacimiento de carbón de Murco localizado a 1.5 km de esta localidad se sitúa en esta Formación (Vargas, 1979).

El equivalente estratigráfico de esta Formación es el denominado Grupo Lagunillas, que en su unidad inferior presenta capas de carbón intercaladas en lutitas negras y areniscas sucias, aflorantes a lo largo del río Tambo: Antajahua, Pubaya, Pampillas y Tasa, en Ichuña (Marocco et al, 1966; Vicente, 1981).



La Formación Chuquibambilla que aflora en Apurímac, también contiene materia carbonosa que de acuerdo a su posición estratigráfica y características litológicas puede correlacionarse con la Formación Labra (Pecho, 1981). Asimismo, en el área de Chocollo y al sureste de Anyo se presenta lutitas negras conteniendo capas delgadas de materia carbonosa (Pecho, 1981).

### **FORMACION GRAMADAL**

Se mencionan carbones en las Formaciones equivalentes a esta Formación. Así, en la Formación Querupalca aflorante cerca de Majes entre las areniscas sucias y lutitas carbonosas se presentan capas de carbón. Loza (1984) menciona que la Formación Omate constituye la serie estratigráfica más promisoría para la búsqueda de carbón.

### **FORMACION HUALHUANI**

La posición estratigráfica de los carbones de la zona de Carumas localizadas en la quebradas de Omaye y Saclaque es controvertida. Según los datos de Torres Vargas (1948) el Carumas inferior compuesta por lutitas y areniscas podría corresponder a la Formación Labra. Sin embargo, Loza (1984) incluye los carbones de Carumas en la Formación Hualhuani.

### **CARACTERISTICAS DE LAS CAPAS DE CARBON**

La información existente sobre los depósitos carboníferos del Grupo Yura es muy puntual. La mayor parte de los afloramientos conocidos tiene una extensión limitada, con espesores reducidos ( $< 1\text{m}$ ) y de carácter lenticular.

Los espesores de las capas de carbón normalmente oscilan de 0,05-0,5 m sin embargo, se han reportado espesores mayores.

En Carumas la serie de 3 capas de carbón son de 0,5-1,0 m de espesor y excepcionalmente alcanza 2,20 m siendo de gran longitud (Torres Vargas, 1948).

En Ichuña (Pubaya y Tassa) afloran 3 capas delgadas  $< 1\text{m}$  (Málaga Santolalla, 1920; Marocco et al; 1966).

En Omate también se han reportado capas mayores a 1 m asimismo, al noroeste de Arequipa.

En Murco las 2 capas de carbón son también delgadas ( $< 0,5\text{m}$ ) según Kilsgaard, (1955)(en Benavides, 1962).

En general, en algunas áreas de los afloramientos del Grupo Yura aparecen una serie de capas delgadas de carbón distribuidas en forma paralela a la estratificación (Adriazola, 1985).

### **III.2.1.1.3. CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS Y GEOQUIMICAS**

No se tiene información referente a la técnica de muestreo de los carbones, se interpreta que son puntuales y en otros casos compósitos.

#### **CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS**

De acuerdo a la escasa información disponible se interpreta que los carbones presentan un carácter bandeado siendo de tipo húmico.

Asimismo, se indica que el rango alcanzado corresponden a carbones bituminosos y antracíticos.

#### **CARACTERISTICAS GEOQUIMICAS**

La información sobre las características químicas de los carbones de esta cuenca son escasas y puntuales. Los contenidos en materias volátiles varían de 9-38 % y el carbono fijo de 54-83 % mientras que, los contenidos en cenizas son relativamente bajos (< 15 %) (Tabla III.2.1).

Para el caso de los carbones procedentes de Murco se indica que las pruebas de coquización realizadas para los carbones bituminosos dieron un coque de buena calidad (Bennett, 1955).

### **III.2.1.1.4. TIPO, ORIGEN Y AMBIENTE DEPOSICIONAL DE LOS CARBONES**

Es muy probable que el Grupo Yura se depositó cerca a la orilla del mar, formándose el carbón en las planicies costaneras subsidentes que periódicamente quedaban sumergidas bajo el nivel del mar y luego lograban emerger debido al relleno sedimentario (Dunin-Borkowski, 1985). La génesis señalada es típica para carbones parálcos que frecuentemente alcanzan una gran extensión y son relativamente limpios.

Los carbones de Ichuña que se encuentra en ciertos lugares formando pequeñas intercalaciones probablemente tengan un origen alóctono, debido a la ausencia de suelos fósiles y al mal estado de conservación de los restos vegetales contenidos en el carbón (Marocco et al; 1966), teniendo en cuenta que en ciertas épocas las corrientes han transportado restos vegetales que los depositaban sobre los fondos marinos o en lagunas costaneras.

ZONAS	Cenizas (%)	M.V. (%)	C. Fijo (%)	S (%)	P.C. (Kcal/Kg)	Rango	Referencias
Murco	15,3	27,0	57,7	3,56	7 350	Bituminoso	(Bennet, 1955/Kilsgaard, 1959)
Carumas	3,0	38,0	54,0			Bituminoso	(Torres Vargas, 1948)
	5,0	9,0	83,0			Semi-antracita	
	5,0	20,0	70,0			Bituminoso	

Tabla III.2.1. Análisis químicos de algunos carbones de la cuenca de Yura.

### **III.2.1.1.5. GRADO DE EVOLUCION Y DISTRIBUCION DEL RANGO**

La información referente al grado de evolución de los carbones de esta cuenca es muy escasa. Sin embargo, de acuerdo a los datos de algunos análisis químicos se interpreta que han alcanzado el rango de bituminosos, semi-antracitas y antracitas.

Con la información disponible no es posible determinar la distribución del rango a nivel de cuenca. De acuerdo a la geología regional se observa que los carbones de rango antracítico se localizan hacia el sector oeste de esta cuenca donde afloran rocas intrusivas del Batolito de la Costa y los de rango bituminoso hacia el este (Fig.III.2.1).

### **III.2.1.2. CUENCA DE OYON**

#### **III.2.1.2.1. SINTESIS GEOLOGICA**

En la cuenca de Oyón afloran las Formaciones clásticas del Cretácico Inferior (Oyón, Chimu, Santa, Carhuaz y Farrat) y calcáreas del Cretácico Superior (Pariahuanca, Chulec, Pariatambo, Jumasha y Celendin). La serie se encuentra plegada y cubierta discordantemente por el Grupo Calipuy (Terciario Inferior-Medio).

La cuenca de Oyón presenta los sectores de : Gazuna, Pampahuay, Cochaquillo, Parquín, y Cayash. Asimismo, se incluyen los sectores de Checras y Vichaycocha.

#### **III.2.1.2.2. LAS FORMACIONES Y SERIES CON CAPAS DE CARBON**

La cuenca de Oyón presenta una serie productiva con capas de carbón localizada en la Formación Oyón (400-500 m de espesor) de edad Berriasense. Esta serie productiva de unos 250 m de espesor corresponde a la parte media-superior de la Formación Oyón. Se encuentra fuertemente plegada y contiene 9 niveles carbonosos, de los cuales destacan 5 de carácter lenticular, con espesores medios variables y que se intercalan con lutitas negras y areniscas.

#### **SECTOR DE GAZUNA**

El sector de Gazuna se sitúa en el extremo noroeste de la cuenca carbonífera de Oyón, en la quebrada de Yavi y en la margen izquierda del río Ushpa, a una altitud comprendida entre 3 900 y 4 200 m.s.n.m. (Fig.III.2.2.).

La estructura principal que controla la posición de las capas de carbón corresponde al anticlinal volcado de Yavi que tiene una orientación general N-S, cuyo núcleo está constituido por los sedimentos de la Formación Oyón (Fig.III.2.2).

En este sector aflora una serie de 270 m de espesor correspondiente a la parte media y superior de la Formación Oyón. La serie esta constituida por areniscas de color blanco a pardo, poco consolidadas intercaladas con lutitas grises oscuras y con capas carbonosas. En ella, se localizan de 9 a 11 capas de carbón (Fig.III.2.3) cuyos espesores medios oscilan entre 0,8 y 2,5 m aunque, excepcionalmente pueden alcanzar hasta 10 m como es el caso de la capa Poderosa.

Las capas de carbón tienen un rumbo general N10°E y buzamientos de 20°-50°E, son de carácter lenticular y afloran a lo largo de 2,5 km prolongándose

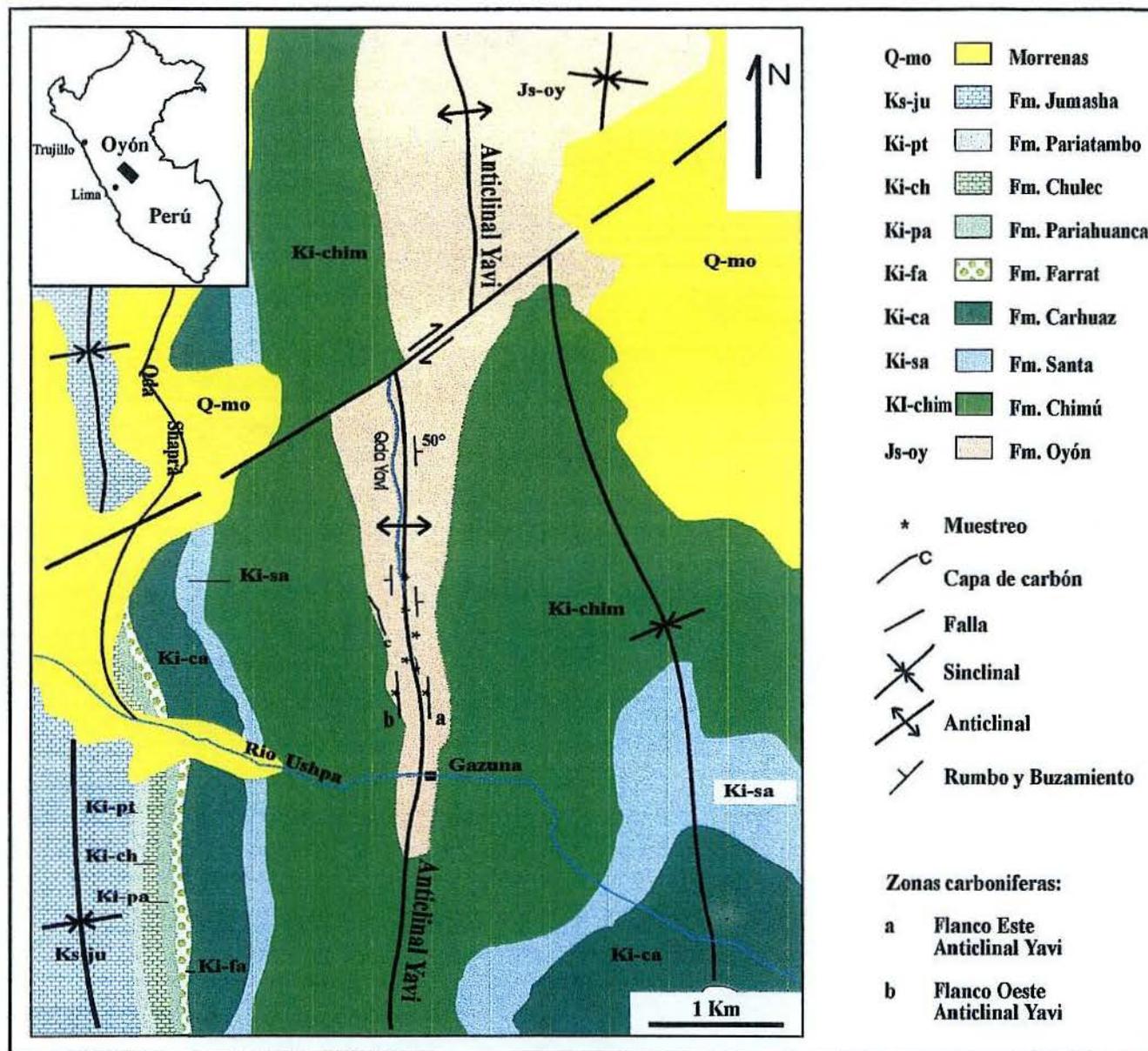


Fig. III.2.2. Mapa Geológico simplificado del sector de Gazuna en la cuenca de Oyón. (Adaptado de Cobbing, 1973).

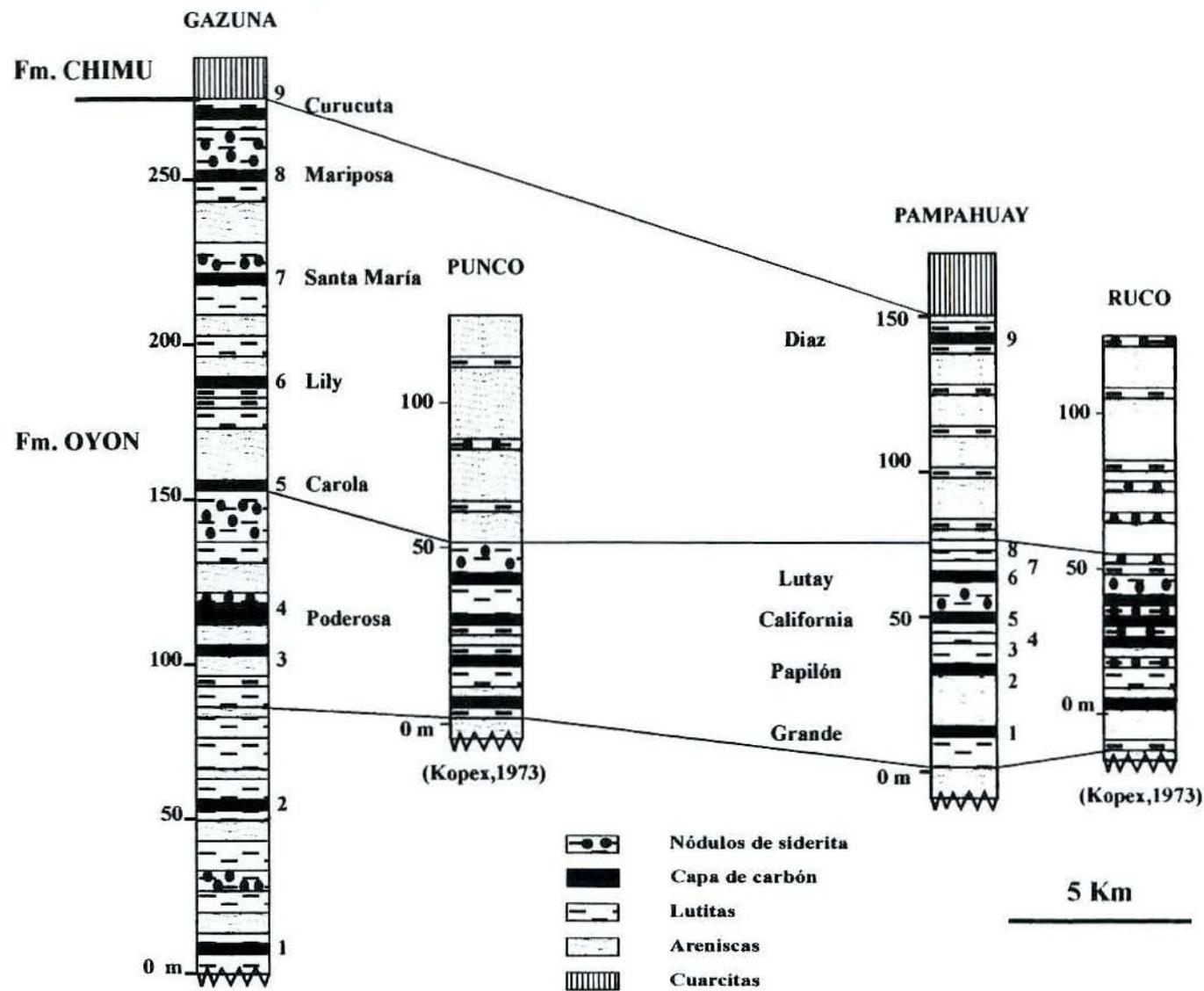


Fig. III.2.3. Correlación regional de las capas de carbón entre el sector de Gazuna y Pampahuay, en la cuenca de Oyón. (Carrascal, 1996).

hacia el norte de este sector. Del conjunto total de capas, destacan 6 denominadas: Poderosa, Carola, Lily, Santa María, Mariposa y Curucuta, por su continuidad lateral importante y mayor espesor (Fig.III.2.3).

## **SECTOR DE PAMPAHUAY**

Este sector se localiza en la parte central de la cuenca de Oyón, situado entre el río Patón (norte) y la quebrada Ruco (sur), en la margen derecha del río Pampahuay (Fig.III.2.4).

El sector de Pampahuay constituye uno de los sectores más explorados de la Cuenca de Oyón, como consecuencia del interés en los carbones bituminosos.

Se divide en 5 zonas: Chilinka, Pampahuay, Mishuya, Siglo Nuevo y Sitacocha (Fig.III.2.4).

Estas zonas carboníferas se localizan igualmente en la Formación Oyón que aflora en el núcleo del anticlinal de Pampahuay (Lámina 1) de orientación general NO-SE. Las capas de carbón aparecen en los flancos del anticlinal y se hallan fuertemente disturbadas por el intenso tectonismo que han sufrido (Fig.III.2.4). Esto hace además, que presenten fuertes ensanchamientos y adelgazamientos en sus espesores y no afloren todas las capas carbonosas en las zonas anteriormente mencionadas.

La serie estratigráfica de la Formación Oyón para el sector de Pampahuay alcanza 150 m de espesor de los cuales los primeros 70 m corresponden a la parte media de la Formación, que esta constituida por lutitas intercaladas con areniscas grises y capas de carbón constituyendo la "serie productiva" de este sector (Fig.III.2.3).

El rasgo más característico de esta serie es la frecuente presencia de nódulos de siderita (esferosideritas) distribuidas en el interior de las capas de lutitas. La "serie productiva" presenta 9 niveles carbonosos de los cuales destacan 4 capas denominadas: Grande, Papillón, California y Lutay (Fig.III.2.3). Estas capas tienen un rumbo general de N45°-60°O y buzamientos de 30°-45°NE, con 0,8 a 3 m de espesor, son de carácter lenticular, gradan lateralmente a lutitas carbonosas y se extienden a lo largo de 3 km de longitud.

La parte superior de la Formación Oyón alcanza 80 m y está constituida por areniscas grises intercaladas con lutitas que contienen esporádicamente nódulos de siderita. Los bancos de areniscas, débilmente cementadas, son estratocrecientes y gradan a areniscas cuarzosas más compactas de la base de la Formación Chimú. Al techo de la parte superior de la Formación Oyón se localiza una única capa de carbón conocida como capa Díaz. Por otro lado, Kopex-Minero Perú (1973) menciona para este sector 12 niveles carbonosos, de los cuales 5 son los más definidos y corresponden a las capas: Grande, Papillón, California, Lutay y Díaz (Fig.III.2.3).

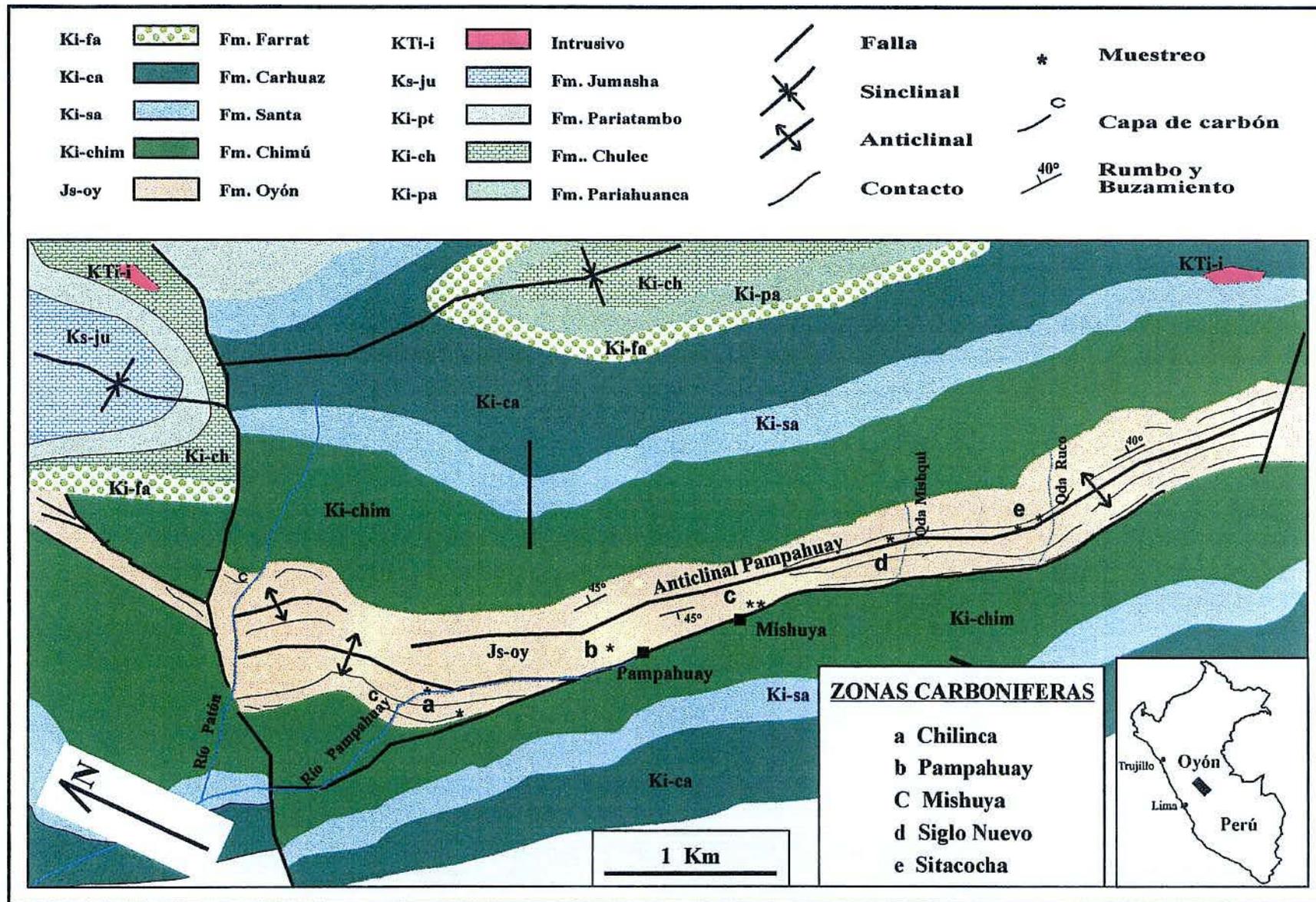
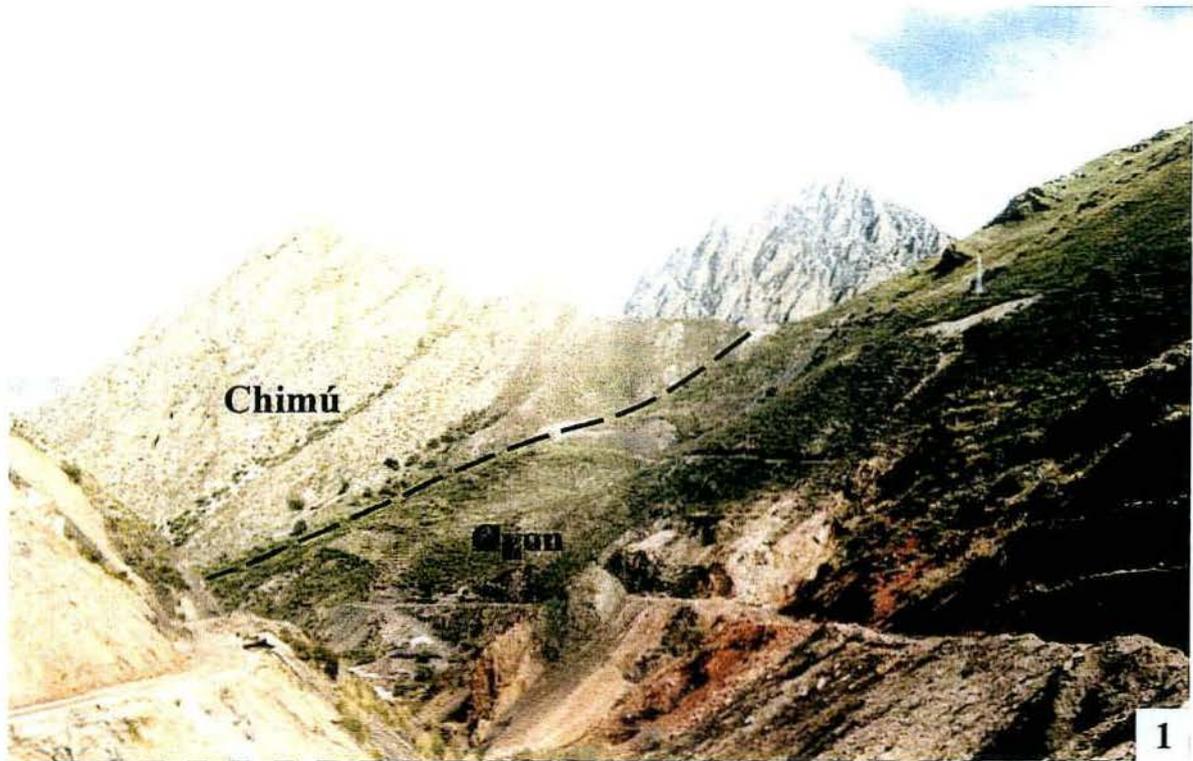


Fig. III.2.4. Mapa Geológico simplificado del sector de Pampahuay en la cuenca de Oyón.  
(Adaptado de Kopex-Minero Perú, 1973).



*Cuenca de Oyón*

1. Vista panorámica de la Formación Oyón conteniendo capas de carbón, formando el núcleo del anticlinal de Pampahuay. RC/2000.
2. Pliegues anticlinales y sinclinales secundarios que afectan a las capas de carbón formando parte del anticlinal de Pampahuay. Zona de Chilínca. RC/2000.

## **CORRELACION REGIONAL DE LAS CAPAS DE CARBON ENTRE GAZUNA Y PAMPAHUAY**

Considerando las diferentes secciones estratigráficas de la parte media y superior de la Formación Oyón y la información obtenida por Kopex-Minero Perú (1973) se ha correlacionado los principales niveles carbonosos entre estos dos sectores (Fig.III.2.3).

Aunque no todos los niveles pueden identificarse y seguirse a lo largo de los diferentes sectores debido a problemas de acuñaamiento así, como el fuerte tectonismo sufrido, si han podido identificarse las capas California/Poderosa y Díaz/Curucuta (Fig.III.2.3) por su continuidad lateral, espesor y presencia de nódulos de siderita en las lutitas del techo. Las demás capas han sido correlacionadas sólo en base a su posición estratigráfica en la serie.

### **SECTOR DE COCHAQUILLO**

Se sitúa en el extremo norte del sector sureste de Oyón y corresponde a la prolongación del sector central de la cuenca. Geológicamente constituye la prolongación del sector de Pampahuay. Las Formaciones Oyón y Chimu se encuentran fuertemente distorsionados por fallas y cabalgamientos regionales. Se han identificado de 2 a 3 capas de carbón interestratificadas en lutitas negras. Las capas tienen de 1 a 2 m de espesor y aflora a lo largo de unos 600 m.

### **SECTOR DE CUTA-CAYASH**

Geográficamente la zona de Cuta se localiza en el sector sureste de la cuenca de Oyón. Geológicamente se emplaza en el flanco oeste de un anticlinal de orientación NO-SE. Presenta capas de 1 m de espesor en la Formación Oyón.

La zona de Cayash corresponde al sector oeste de la cuenca. Las capas de carbón presentan un rumbo NO-SE y buzamientos de 70°NE, localizadas en el flanco este de un anticlinal.

En general, estos dos sectores han sido muy poco explorados.

### **SECTOR DE PARQUIN**

El sector de Parquín se sitúa en el extremo sur de la cuenca de Oyón, y en los alrededores del caserío de Parquín aflora la Formación Oyón formando el núcleo de un anticlinal. En esta Formación se presentan 4 capas de carbón con rumbo general NO-SE y buzamientos de 50°NE, con espesores de 0,2 a 4 m y hasta 3 kilómetros de afloramiento, son de carácter lenticular destacando las zonas de Quebrada Queruracra, Pariacano, Pucapuquio, Aleyuyoc, Ispac y

Yuracchala (Tejada, 1987). Este sector ha sido mencionado por Habich (1904) y Dunin-Borkowski, (1983).

### **SECTOR DE CHECRAS**

Se localiza entre las provincias de Chancay y Canta en la cordillera occidental de los andes.

Las rocas que albergan las capas de carbón son areniscas cuarzosas y pizarras de edad Valanginiense. Se presenta varias capas de carbón de carácter lenticular que alcanzan pocos metros de espesores con rumbo general N40°O y buzamientos de 50°NE (Broggi, 1927).

### **SECTOR DE VICHAYCOCHA**

Situada en Canta, produjo en las décadas pasadas hasta el año 1927 unas 20 000 t, siendo utilizadas en la fundición de San José de la Compagnie des mines de Huarón como sustituto del coque (Broggi, 1927).

En la Fig.III.2.5 se ha representado las ocurrencias de carbón en la cuenca de Oyón.

### **III.2.1.2.3. CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS Y GEOQUIMICAS**

La toma de muestras en los sectores de Gazuna y Pampahuay fueron realizadas sistemáticamente sobre las capas, en la mayoría de los casos en forma de canales y en otros casos el muestreo tuvo carácter puntual, debido a las intercalaciones de pizarras, a sus diferencias microscópicas y accesibilidad.

Para los sectores de Cochaquillo, Cuta, Cayash y Parquín tuvo carácter puntual mientras que, para los demás sectores parece corresponder a un muestreo referencial.

### **CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS**

Macroscópicamente los carbones procedentes de Gazuna y Pampahuay son de color negro, finamente bandeados, brillantes (brillo graso) y de fractura irregular. Presenta como litotipos vitreño en lechos lenticulares con 2 mm de espesor y pocos cm de longitud. El clareo de aspecto semibrillante se intercala con las bandas delgadas de vitreño y algunas veces presenta laminaciones de pizarra oscura sobre todo los procedentes de Pampahuay.

Los carbones de algunas capas se encuentran trituradas y fracturadas presentando un aspecto brechoide y granular.

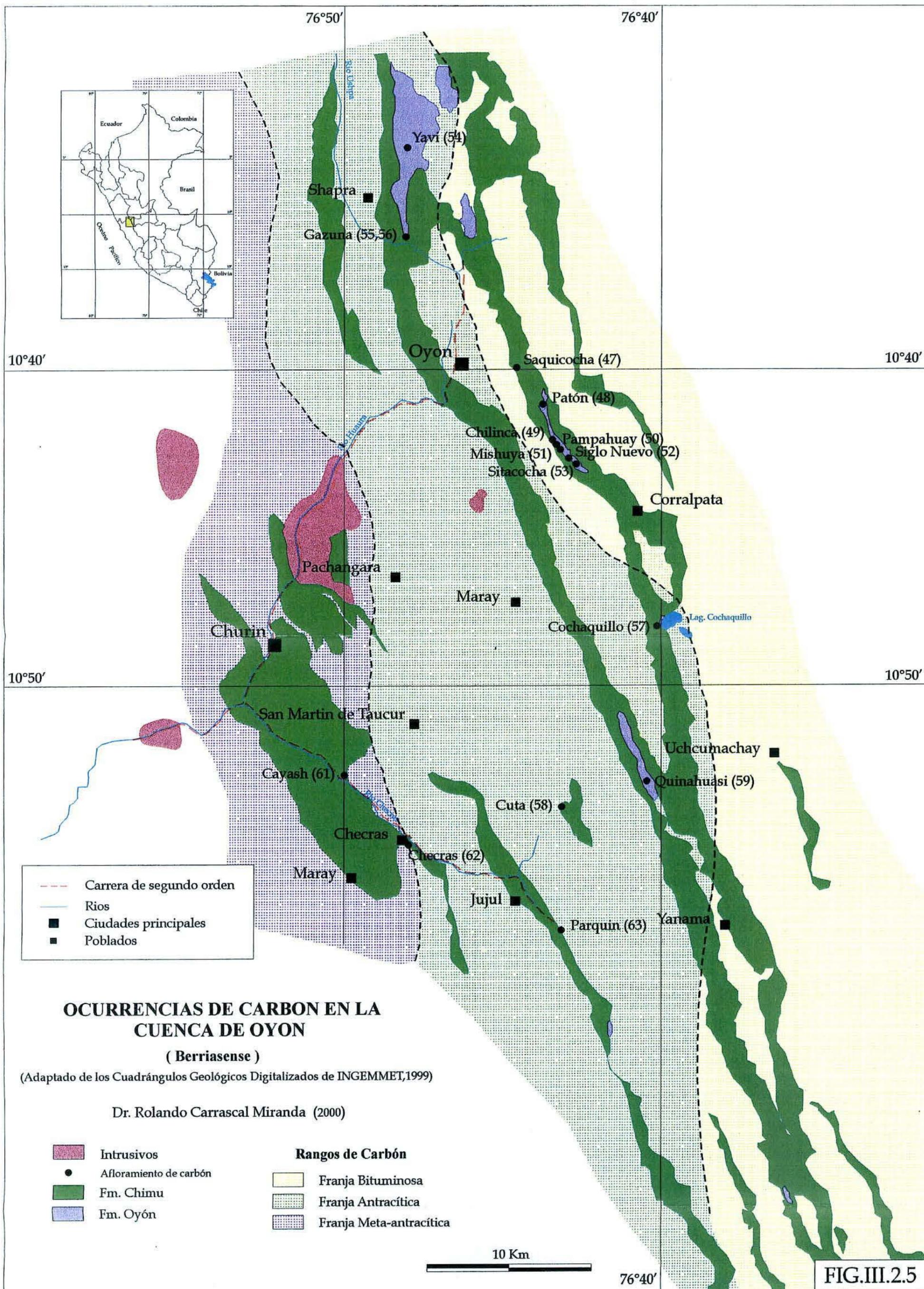


FIG.III.2.5

Los carbones del sector de Cochaquillo, Cuta, Parquín y Cayash son más compactos, de color negro brillante.

### **ANALISIS MACERAL**

El análisis maceral de los carbones muestra que están constituidos por los grupos macerales vitrinita, liptinita e inertinita en cantidades variables.

En general, el grupo vitrinita es el mayoritario (85-98 % vol.), seguido del grupo inertinita (2-12 % vol.) mientras que el grupo liptinita es minoritario (< 3 % vol.)(Carrascal, 1996).

En la Tabla III.2.2 se muestra la composición maceral promedio de los carbones de los sectores de Gazuna, Pampahuay, Cochaquillo, Cuta, Parquín y Cayash de esta cuenca.

Dentro del grupo vitrinita se han reconocido telinita, corpocolinita, telocolinita y desmocolinita. El grupo liptinita esta caracterizado por la presencia de esporinita, resinita y cutinita mientras que, el grupo inertinita por semifusinita, fusinita y macrinita.

En la Lámina 2 se muestra las microfotografías de algunos macerales representativos de los carbones de esta cuenca.

La materia mineral asociada a los carbones esta conformado principalmente por arcillas, cuarzo y piritita.

### **ANALISIS DE LA REFLECTANCIA**

Los resultados obtenidos de las medidas de reflectancia de la vitrinita de los carbones de los diferentes sectores de la cuenca de Oyón, se da en la Tabla III.2.3.

De acuerdo a las reflectancias obtenidas para el sector de Gazuna (>2,2 %) el rango de los carbones sería el de semi-antracitas.

Para los carbones del sector de Pampahuay los valores varían de 1,52 % a 2,07 % clasificándose como carbones bituminosos de bajos volátiles.

Los valores obtenidos para los carbones de los sectores de Cochaquillo, Cuta, Parquín y Cayash son elevados (> 2,25 %) indicando el rango de semi-antracitas a antracitas.

Los carbones de los sectores de Checra y Vichaycocha han alcanzado el rango de antracitas.

SECTOR	ZONA	CAPA	A			B		
			V (%)	L <sub>v</sub> (%)	I (%)	M.M (%)	F.O (%)	
GAZUNA	ESTE ANTICLINAL YAVI	Sta Maria	96,0	1,6	2,4	10,2	89,8	
		Lily	94,5	1,5	4,0	5,0	95,0	
		Poderosa		95,9	0,2	3,9	3,4	96,6
				96,5	0,4	3,1	2,6	97,4
				97,7	0,7	1,6	10,8	89,2
	OESTE ANTICLINAL YAVI	Curucuta		97,5	0,2	2,3	5,4	94,6
				98,8	0,2	1,0	3,2	96,8
		Carola		97,1	0,4	2,5	6,0	94,0
PAMPAHUAY	CHILINCA	Diaz	96,5	0,4	3,1	2,4	97,6	
		California	90,0	1,1	8,9	12,6	87,4	
	PAMPAHUAY	Lutay	93,7	1,1	5,2	7,6	92,4	
		Papilón	90,0	2,9	7,1	10,2	89,8	
		Grande		92,0	2,8	5,2	14,8	85,2
			94,0	0,9	5,1	5,8	94,2	
	MISHUYA	California		94,8	0,5	4,7	15,0	85,0
				88,9	2,3	8,8	41,2	58,8
				87,1	0,4	12,5	52,0	48,0
		Papilón	90,2	1,4	8,4	14,6	85,4	
		Grande		88,9	1,6	9,5	13,4	86,6
			90,7	1,5	7,8	7,8	92,2	
	SIGLO NUEVO	Lutay	95,9	0,7	3,4	7,2	92,8	
	SITACOCKA	Lutay		91,2	1,4	7,4	14,0	86,0
			93,5	1,1	5,4	4,4	95,6	
COCHAQUILLO			91,6	1,3	7,1	3,8	96,2	
			93,7	1,0	5,3	4,8	95,2	
CUTA			92,3	0,6	7,1	7,0	93,0	
PARQUIN			85,8	1,7	12,5	4,2	95,8	
CAYASH			96,7	1,0	2,3	3,0	97,0	

V: Vitrinita

FO: Fracción orgánica

A: Grupos Macerales

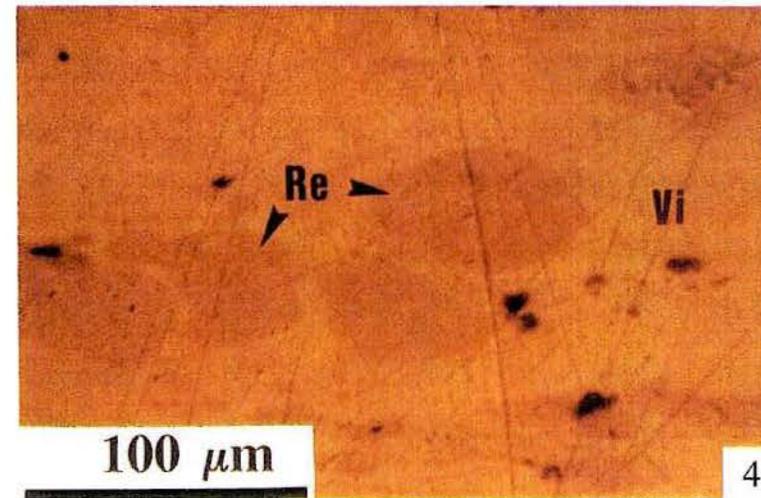
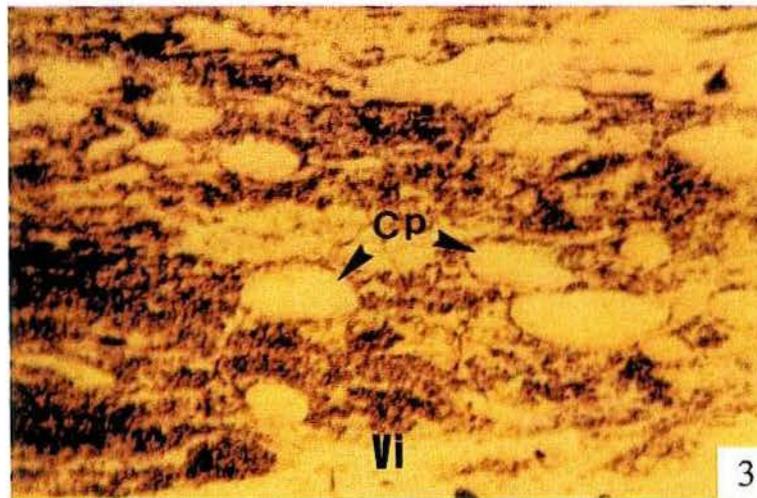
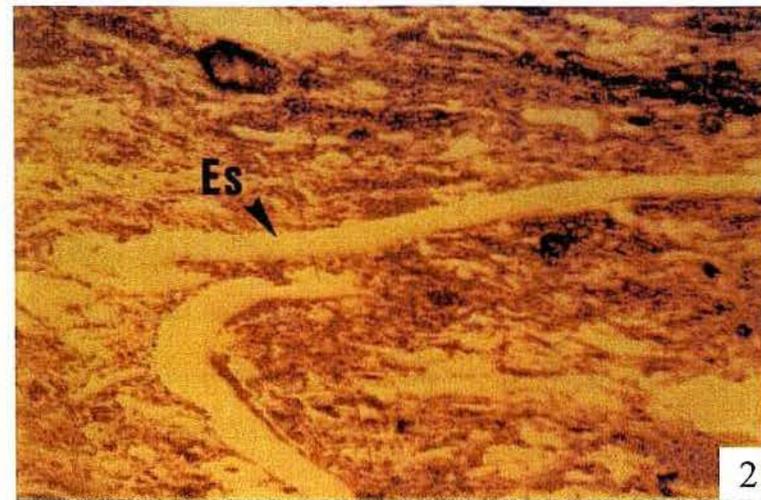
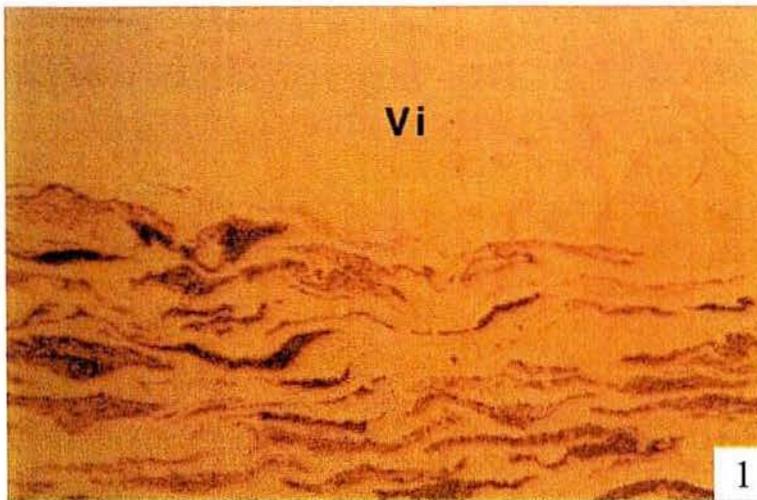
B: Fracción orgánica y materia mineral determinada por vía óptica

L<sub>v</sub>: Liptinita vitrinizada

I: Inertinita

M.M: Material mineral

Tabla.III.2.2 Composición maceral de los carbones de la Cuenca de Oyón (Carrascal, 1996).



*Microfotografías de carbones de la cuenca de Oyón, en luz blanca y en aceite de inmersión*

1. Morfología de esporas rellenas con arcillas en vitrinita indiferenciada (Vi). Capa Papilón - Sector Pampahuay. RC/96.
2. Esporinita (Es) "vitrinizada" en vitrinita indiferenciada. Capa Lily - Sector de Gazuna. RC/96.
3. Corpocolinita (Cp) ovalada en vitrinita indiferenciada (Vi) asociada con materia mineral. Capa Papilón - Sector de Pampahuay. RC/96.
4. Resinita (Re) de color gris claro en vitrinita indiferenciada (Vi). Capa Grande - Sector de Pampahuay. RC/96.

SECTOR	ZONA	CAPA	Ro (%)	MVR (%)	RANGO
GAZUNA	ESTE ANTICLINAL YAVI	Sta. Maria	2,37	10,6	Semiantracita
		Lily	2,44	10,2	Semiantracita
		Poderosa	2,24	11,4	Semiantracita
			2,38	10,6	Semiantracita
			2,42	10,4	Semiantracita
			2,52	9,9	Semiantracita
	OESTE ANTICLINAL YAVI	Curucuta	2,54	9,7	Semiantracita
			2,55	9,7	Semiantracita
		Carola	2,23	11,5	Semiantracita
	PAMPAHUAY	CHILINCA	Diaz	1,83	14,7
California			1,91	13,9	B. V. B.
PAMPAHUAY		Lutay	1,58	17,8	B. V. B.
		Papilón	1,57	18,0	B. V. B.
		Grande	1,54	18,3	B. V. B.
			1,60	17,3	B. V. B.
MISHUYA		California	1,84	14,7	B. V. B.
			1,52	18,7	B. V. B.
			1,63	17,1	B. V. B.
		Papilón	1,67	16,5	B. V. B.
		Grande	1,62	17,1	B. V. B.
			1,66	16,6	B. V. B.
SIGLO NUEVO		Lutay	2,07	12,6	B. V. B.
SITACOCCHA		Lutay	1,86	14,4	B. V. B.
			1,94	13,7	B. V. B.
COCHAQUILLO				2,30	11,0
			2,35	10,7	Semiantracita
CUTA			4,81	3,8	Antracita
PARQUIN			3,64	6,0	Antracita
CAYASH			5,50	2,9	Meta-antracita

Ro: Reflectancia random de la Vitrinita

MVR: Materias volátiles calculadas a partir del histograma de Ro

B. V. B.: Bituminosos de volátiles bajos

Tabla.III.2.3 Reflectancia de la vitrinita de los carbones de la cuenca de Oyón (Carrascal, 1996).

## CARACTERISTICAS GEOQUIMICAS

Los resultados de la caracterización química (análisis inmediatos y elemental) para los carbones de los sectores de Gazuna, Pampahuay, Cochaquillo, Cuta, Parquín y Cayash se da en la Tabla III.2.4.

Para el sector de Gazuna, los contenidos en materias volátiles son (<13 %), en hidrogeno (< 4%) y altos en carbono (> 88%).

Los contenidos en azufre total son moderados (< 2,5 %) siendo el azufre orgánico el más importante.

Para el sector de Pampahuay los contenidos en materias volátiles son (12-23 %), en hidrogeno (< 5 %), carbono (86-91 %) y los contenidos en azufre total < 2 % bajo la forma orgánica y piritico.

Los carbones de Cochaquillo tienen mayores contenidos en materias volátiles con respecto a los otros sectores (Cuta, Parquín y Cayash) siendo de menor rango. Los contenidos de carbono en Cayash son elevados (97 %) correspondiendo al estadio de meta-antracitas. Los contenidos en azufre total son bajos (< 1,5 %).

Los carbones del sector de Checras y Vichaycocha presentan bajos contenidos en cenizas (7-14 %), bajos materias volátiles (6-13 %) y altos en carbono (71-77 %)(Tabla III.2.5).

Para los carbones de Checras los contenidos en azufre son inferiores al 2 % (Broggi, 1927; Manrique, 1988).

El estudio de la **materia mineral** de los carbones llevado a cabo a partir de los análisis de las cenizas obtenidas a alta y baja temperatura, muestran que en general, el 80-90 % del total de la materia mineral de los carbones de esta cuenca están constituidas por Si y Al seguido en menor proporción por Fe, Ca , K y Ti (Tabla III.2.6).

La mayor parte de los elementos trazas se encuentran en concentraciones considerados normales para carbones de este rango (Swaine, 1990). Es de destacar la presencia de Sr y Ba en concentraciones relativamente significativas (500 - 2 000 ppm)(Tabla III.2.7) lo cual estaría estrechamente asociadas a la materia mineral bajo la forma de carbonatos (Carrascal, 1996).

Las especies minerales identificadas a partir de las cenizas de baja temperatura corresponden a arcillas (caolinita), cuarzo, feldespatos, flogopita, piritita y cantidades menores de carbonatos.

SECTOR	ZONA	CAPA	Hu (%)	Cenizas *	M.V **	C **	H **	N **	O **	S <sub>t</sub> *	P.C *
				(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	Mj/Kg
GAZUNA	ESTE ANTICLINAL YAVI	Sta. María	1,11	30,50	12,56	88,94	3,65	1,19	4,63	1,49	23,73
		Lily	0,76	12,44	8,73	92,17	3,52	1,19	2,42	0,89	30,99
		Poderosa	0,90	13,31	9,45	91,67	3,50	1,28	3,00	0,72	30,71
			1,23	10,55	8,63	92,10	3,52	1,34	2,37	0,66	31,73
			0,90	18,53	11,00	90,51	3,50	1,17	3,99	2,39	28,31
		1,19	17,35	9,49	90,67	3,30	1,36	3,93	0,79	28,80	
	OESTE ANTICLINAL YAVI	Curucuta	6,86	12,72	19,40	85,76	2,62	1,10	9,94	0,56	26,82
	Carola	9,37	12,49	26,83	80,23	2,59	1,06	15,54	0,56	24,57	
		5,52	24,42	23,10	80,97	3,02	1,23	14,22	0,48	21,97	
PAMPAHUAY	CHILINCA	Diaz	0,87	6,82	15,13	91,69	4,34	1,27	2,00	0,81	33,63
		California	0,60	28,70	19,14	86,28	4,71	1,30	6,85	0,93	24,15
	PAMPAHUAY	Lutay	0,85	20,14	20,41	88,18	4,71	0,78	4,99	1,84	28,05
		Papilón	0,83	26,69	22,04	87,71	4,72	1,19	5,19	1,60	25,57
		Grande	0,74	32,39	23,00	87,69	5,03	1,01	5,14	1,35	23,58
			2,27	18,66	20,96	86,57	4,36	0,81	7,46	0,83	27,63
	MISHUYA	California	0,74	39,21	23,15	85,95	4,72	1,29	7,14	1,12	19,75
			1,00	60,97	31,18	78,94	6,05	1,31	12,85	0,69	12,03
			1,21	74,09	43,19	58,97	5,83	0,93	33,45	0,60	5,99
		Papilón	0,84	33,14	21,64	86,96	4,91	0,80	6,16	1,42	22,99
		Grande	0,65	31,34	22,09	86,91	4,84	1,00	6,27	0,83	23,47
			0,72	18,08	18,65	89,60	4,58	1,00	3,72	1,10	28,96
	SIGLO NUEVO	Lutay	0,85	18,72	12,76	91,36	3,97	1,11	2,95	0,86	28,60
SITACOA	Lutay	1,53	30,98	15,52	86,93	4,13	1,06	6,81	1,74	23,16	
		1,02	1,72	13,50	91,06	4,06	1,03	2,98	1,94	31,38	
COCHAQUILLO			1,27	36,23	14,69	87,94	4,20	1,29	5,76	0,63	21,47
			0,96	16,64	12,25	94,12	4,23	1,24	---	1,08	29,36
CUTA			4,86	25,42	8,21	93,85	2,13	0,83	1,95	1,24	24,00
PARQUIN			3,35	22,89	9,61	91,84	2,83	1,19	3,37	0,98	25,54
CAYASH			2,82	12,61	3,88	97,97	1,91	1,01	---	0,73	29,65

M.V: Materias volátiles

C: Carbono

H: Hidrógeno

Hu: Humedad

O: Oxígeno

N: Nitrógeno

S<sub>t</sub>: Azufre total

P.C: Poder calorífico

\* Valores obtenidos sobre base seca

\*\* Valores obtenidos sobre base seca y libre de cenizas (combustible puro)

Tabla.III.2.4 Resultados de los análisis químicos de los carbones de la cuenca de Oyón (Carrascal, 1996).

<b>ZONAS</b>	<b>Hu (%)</b>	<b>Cenizas (%)</b>	<b>M.V. (%)</b>	<b>C. Fijo (%)</b>	<b>Rango</b>	<b>Referencias</b>
<b>Checras</b>	3,80	12,00	13,00	71,20	Semi-antracitas	(Broggi, 1927)
	7,02	7,81	12,31	72,86	Semi-antracitas	(Manrique, 1988)
<b>Vichaycocha</b>	1,80	14,7	6,10	77,42	Antracitas	(Broggi, 1927)

Tabla III.2.5. Análisis químicos promedios de los carbones de los sectores de Checras y Vichaycocha de la cuenca de Oyón.

SECTOR	ZONA	CAPA	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	K <sub>2</sub> O (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	SO <sub>3</sub> (%)
GAZUNA	ESTE ANTICLINAL YAVI	Sta. María	51,81	37,61	2,43	0,18	1,89	1,57	1,51	0,27
		Lily	48,38	39,19	2,70	1,08	0,73	1,78	0,24	1,34
		Poderosa	53,67	30,85	2,14	0,49	0,27	3,11	0,81	0,51
			46,56	41,58	0,89	2,08	0,49	2,39	0,25	1,04
			44,46	37,41	12,00	0,56	0,36	1,57	0,89	1,16
			48,29	39,86	1,71	2,23	0,28	2,57	n.d.	2,11
	OESTE ANTICLINAL YAVI	Curucuta	57,87	30,33	2,88	2,16	0,67	1,30	n.d.	1,74
			39,44	37,55	4,60	4,09	1,51	1,33	n.d.	4,63
		Carola	47,22	42,94	0,68	0,35	0,29	2,44	1,28	0,74
	PAMPAHUAY	CHILINCA	Diaz	56,17	29,72	3,26	0,97	0,92	2,08	0,92
California			42,88	45,59	2,03	0,39	0,45	2,62	1,72	0,73
PAMPAHUAY		Lutay	48,77	34,77	5,23	0,73	1,25	1,81	0,34	0,86
		Papilón	49,49	35,05	4,28	0,44	1,92	1,88	0,64	0,92
		Grande	53,92	31,89	2,88	0,40	2,20	1,41	0,86	0,55
			44,84	36,45	0,94	3,17	0,44	2,95	n.d.	5,42
MISHUYA		California	45,33	45,66	1,66	0,15	2,57	2,45	1,72	0,54
			54,38	33,31	1,93	0,02	1,79	1,26	1,46	0,23
			53,13	37,71	1,42	n.d.	1,79	1,38	1,61	0,24
		Papilón	52,57	36,12	3,21	0,18	1,82	1,57	1,42	0,32
		Grande	53,14	36,87	1,25	0,08	1,62	1,49	1,41	0,38
			52,22	36,81	1,66	0,25	1,85	1,52	1,41	0,41
SIGLO NUEVO		Lutay	50,68	37,15	2,87	0,26	0,73	1,92	0,94	0,75
SITACocha		Lutay	53,54	31,40	4,99	0,14	1,68	1,28	1,08	0,40
			48,37	32,05	17,67	0,35	0,91	1,36	1,07	0,82
COCHAQUILLO				53,52	38,37	0,97	0,02	1,44	1,67	1,52
			49,61	39,55	2,54	0,34	0,92	2,14	1,59	0,42
CUTA			56,40	34,36	0,77	0,11	1,92	1,90	0,76	0,50
PARQUIN			50,44	35,20	3,19	0,78	1,65	1,48	0,05	1,29
CAYASH			56,36	33,39	0,72	0,25	1,95	1,70	1,10	0,26

n.d.: No detectado

Tabla III.2.6. Elementos mayoritarios y minoritarios en las cenizas de los carbones de la cuenca de Oyón (Carrascal, 1996).

SECTOR	ZONA	CAPA	0 - 10 (ppm)	11 - 100 (ppm)	101 - 500 (ppm)	501 - 1000 (ppm)	1001 - 1500 (ppm)	1501 - 2000 (ppm)	> 2000 (ppm)
GAZUNA	ESTE	Sta. Maria	Cr	Ni, Nb, Pb	Zr, Rb, Cu, V, Zn		Sr		Ba
		Lily		Nb, Zr, Cr, Cu Ni, Pb	Rb, V, Zn	Sr		Ba	
	ANTICLINAL YAVI	Poderosa	Cr, Ni	Nb, Zr	Rb, Cu, V, Zn, Pb			Sr	Ba
			Rb, Cr, Cu, Ni, V	Nb	Pb	Zn	Zr	Sr, Ba	
			Zr, Cu	Nb, Pb	Rb, Cr, Ni, V, Zn	Sr	Ba		
	OESTE ANTICLINAL YAVI	Curucuta	Cu, Ni	Nb	Zr, Rb, Cr, Ni, V, Zn, Pb	Sr		Ba	
			Nb, Cu, Ni	Zr, Rb, Cr, V, Zn, Pb	Sr		Ba		
		Carola	Cr, Ni	Nb, Pb	Cu, V, Zn			Sr	Ba
PAMPAHUAY	CHILINCA	Diaz	Cr, Ni	Nb	Rb, Cu, V, Zn, Pb	Zr			Sr, Ba
		California	Cr, Ni	Nb, Cu	Zr, Rb, Zn, Pb			Sr	Ba
	PAMPAHUAY	Lutay	Cr, Ni	Nb, Cu	Rb, V, Pb	Zn		Zr	Sr, Ba
		Papilón		Nb, Rb, Ni, V	Zr, Cr, Cu, Zn	Pb, Sr		Ba	
		Grande	Cr	Nb, Cu, Pb	Zr, Rb, Sr, Ni, V, Zn	Ba			
	Cr, Ni		Nb, Rb, Pb	Cu, V, Zn		Zr		Sr, Ba	
	MISHUYA	California	Cr, Ni	Nb, Pb	Rb, Cu, V, Zn	Zr			Sr, Ba
			Cr, Ni	Nb, Cu, Zn	Zr, Rb, Sr, V, Pb	Ba			
			Cr, Ni	Nb, Zr, Cu, Zn	Rb, Sr, V, Pb	Ba			
		Papilón	Cr, Ni	Nb	Zr, Rb, Cu, V, Zn, Pb		Sr		Ba
	Grande	Cr	Nb, Zr, Cu, Ni, Zn	Rb, Sr, V, Pb		Ba			
		Cr, Ni	Nb, Cu	Zr, Rb, V, Zn, Pb	Sr	Ba			
	SIGLO NUEVO	Lutay	Cr	Nb, Cu, Ni	Zr, Rb, V, Zn, Pb	Sr		Ba	
SITACOCKA	Lutay	Cr	Nb, Ni, Pb	Zr, Rb, Cu, V, Zn		Sr		Ba	
		Nb, Cr	Cu, Pb	Zr, Rb, V, Zn	Ba, Ni				
COCHAQUILLO			Cr, Ni	Nb, Zr, Cu, Zn	Rb, V, Pb	Sr	Ba		
			Cr	Nb, Cu, Ni	Zr, Rb, V, Zn, Pb	Sr		Ba	
CUTA			Cr, Ni	Nb, Zr, Cu, Zn	Rb, V, Pb	Sr		Ba	
PARQUIN			Cr	Nb, Ni	Zr, Rb, Cu, V, Zn, Pb	Sr		Ba	
CAYASH			Zr, Cr	Nb, Cu	Rb, Ni, V, Zn, Pb	Sr		Ba	

Tabla III.2.7. Límites de concentración de los elementos traza en las cenizas de los carbones de la cuenca de Oyón (Carrascal, 1996).

#### **III.2.1.2.4. TIPO, ORIGEN Y AMBIENTE DEPOSICIONAL DE LOS CARBONES**

Los carbones de esta cuenca son de **tipo húmico**, bandeados por los litotipos vitreno y clareno. Los restos orgánicos que originaron los carbones proceden en parte de material leñoso (árboles) así, como de vegetación herbácea y de arbustos. Sus propiedades y la materia mineral asociada permite indicar un **origen alóctono/hypautoctono**.

Las características geológicas y litológicas de la cuenca, los litotipos identificados en los carbones, su composición maceral esencialmente vitrinitica y los contenidos en azufre permiten indicar que los carbones se han generado en ambientes deltaicos litorales cuyas turberas corresponderían al tipo "Marsh" y "swamp" bajo condiciones húmedas. La cuenca por lo tanto es de carácter parállica.

Los carbones del sector de Gazuna se habrían generado en facies transicionales de llanura deltaica superior/inferior bajo la influencia de aguas dulces mientras que, los del sector de Pampahuay corresponderían a facies de llanura deltaica inferior con influencia de aguas salobres, al igual que los carbones de los demás sectores de la cuenca.

La distribución de la materia mineral, fundamentalmente detritica, en las diferentes capas de carbón de la cuenca es variable y dependiente de la cantidad de intercalaciones de estériles (lutitas) lo que estaría relacionado con los aportes por inundaciones de la turbera.

#### **III.2.1.2.5. GRADO DE EVOLUCION Y DISTRIBUCION DEL RANGO**

De acuerdo con los parámetros de rango, los carbones del sector de Pampahuay son carbones bituminosos de bajos volátiles (estadio final de la catagénesis) mientras que, los del sector de Gazuna y Cochaquillo son semi-antracitas (fase de generación de gas seco, estadio de metagénesis). Los carbones del resto de los sectores alcanzaron el rango de antracitas y meta-antracitas (estadio de metagénesis)(Fig.III.2.5. y III.2.6).

Esta cuenca muestra una distribución zonal del rango (de este a oeste) representado sucesivamente por los estadios de evolución correspondientes al rango de carbones bituminosos de bajos volátiles al Este (sector de Pampahuay), semi-antracitas (sectores de Gazuna y Cochaquillo), antracitas (sectores de Cuta

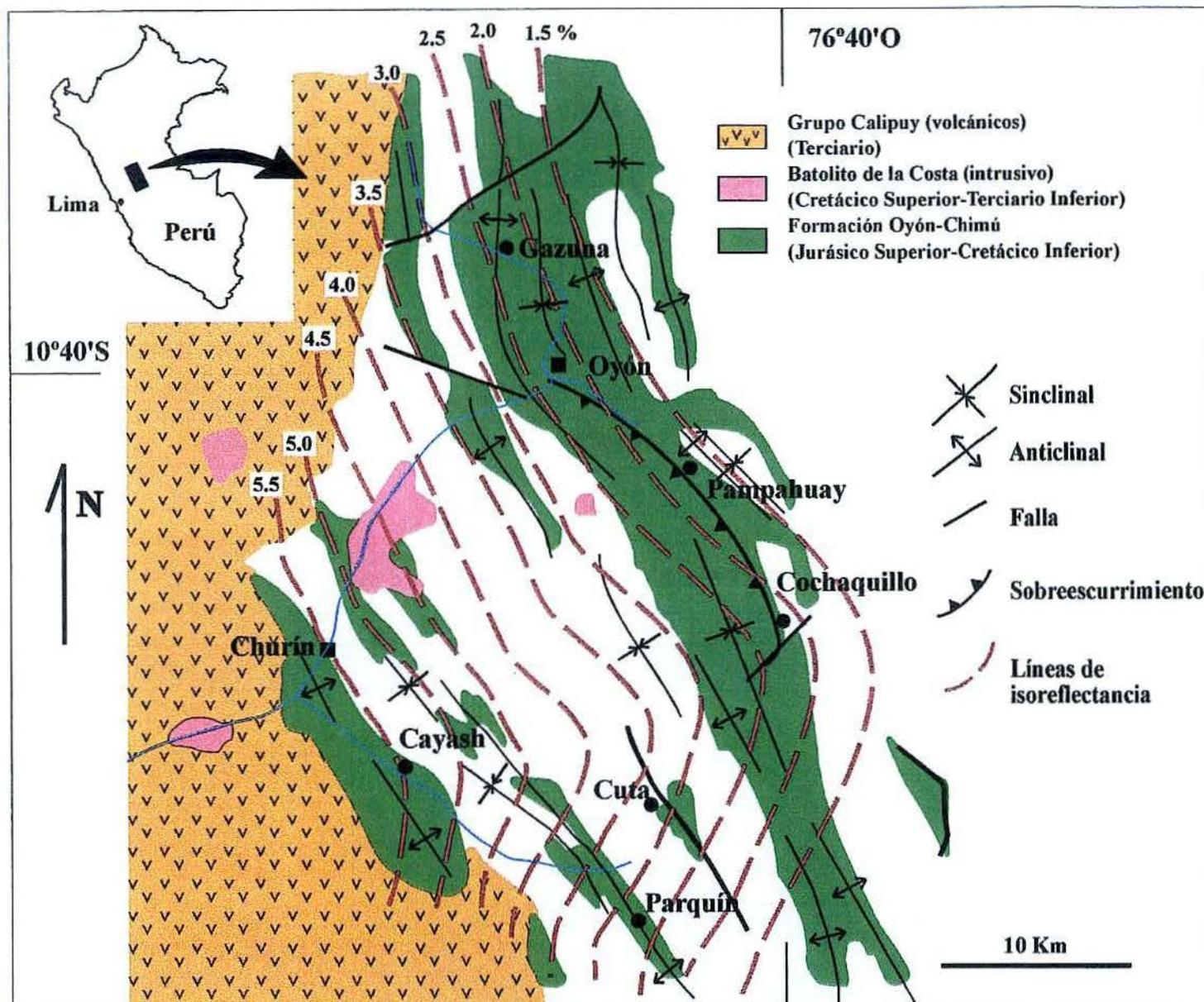


Fig. III.2.6. Distribución regional del rango según la disposición de las líneas de isorefectancia para los carbones de la cuenca de Oyón (Carrascal, 1996).

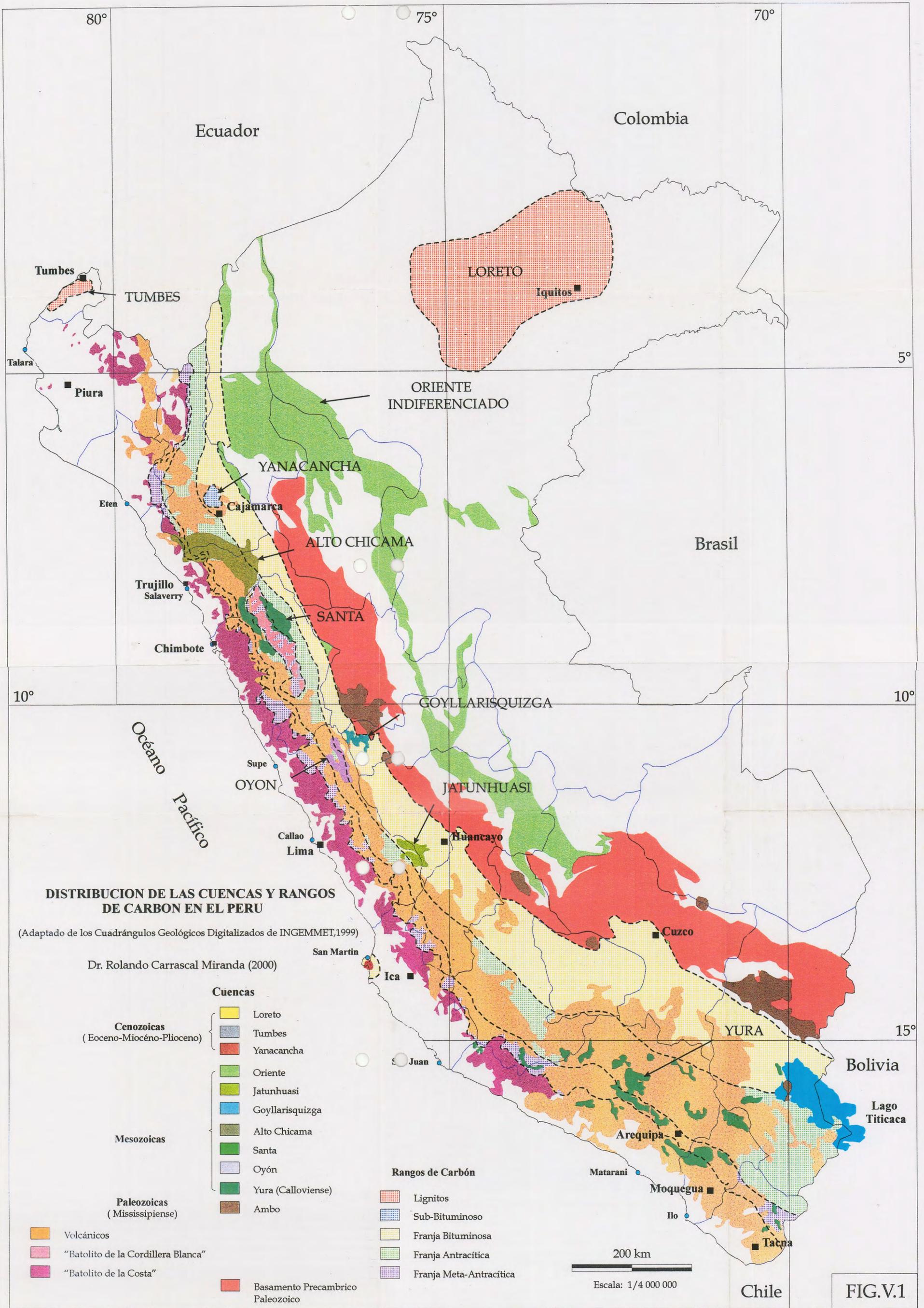


FIG.V.1

y Parquín, Checras y Vichaycocha) y meta-antracitas (sector de Cayash) al oeste (Figs.III.2.5 y III.2.6).

El alto rango de los carbones de esta cuenca es consecuencia del emplazamiento de grandes cuerpos intrusivos del "Batolito de la Costa" y otros stocks menores del Terciario Medio-Superior. Estos cuerpos intrusivos aportaron el gradiente térmico que provocó una evolución regional de los sedimentos carbonosos. Asimismo, las fallas y lineamientos tectónicos de carácter regional habrían controlado en parte la circulación de fluidos y el emplazamientos de diques intrusivos locales que a su vez contribuyeron a aumentar el rango de los carbones de esta cuenca.

### **III.2.1.3. CUENCA SANTA**

#### **III.2.1.3.1. SINTESIS GEOLOGICA**

En la cuenca Santa, sobre un substrato constituido por sedimentos lutíticos de la Formación Chicama (Titoniense) afloran las mismas Formaciones sedimentarias del Cretácico Inferior y Superior descritas para la Cuenca de Oyón.

Esta cuenca se encuentra subdividida en sectores en función de su posición geográfica y accesibilidad. Así, en la franja occidental se tiene los sectores de La Galgada-Ancos, Chuquicara-Huallanca y Caraz-Pueblo Libre mientras que, en la franja oriental los sectores de Sihuas-Pomabamba, Chacas-San Luis, Chavín y Huallanca.

#### **III.2.1.3.2. LAS FORMACIONES Y SERIES CON CAPAS DE CARBON**

En la cuenca Santa se reconocen dos "series productivas" superpuestas con capas de carbón. La "serie productiva inferior" se localiza en la parte superior de la Formación Oyón (Titoniense-Berriasense) y tiene unos 250 m de espesor mientras que, la "serie productiva superior" se sitúa en la parte inferior de la Formación Chimú (Valanginiense Inferior) siendo más potente, con unos 500 m de espesor.

#### **SECTOR LA GALGADA-ANCOS**

Se localiza en el extremo Noroeste de la cuenca de Santa, estando limitado al Norte por el río Tablachaca y al Sur por el pueblo de Ancos. La altitud varía entre 1 200 y 2 100 m.sn.m.

Los yacimientos carboníferos de rango antracíticos de este sector se emplazan principalmente en la Formación Chimú (Valanginiense Inferior). Las estructuras de carácter regional que controlan la localización de las capas de carbón son una serie de anticlinales y sinclinales cuyos ejes tienen orientación NO-SE (Fig.III.2.7). Las capas de carbón tiene un rumbo general NO-SE y N-S con buzamientos de 60°-75° al NE y SO. Algunas minas de este sector fueron explotadas a pequeña escala en décadas pasadas. Así, las zonas más importantes en las que afloran los yacimientos de carbón son: La Galgada, San Jerónimo, Mano Poderosa y Eclipse.

Las capas de carbón se localizan en el tope de la Formación Oyón (San Jeronimo) y en la parte inferior de la Formación Chimú (La Galgada, Mano Poderosa y Eclipse) conformado por areniscas cuarcíticas de grano medio a fino (Fig.III.2.8).

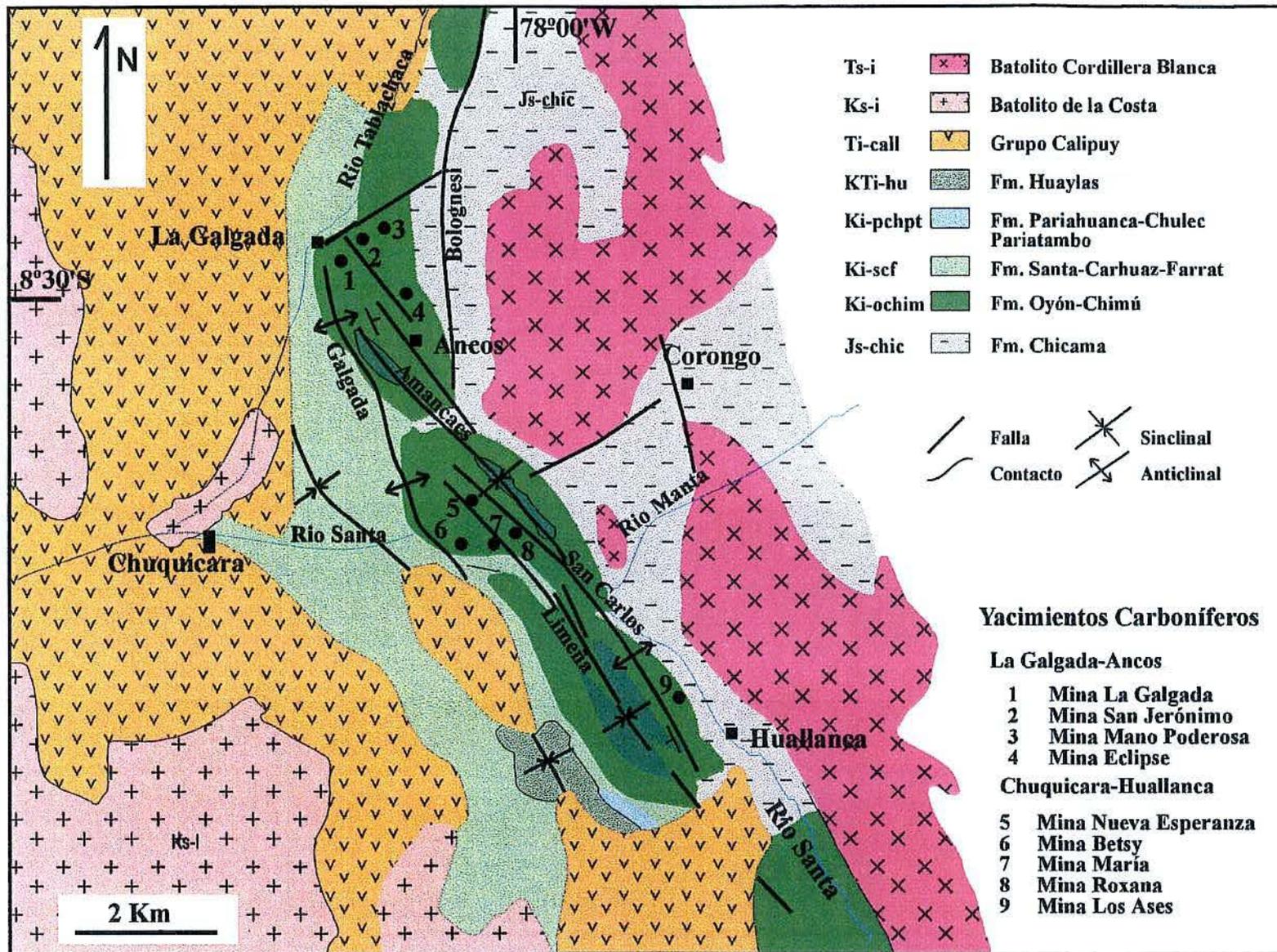


Fig. III.2.7. Mapa Geológico simplificado de los sectores La Galgada-Ancos y Chuquicara-Huallanca de la Cuenca de Santa (Adaptado de Cossio et al, 1964 y Cobbing et al, 1981).

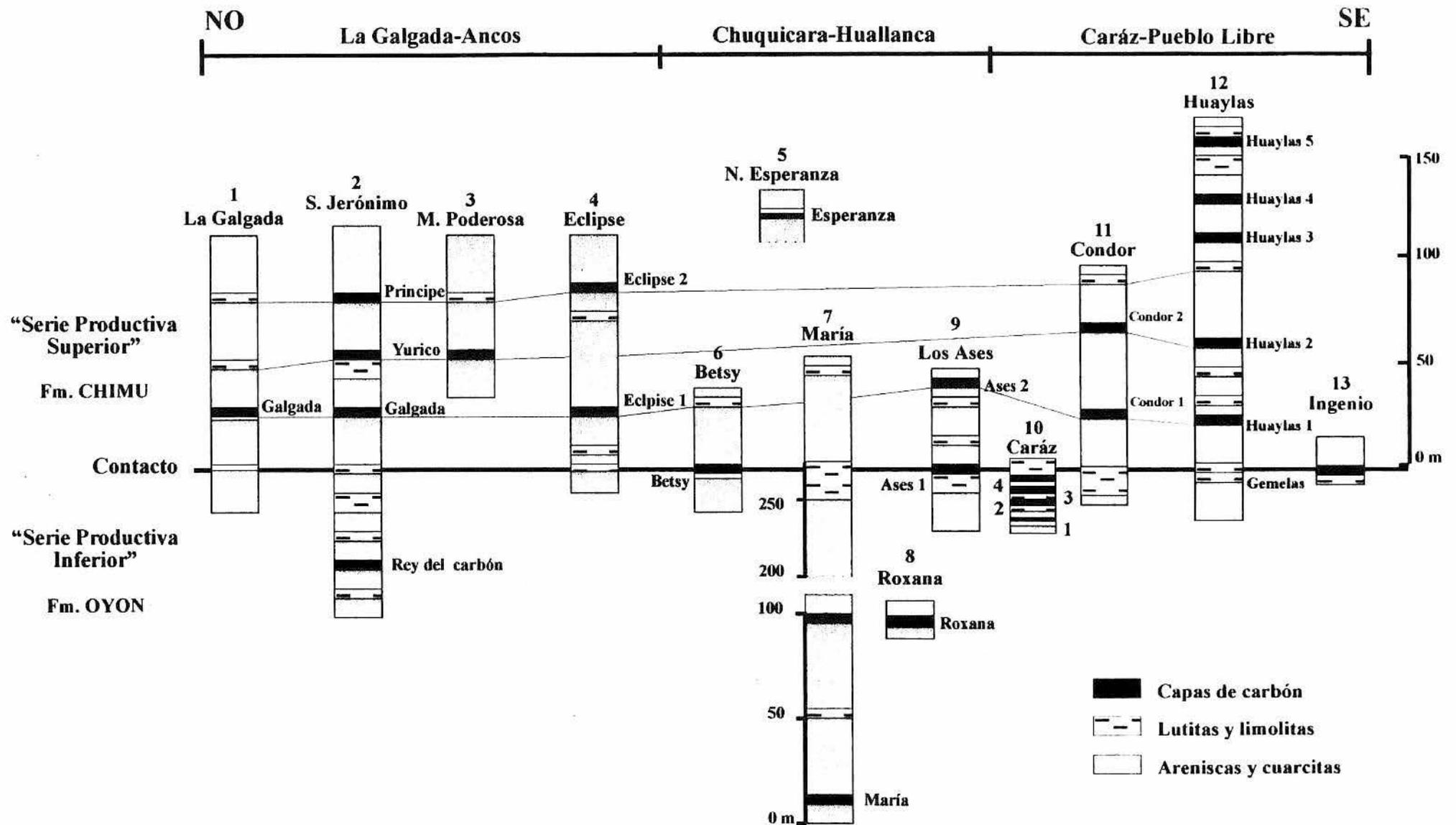


Fig. III. 2.8. Correlación regional de las capas de carbón en la franja occidental de la cuenca de Santa. (Adaptado de Ingemmet, 1992).

En general, las capas de carbón tienen espesores inferiores a 1 m, excepcionalmente alcanzan de 3-4 m (capas Yurico y Eclipse).

### **SECTOR CHUQUICARA-HUALLANCA**

Este sector corresponde a la parte Central de la cuenca de Santa y se halla comprendido entre los pueblos de Chuquicara (Noroeste) y Huallanca-Cañon del Pato (Sureste), a una altitud comprendida entre 1 000 y 1 800 m.s.n.m. Los afloramientos carboníferos están controlados por una serie de anticlinales y sinclinales regionales de orientación NO-SE. Las pequeñas minas de carbón de este sector se sitúan en las márgenes del río Santa, y las capas de carbón se localizan también en las Formaciones Oyón y Chimú cuyos afloramientos sólo muestran los niveles estratigráficos más inferiores, debido a la intensa erosión producida por el río Santa (Fig.III.2.7).

Las zonas con yacimientos de carbón más importantes corresponden a : Nueva Esperanza, Betsy, María, Roxana y Los Ases (Fig.III.2.7).

Las capas de carbón se localizan en la parte media-superior (María, Roxana) y en el techo de la Formación Oyón (Betsy, Los Ases 1) constituida por areniscas grises intercaladas con limolitas y limo-arcillitas. Otras capas se sitúan en la parte inferior (Los Ases 2) y media (Nueva Esperanza) de la Formación Chimú (Fig.III.2.8).

Las capas de carbón tienen de 0,4 a 2,5 m de espesor. Excepcionalmente alcanza hasta 3,5 m. (Capa María).

### **SECTOR CARAZ-PUEBLO LIBRE**

Este sector se halla situado en el margen izquierdo del río Santa, en la parte Norte del "Callejón de Huaylas" y corresponde al extremo Sur de la franja occidental de la cuenca carbonífera de Santa. Su altitud varía de 2 200 a 3 500 m.s.n.m.

Se identifican las dos Formaciones Oyón y Chimú y estratigráficamente los afloramientos de carbón de este sector aparecen situados en la parte superior (techo) de la Formación Oyón (Caraz y Gemelas) y en la parte inferior de la Formación Chimú (Condor y Huaylas)(Fig.III.2.8). Las estructuras geológicas que controlan la localización de las capas de carbón al igual que para los otros sectores son una serie de anticlinales y sinclinales volcados de dimensiones regionales que presentan una orientación general NO-SE y buzamientos de 50°-60°SO. Para este sector se han diferenciado 4 zonas carboníferas importantes:

Caraz, Condor, Huaylas e Ingenio (Fig.III.2.8).

Los espesores de las capas varían de 0,3 m. hasta 3 m y frecuentemente presentan intercalaciones limo-arcillosos (Broggi, 1969). En general, las capas tiene un rumbo NO-SE y buzamientos de 30°-45°SO.

### **SECTOR DE HUACHUMIN**

Se localiza en el caserío de Matibamba, en la margen izquierda del río Cabana. Se han reconocido 3 capas con carbón de 0,40; 6,5 y 3,5 m de espesor dentro de la serie productiva Chimú (Gastañaga, 1979). Esta franja se prolonga hasta Ancos aproximadamente 15 km de longitud.

### **SECTOR DE MANCOS**

El prospecto San Mateo se ubica en la Cordillera Blanca en el cerro Chunganaqui en los pueblos de Ranrahirca y Mancos de la provincia de Yungay (Gastañaga, 1979). Se reporta hasta 7 capas con carbón encajonados en la Formación Chimú.

### **CORRELACION REGIONAL DE LAS CAPAS DE CARBON EN LA FRANJA OCCIDENTAL DE LA CUENCA SANTA**

Las diferentes secciones estratigráficas obtenidas en la parte superior de la Formación Oyón y de la parte inferior de la Formación Chimú (Ingemmet, 1992) para la Cuenca de Santa, han permitido definir dos "series productivas" con capas de carbón.

Aunque no todas las capas carbonosas han podido identificarse y seguirse a lo largo de las diferentes zonas y sectores de la cuenca, debido al intenso tectonismo y al acñamiento de las capas, si se ha establecido una correlación regional preliminar de las capas de la franja occidental de esta cuenca. Esta correlación se ha efectuado fundamentalmente tomando como base su posición estratigráfica y las características litológicas presentadas por las capas. Globalmente, han sido reconocidos en ambas series productivas entre 10 y 12 niveles carbonosos de los cuales 8 son los más importantes y aparecen mejor definidos (Ingemmet, 1992)(Fig.III.2.8).

La "serie productiva inferior" se localiza en la parte superior (techo) de la Formación Oyón. Tiene unos 250 m de potencia aunque según el sector su espesor es variable. Contiene el horizonte carbonoso en el que se localizan las

capas Betsy, Los Ases y Gemelas (Fig.III.2.8) y globalmente se caracteriza por ser bastante continua. Este nivel estratigráfico ha sido considerado como nivel guía para la correlación regional de las capas carbonosas.

Por debajo de este nivel y sin poder establecer una correlación precisa en los distintos puntos de la cuenca aparecen las capas María, Roxana y Rey del Carbón para las cuales no se han encontrado sus equivalentes laterales.

En la "serie productiva superior" perteneciente a la Formación Chimú con 200 m de espesor, se localizan el resto de los niveles carbonosos (de 5 a 6) con capas de carbón. Las distintas capas de carbón identificadas son más continuas de tal manera que es posible efectuar una correlación de casi todos los niveles sobre todo en lo que concierne a las capas de la parte más inferior de esta serie productiva (Fig.III.2.8).

Las capas de carbón que aparecen en la zona de la mina Nueva Esperanza que corresponde a la parte media de la Formación Chimú podría ser correlacionable con algunas de las capas de la "serie productiva" definida en el sector Sureste de la Cuenca de Alto Chicama.

A continuación se describen algunas ocurrencias de carbón en la franja oriental de la cuenca de Santa.

### **SECTOR DE TARICA-SIHUAS-POMABAMBA**

El yacimiento Señor de los Milagros se localiza en Tarica, Pasacancha y Lucma de la provincia de Sihuas y Pomabamba del departamento de Ancash.

La unidad productiva corresponde a la Formación Chimú del Cretáceo Inferior, habiéndose reportado 3 capas con carbón de rumbo general NO-SE y buzamientos de 25°NE, cuyos espesores varían de 1,0 a 1,4 m.

### **SECTOR CHACAS-SAN LUIS**

En las cercanías de Chacas y San Luis de la provincia de Huari se reportan afloramientos de niveles carbonosos.

### **SECTOR DE CHAVIN**

En el tunel de Cahuish en la parte superior de la Formación Chicama entre cuarcitas, areniscas y pizarras del Cretácico Inferior, se localizan 4 capas con carbón de 0,8 a 1,2 m de espesor. Asimismo, en los alrededores de Chavín de Huantar en la Formación Chimú se presentan una serie de capas de 0,3 a 1,1 m

de espesor (Marquez, 1992).

En el río Mosna, Huari y San Marcos afloran capas con carbón. En algunas zonas se observan de 5 a 7 capas agrupadas en dos series y otros separados por decenas de metros (Castro, 1954).

### **SECTOR DE HUALLANCA**

Se encuentra ubicada en la parte occidental de la provincia de Dos de Mayo del departamento de Huánuco.

En los alrededores del pueblo de Huallanca y al oeste de la quebrada Torres afloran capas de carbón.

La serie productiva es de edad Valanginiense, probablemente corresponda a la Formación Chimú. Los lentes de carbón se encuentran dentro de un paquete clástico conformado por areniscas y pizarras.

Los carbones se explotaron a pequeña escala, habiendo sido utilizados por las pequeñas compañías que explotaban minerales argentíferos. En 1927 se estimó una producción de unos 1 000 t/año (Broggi, 1927).

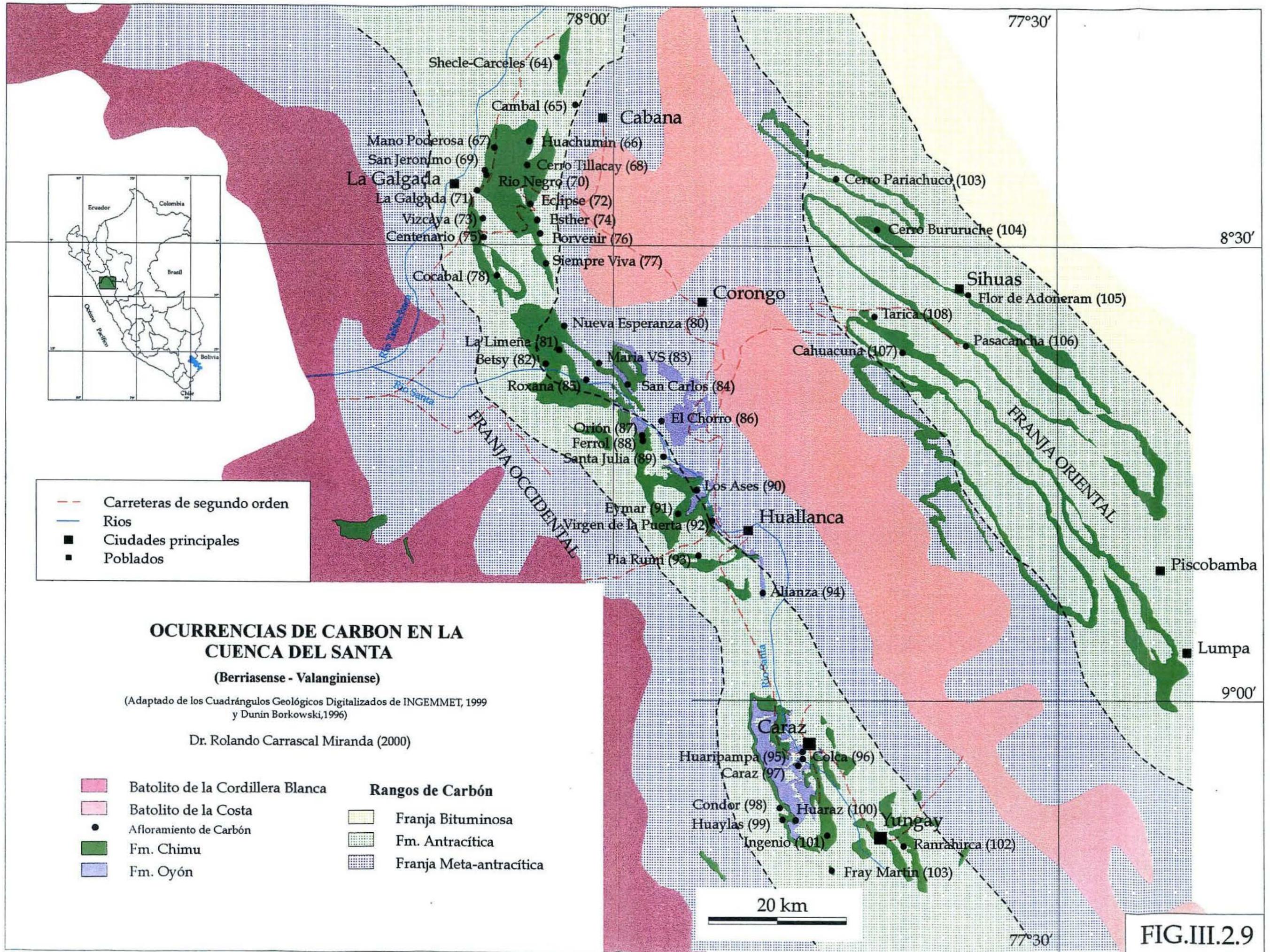
En la Fig.III.2.9 se ha representado las ocurrencias de carbón en la cuenca Santa.

### **III.2.1.3.3. CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS Y GEOQUÍMICAS**

Al igual que para la cuenca de Oyón la toma de muestras de las capas de carbón de los sectores de La Galgada-Ancos, Chuquicara-Huallanca y Caraz-Pueblo Libre de realizo en forma de canal, aunque algunos de ellos son de carácter puntual.

#### **CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS**

Todos los carbones aparecen bandeados, son de color negro brillante, muy compactos, duros y muestran fractura de irregular a concoidal. El carácter bandedo se debe a la alternancia de los litotipos vitreno y "clareno vitrinizado". El vitreno, de aspecto brillante, se presenta en lechos lenticulares con espesores inferiores a 5 mm y unos 8 cm de extensión lateral. Tienden a encontrarse intercalados entre las bandas de clareno "vitrinado" y su aspecto es menos brillante que el de los vitrenos. Esporádicamente se han observado lechos de fuseno con espesores inferiores a 2 mm y poco continuos intercalados con los litotipos descritos.



Shecle-Carceles (64)  
 Cambal (65)  
 Mano Poderosa (67)  
 San Jerónimo (69)  
 La Galgada (71)  
 Vizcaya (73)  
 Centenario (75)

Huachumín (66)  
 Cerro Tillacay (68)  
 Río Negro (70)  
 Eclipse (72)  
 Esther (74)  
 Porvenir (76)

Cocabal (78)  
 Siempre Viva (77)

La Limena (81)  
 Betsy (82)  
 Roxana (85)

María VS (83)  
 San Carlos (84)  
 Orión (87)  
 Ferrol (88)  
 Santa Julia (89)

Eymar (91)  
 Virgen de la Puerta (92)  
 Pia Rumi (93)

Los Ases (90)  
 Alianza (94)

Huaripampa (95)  
 Caraz (97)  
 Condor (98)  
 Huaylas (99)

Colca (96)  
 Ingenio (101)

Huaraz (100)  
 Fray Martín (103)

Cerro Pariachuco (103)  
 Cerro Bururuche (104)

Tarica (108)

Cahuacuna (107)

El Chorro (86)

Los Ases (90)

Yungay

Ramaburca (102)

Pasacancha (106)

Flor de Adoneram (105)

Piscobamba  
 Lumpa

### OCURRENCIAS DE CARBON EN LA CUENCA DEL SANTA

(Berriasense - Valanginiense)

(Adaptado de los Cuadrángulos Geológicos Digitalizados de INGEMMET, 1999 y Dunin Borkowski, 1996)

Dr. Rolando Carrascal Miranda (2000)

- Batolito de la Cordillera Blanca
- Batolito de la Costa
- Afloramiento de Carbón
- Fm. Chimú
- Fm. Oyón

#### Rangos de Carbón

- Franja Bituminosa
- Fm. Antracítica
- Franja Meta-antracítica

20 km

FIG.III.2.9

Algunos carbones presentan lechos centimétricos y laminaciones finas de pizarras oscuras asociadas a los litotipos mencionados. Generalmente, los carbones se encuentran fracturados y triturados estando sus fracturas rellenas de materia mineral.

## ANALISIS MACERAL

Los resultados del análisis maceral por grupos para los carbones de los sectores de La Galgada-Ancos, Chuquicara-Huallanca y Caraz-Pueblo Libre se presentan en la Tabla III.2.8.

En todos los carbones se han identificado macerales correspondientes a los tres grupos: vitrinita, liptinita e inertinita. La Vitrinita constituye ponderalmente el grupo mayoritario en todos los casos (89-98 % vol.), seguido en importancia por el grupo Inertinita (< 10 % vol.) mientras que, la Liptinita que está "vitrinizada" (< 2 % vol.) es escasa.

Los macerales de la vitrinita corresponden a telinita, corpocolinita, telocolinita, desmocolinita. La vitrinita tiene un aspecto poroso y contiene inclusiones de materia mineral o bien aparece interlaminada. En la mayor parte de los carbones la vitrinita aparece deformada presentando micropliegues, está intensamente fracturada proporcionando un aspecto "brechoide" que indica claramente el fuerte tectonismo sufrido.

Los escasos componentes del grupo liptinita mantienen aún sus morfologías originales sin embargo, su reflectancia y en general todas las características ópticas son similares a las de la vitrinita. Solamente se ha identificado como maceral de este grupo la esporinita (microesporas).

Dentro del grupo inertinita el maceral identificado ha sido la semifusinita y fusinita que se encuentra interlaminada, a la vez que muestra restos de su estructura de tejido vegetal.

En la Lámina 3 se presenta microfotografías de los principales macerales identificados en los carbones de esta cuenca.

El contenido en materia mineral (ópticamente identificada) es variable en todos los carbones. Como componentes minerales se han identificado arcillas, cuarzo y pirita. En general, aparecen asociados a la vitrinita de carácter poroso. Así, las arcillas se presentan finamente laminadas con la vitrinita o bien como inclusiones finas sobre las partículas de la vitrinita. El cuarzo y pirita aparece como granos subredondeados dispersos sobre la vitrinita.

SECTOR	ZONA	CAPA	A			B		
			V (%)	L <sub>v</sub> (%)	I (%)	M.M (%)	F.O (%)	
LA GALGADA ANCOS	ECLIPSE	Eclipse 2	99,0	0,8	0,2	1,4	98,6	
	M. PODEROSA	Yurico	99,0	0,4	0,6	1,2	98,8	
	S. JERONIMO	Yurico	95,1	1,5	3,4	6,2	93,8	
	LA GALGADA	Galgada	92,9	0,7	6,4	12,2	87,8	
CHUQUICARA HUALLANCA	N. ESPERANZA	Esperanza	97,6	0,2	2,2	8,8	91,2	
	BETSY	Betsy	96,0	0,7	3,3	10,0	90,0	
	LOS ASES	Ases 1	89,6	1,5	8,9	9,6	90,4	
	ROXANA	Roxana	96,9	1,4	1,7	2,8	97,2	
	MARIA	María	90,5	1,3	8,2	7,4	92,6	
CARAZ PUEBLO LIBRE	CONDOR	Condor 2	89,3	1,5	9,2	8,6	91,4	
	HUAYLAS	Huaylas 2	98,0	0,4	1,6	2,6	97,4	
			91,5	0,6	7,9	6,6	93,4	
	CARAZ	Caraz	Caraz 4	98,6	0,8	0,6	3,8	96,2
			Caraz 3	99,0	0,4	0,6	5,6	94,4
			Caraz 2	98,7	0,4	0,9	5,6	94,4
			Caraz 1	96,3	1,6	2,1	2,8	97,2
	INGENIO	Gemelas	96,0	0,7	3,3	9,4	90,6	

V: Vitrinita

FO: Fracción orgánica

A: Grupos Macerales

B: Fracción orgánica y materia mineral determinada por vía óptica

L<sub>v</sub>: Liptinita vitrinizada

I: Inertinita

M.M: Material mineral

Tabla.III.2.8 Composición maceral de los carbones de la cuenca de Santa (Carrascal, 1996).

## **ANALISIS DE LA REFLECTANCIA**

Los resultados obtenidos de las medidas de la reflectancia de la vitrinita para los carbones de esta cuenca, se presenta en la Tabla III.2.9.

Para los carbones del sector La Galgada-Ancos, los valores de la reflectancia random son elevados (4,11 - 4,85 %), siendo característicos de carbones muy evolucionados que han alcanzado el rango de antracitas/meta-antracitas, de acuerdo con la clasificación propuesta por Teichmuller y Bartenstein, (1979).

Los valores de la reflectancia de los carbones de la Formación Oyón (subyacente a la Formación Chimú) del sector de Chuquicara-Huallanca son más elevados (5,10 - 5,59 %) que los de los carbones del sector de La Galgada-Ancos. Su rango por tanto, es el de meta-antracitas.

De acuerdo con los valores de este parámetro (4,4 - 5,1 %) para los carbones del sector de Caraz-Pueblo Libre su rango sería equivalentes al de antracitas en transición a meta-antracitas.

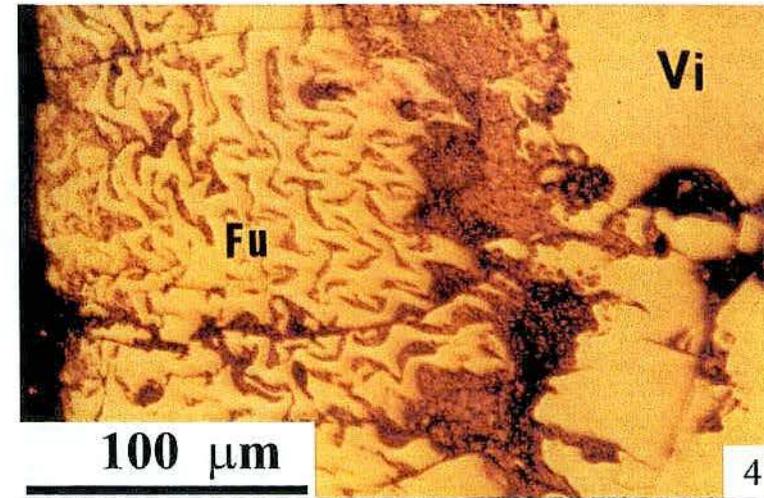
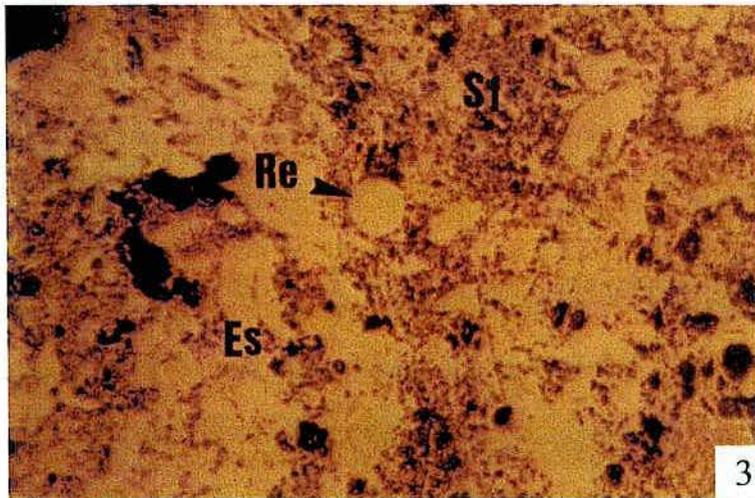
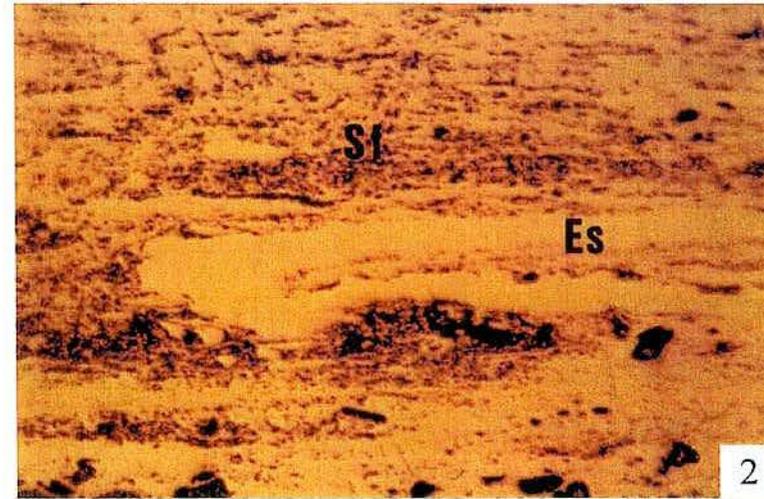
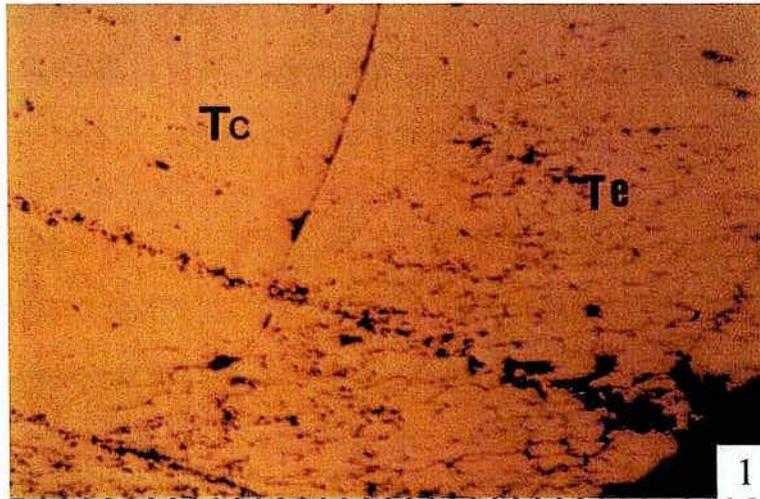
Para la clasificación de los carbones de esta cuenca como meta-antracitas y en transición antracitas/meta-antracitas se han considerado diferentes criterios como contenidos en C (c/p) superiores al 95 %, valores de reflectancia random >5 % de acuerdo con lo indicado por Teichmuller y Bartenstein (1979), así como el hecho de que en algunos casos la reflectancia de la vitrinita supera a la de la inertinita, criterio de clasificación propuesto por Alpern y Lemos de Sousa (1970).

A nivel regional, se observa que los carbones de las capas de la parte central (Chuquicara-Huallanca) se encuentran más evolucionados (meta-antracitas) que los carbones de los sectores Noroeste y Sur de la cuenca (antracitas en transición a meta-antracitas). No obstante todos ellos han alcanzado el estadio de la metagénesis avanzada de acuerdo con el esquema de evolución orgánica de Tissot y Welte (1984).

Las partículas de vitrinita de los carbones procedentes de los diferentes sectores de esta cuenca, muestran una marcada anisotropía óptica debido a su elevado rango y a la tectónica sufrida por esta cuenca y presentan un carácter óptico biaxial negativo.

## **CARACTERISTICAS GEOQUIMICAS**

Los resultados del análisis inmediato y elemental para los carbones de esta cuenca se dan en la Tabla III.2.10.



*Microfotografías de carbones de la cuenca de Santa, en luz blanca y en aceite de inmersión.*

1. Telinita (Te) y teolocolinita (Tc). Capa Los Ases - Sector de Chuquicara-Huallanca. RC/96.
2. Morfologías de esporinita (Es) "vitrinizada" y semifusinita (Sf). Capa Yurico - Sector La Galgada-Ancos. RC/96.
3. Resinitas (Re) redondeadas y esporinita (Es) "vitrinizadas", con semifusinita (Sf). Capa Huaylas - Sector de Caráz-Pueblo Libre. RC/96.
4. Fusinita (Fu) con vitrinita indiferenciada (Vi). Capa Los Ases - Sector Chuquicara-Huallanca. RC/96.

SECTOR	ZONA	CAPA	Ro (%)	MVR (%)	RANGO	
LA GALGADA ANCOS	ECLIPSE	Eclipse 2	4,85	3,7	Antracita	
	M. PODEROSA	Yurico	4,32	4,6	Antracita	
	S. JERONIMO	Yurico	4,35	4,6	Antracita	
	LA GALGADA	Galgada	4,11	5,0	Antracita	
CHUQUICARA HUALLANCA	N. ESPERANZA	Esperanza	5,33	3,2	Meta-antracita	
	BETSY	Betsy	5,38	2,9	Meta-antracita	
	LOS ASES	Ases 1	5,11	3,4	Meta-antracita	
	ROXANA	Roxana	5,59	2,9	Meta-antracita	
	MARIA	Maria	5,14	3,4	Meta-antracita	
CARAZ PUEBLO LIBRE	CONDOR	Condor 2	5,15	3,4	Meta-antracita	
	HUAYLAS	Huaylas 2	4,45	4,6	Antracita	
			4,91	3,8	Antracita	
	CARAZ		Caraz 4	4,43	4,4	Antracita
			Caraz 3	4,59	4,1	Antracita
			Caraz 2	4,51	4,4	Antracita
			Caraz 1	4,70	4,0	Antracita
	INGENIO	Gemelas	4,67	4,2	Antracita	

Ro: Reflectancia random de la vitrinita

MVR: Materias volátiles calculadas a partir del histograma de Ro

Tabla.III.2.9 Reflectancia de la vitrinita de los carbones de la cuenca de Santa (Carrascal,1996).

SECTOR	ZONA	CAPA	Hu (%)	Cenizas *	M.V **	C **	H **	N **	O **	S <sub>t</sub> *	P.C *	
				(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	Mj/Kg	
LA GALGADA ANCOS	ECLIPSE	Eclipse 2	4,48	4,85	7,45	96,75	1,18	0,64	0,51	0,90	30,70	
	M. PODEROSA	Yurico	6,89	11,98	15,10	92,66	1,12	0,69	4,98	0,71	25,77	
	S. JERONIMO	Yurico	6,71	9,41	11,38	95,46	1,05	0,62	2,33	0,55	27,66	
	LA GALGADA	Galgada	7,64	13,42	15,84	91,71	1,35	0,69	5,51	0,94	25,37	
CHUQUICARA HUALLANCA	N. ESPERANZA	Esperanza	4,45	22,04	6,75	97,40	0,73	0,77	0,53	1,04	24,85	
	BETSY	Betsy	5,55	25,59	6,55	98,89	0,51	0,68	1,61	0,35	23,50	
	LOS ASES	Ases 1	3,50	27,63	4,17	98,30	1,04	0,88	----	0,57	23,41	
	ROXANA	Roxana	1,25	7,65	6,09	97,26	0,80	0,45	1,39	0,10	29,00	
	MARIA	María	2,18	21,47	6,47	98,94	0,75	0,45	----	0,03	24,59	
CARAZ PUEBLO LIBRE	CONDOR	Condor 2	3,44	28,38	3,59	98,74	0,84	0,91	----	0,19	23,18	
	HUAYLAS	Huaylas 2	7,32	11,76	1,33	98,57	0,53	0,52	0,11	0,26	29,19	
			4,07	21,66	1,80	98,53	0,79	0,65	----	0,27	26,04	
	CARAZ	Caraz	Caraz 4	4,94	5,66	2,08	98,92	1,19	0,55	----	0,49	31,70
			Caraz 3	4,27	10,74	2,61	97,44	1,39	0,76	----	0,45	30,08
			Caraz 2	4,50	14,36	2,62	98,52	1,10	0,65	----	0,60	28,31
			Caraz 1	4,46	6,87	1,39	98,72	0,94	0,59	----	0,34	31,84
	INGENIO	Gemelas	5,04	16,08	2,44	98,65	1,12	0,73	----	0,48	27,69	

M.V: Materias volátiles

C: Carbono

H: Hidrógeno

Hu: Humedad

O: Oxígeno

N: Nitrógeno

S<sub>t</sub>: Azufre total

P.C: Poder calorífico

\* Valores obtenidos sobre base seca

\*\* Valores obtenidos sobre base seca y libre de cenizas (combustible puro)

Tabla.III.2.10 Resultados de los análisis químicos de los carbones de la cuenca de Santa (Carrascal,1996).

Los contenidos en cenizas son relativamente bajos (< 14 %) para los carbones del sector de La Galgada-Ancos y moderados para Chuquicara-Huallanca y Caraz-Pueblo Libre. Los contenidos en carbono son elevados (95-98 %) y bajos (< 1,5 %) en hidrogeno para todos los sectores. Los contenidos en azufre total son bajos (< 1 %).

Los carbones del sector de Tarica-Sihuas presentan 19 % en cenizas, 10 % en materias volátiles, 69 % en carbono fijo y un poder calorífico de 6 500 Kcal/kg (Gastañaga, 1979).

Los análisis de las cenizas de los carbones muestran que la **materia mineral** esta conformada fundamentalmente por Si y Al seguido de Fe, K y Ti, aunque sus proporciones varían de un sector a otro (Tabla III.2.11).

La concentración en elementos traza (Tabla III.2.12) identificadas también se encuentran dentro de los límites establecidos para carbones de alto rango. Sin embargo, en algunos casos los contenidos en Ba y Sr son ligeramente más altos.

Para todos los carbones las especies minerales reconocidas corresponden principalmente al cuarzo, arcillas, feldespatos, rutilo, piritita y escasos carbonatos.

#### **III.2.1.3.4. TIPO, ORIGEN Y AMBIENTE DEPOSICIONAL DE LOS CARBONES**

Los carbones que tienen aspecto bandeado están constituidos por los litotipos vitreño y clareño y son de tipo húmico. Los restos orgánicos que lo constituyen proceden de material leñoso así como de vegetación arbustiva y herbácea. Las características de estos carbones y la materia mineral asociada permite indicar que su origen es hypautoctono/alóctono.

Las capas carbonosas de esta cuenca de acuerdo con las características litológicas y petrográficas se habrían generado en un medio ambiente sedimentario de tipo deltaico en facies de llanura deltaica inferior con influencia de aguas dulces y salobres, bajo condiciones húmedas. De acuerdo con la posición geográfica esta cuenca es de carácter parálica.

#### **III.2.1.3.5. GRADO DE EVOLUCION Y DISTRIBUCION DEL RANGO**

Los carbones de los sectores de La Galgada-Ancos y Caraz-Pueblo Libre son antracitas/meta-antracitas y los del sector de Chuquicara-Huallanca meta-antracitas situándose en el estadio de evolución de la metagénesis avanzada.

SECTOR	ZONA	CAPA	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	K <sub>2</sub> O (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	SO <sub>3</sub> (%)	
LA GALGADA ANCOS	ECLIPSE	Eclipse 2	51,61	28,30	1,49	3,81	1,03	3,58	n d	1,34	
	M. PODEROSA	Yurico	43,96	33,03	6,94	0,79	1,09	2,26	0,36	1,39	
	S. JERONIMO	Yurico	48,34	39,44	0,86	0,53	3,54	1,44	1,38	0,65	
	LA GALGADA	Galgada	55,11	25,61	3,14	0,28	2,28	1,60	n d.	0,89	
CHUQUICARA HUALLANCA	N. ESPERANZA	Esperanza	74,24	12,10	1,10	4,17	1,41	0,43	n d.	3,55	
	BETSY	Betsy	67,90	19,14	3,45	0,26	1,53	1,26	n d	0,22	
	LOS ASES	Ases 1	47,90	37,83	0,77	0,15	5,82	1,54	2,25	0,08	
	ROXANA	Roxana	43,42	32,02	4,38	5,19	5,96	1,70	n d	4,59	
	MARIA	Maria	72,37	18,52	0,82	0,23	2,44	1,41	n d	0,08	
CARAZ PUEBLO LIBRE	CONDOR	Condor 2	58,42	34,42	0,19	0,75	3,16	1,80	1,42	n d	
	HUAYLAS	Huaylas 2	46,07	34,19	0,89	3,64	7,03	1,81	2,08	n d.	
			79,54	14,48	0,33	0,08	1,05	0,96	n d.	0,04	
	CARAZ		Caraz 4	48,83	37,87	0,76	0,98	2,91	2,94	1,84	0,32
			Caraz 3	53,45	36,08	0,46	0,62	1,94	1,59	1,35	0,27
			Caraz 2	74,82	15,94	0,40	0,45	1,69	1,27	n d	0,19
			Caraz 1	52,06	34,89	1,20	0,82	5,88	1,32	1,31	0,41
	INGENIO	Gemelas	54,43	30,23	1,01	0,72	4,26	2,41	1,45	0,24	

n.d.: No detectado

Tabla.III.2.11 Elementos mayoritarios y minoritarios en las cenizas de los carbones de la cuenca de Santa (Carrascal, 1996).

SECTOR	ZONA	CAPA	0 - 10 (ppm)	11 - 100 (ppm)	101 - 500 (ppm)	501 - 1000 (ppm)	1001 - 1500 (ppm)	1501 - 2000 (ppm)	> 2000 (ppm)
LA GALGADA ANCOS	ECLIPSE	Eclipse 2	Cr, Ni	Nb	Rb, Cu, V, Zn, Pb		Zr		Sr, Ba
	M. PODEROSA	Yurico	Cr	Nb, Cu, Pb	Zr, Rb, Ni, V, Zn	Sr		Ba	
	S. JERONIMO	Yurico	Cr, Zr	Nb, Cu, Ni	Rb, V, Zn, Pb	Sr		Ba	
	LA GALGADA	Galgada	Ni	Nb, Zr, Cu, Pb	Rb, Sr, Cr, V, Zn		Ba		
CHUQUICARA HUALLANCA	N. ESPERANZA	Esperanza	Cu	Nb, Zr, Cr, Ni, Zn	Ba, Rb, Sr, V, Pb				
	BETSY	Betsy	Zr, Cu	Nb, Cr, Ni, Zn, Pb	Rb, Sr, V		Ba		
	LOS ASES	Ases 1	Cr, Ni	Nb, Cu	Rb, Sr, V, Zn, Pb	Ba			
	ROXANA	Roxana		Nb, Zr, Cu	Rb, Sr, Ni, V, Zn, Pb	Ba, Cr			
	MARIA	Maria	Cr, Ni, Zr	Nb, Cu, Zn	Rb, Sr, V, Pb	Ba			
CARAZ PUEBLO LIBRE	CONDOR	Condor 2	Cr, Ni, Cu	Nb, Zr, Zn	Rb, Sr, V, Pb	Ba			
	HUAYLAS	Huaylas 2	Cr, Ni	Nb	Rb, Cu, V, Zn, Pb	Zr			Sr, Ba
			Cr, Ni, Zr, Cu, Zn	Nb, Pb	Rb, Sr, V	Ba			
	CARAZ	Caraz 4	Cr, Ni, Cu	Nb, Zr	Rb, Sr, V, Zn, Pb	Ba			
		Caraz 3	Cr, Ni, Cu, Zr	Nb, Zn	Rb, V, Pb	Sr	Ba		
		Caraz 2	Cr, Cu	Nb, Zr, Zn	Rb, Sr, Ni, V, Pb	Ba			
		Caraz 1	Cr	Nb, Zr, Cu, Ni, Zn	Rb, Sr, V, Pb	Ba			
INGENIO	Gemelas	Cr, Ni	Nb, Zr, Cu	Rb, Sr, V, Zn, Pb	Ba				

Tabla.III.2.12 Límites de concentración de los elementos traza en las cenizas de los carbones de la cuenca de Santa (Carrascal,1996)

Los carbones de los sectores de Huachumin y Mancos son de rango bituminosos a semi-antracitas (Gastañaga, 1979).

Los carbones procedentes de la franja oriental de la cuenca: Tarica-Sihuas, Chacas-San Luis, Chavín y Huallanca alcanzaron el rango de antracitas.

De acuerdo con la evolución de la materia mineral asociada, el alto grado de evolución orgánica sería equivalente a la zona de "anchimetamorfismo" o "anchizona" (metamorfismo de muy bajo grado).

La influencia de la presión durante la evolución de los carbones ha sido relativamente importante, y queda reflejada por la estrecha relación existente entre el grado de anisotropía y la intensidad de deformación. Los carbones presentan además un carácter óptico biaxial negativo y muestran evidencias de semi-grafitización.

En los sectores de La Galgada-Ancos y Chuquicara-Huallanca se aprecia un incremento del rango de los carbones hacia el este (Fig. III.2.10).

Por otro lado, los carbones localizados en la franja oriental de esta cuenca son menos evolucionados (antracitas) y más hacia el este probablemente bituminosos.

A nivel regional se observa una zonación del rango presentando una franja meta-antracítica muy próxima a los cuerpos intrusivos, seguido de una franja antracítica paralela a la anterior y una franja bituminosa mucho más alejada de los intrusivos como los del sector este de Sihuas (Fig. III.2.9 y III.2.10).

El alto rango y la zonación del mismo habría sido provocados por un metamorfismo térmico de carácter regional (carbonificación termal anormal) causado por el flujo térmico de los cuerpos intrusivos de gran magnitud tanto del "Batolito de la Costa" como por los del "Batolito de la Cordillera Blanca" que se superimpuso a una evolución inicial por subsidencia de la cuenca.

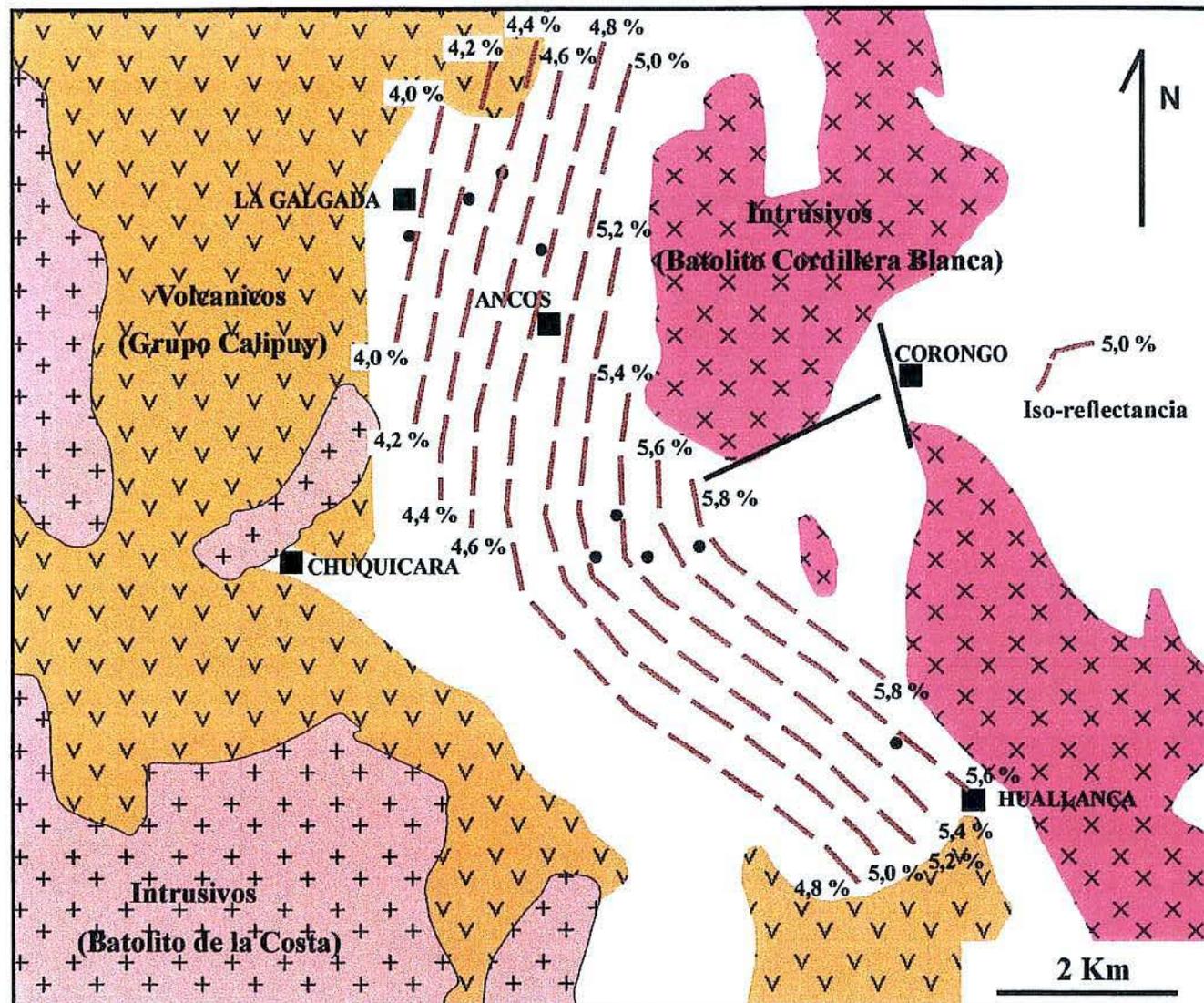


Fig. III.2.10. Distribución regional del rango según la disposición de las líneas de isorefectancia para los sectores de La Galgada-Ancos y Chuquicara-Huallanca de la cuenca de Santa (Carrascal, 1996).

### **III.2.1.4. CUENCA DE ALTO CHICAMA**

#### **III.2.1.4.1. SINTESIS GEOLOGICA**

Esta cuenca se encuentra subdividida en los sectores de Baños Chimú-Ambara y Coina-Callacuyan, se incluyen además los sectores de Gaby-Angasmarca y Bajo Chicama (Cupisnique-Victor Manuel).

El sector de Baños Chimú-Ambara se localiza en el extremo noroeste de la cuenca de Alto Chicama. Las principales estructuras que controlan la localización de la Formación Chimu con capas de carbón son los anticlinales de El Cepo, Loma Alta y Lucma siendo el mas importante el de Lucma y los sinclinales Porvenir, Huayday y Grande. En general, los plegamientos y fallamientos se orientan NO-SE (Fig.III.2.11).

Hacia el oeste del sector afloran stocks granodioríticos correspondientes al borde oriental del "Batolito de la Costa" (Pitcher, 1975). Hacia el este afloran pequeños stocks y diques de composición andesítica del Terciario Inferior (Fig.III.2.11).

El sector de Coina-Callacuyan se localiza en el extremo sureste de la cuenca. Las estructuras que controlan la Formación productiva Chimú son los anticlinales de Yuracama, Pergoche y los sinclinales de Capachique y Canibamba siendo este último el mas importante (Fig.III.2.12). Destaca el cabalgamiento regional "falla rotativa central" que controla el emplazamiento de stocks andesíticos de edad Terciario Inferior (Fig.III.2.12). En este sector solo aflora la parte media-superior de la Formación Chimú.

#### **III.2.1.4.2. LAS FORMACIONES Y SERIES CON CAPAS DE CARBON**

En esta cuenca la serie sedimentaria productiva es la Formación Chimú la cual sobreyace a la Formación Chicama.

Los sectores diferenciados son Baños Chimú-Ambara, Coina-Callacuyan, Gaby-Angasmarca y Bajo Chicama.

##### **SECTOR BAÑOS CHIMU-AMBARA**

Las zonas más importantes de este sector donde afloran capas de carbón son: Baños Chimu, Huayday, Ambara, Cerro Arenas y Peña del Gallo (Fig.III.2.11).

La zona de Baños Chimú constituye la localidad tipo donde aflora la Formación Chimu definida por Benavides (1956). Tiene unos 565 m de espesor

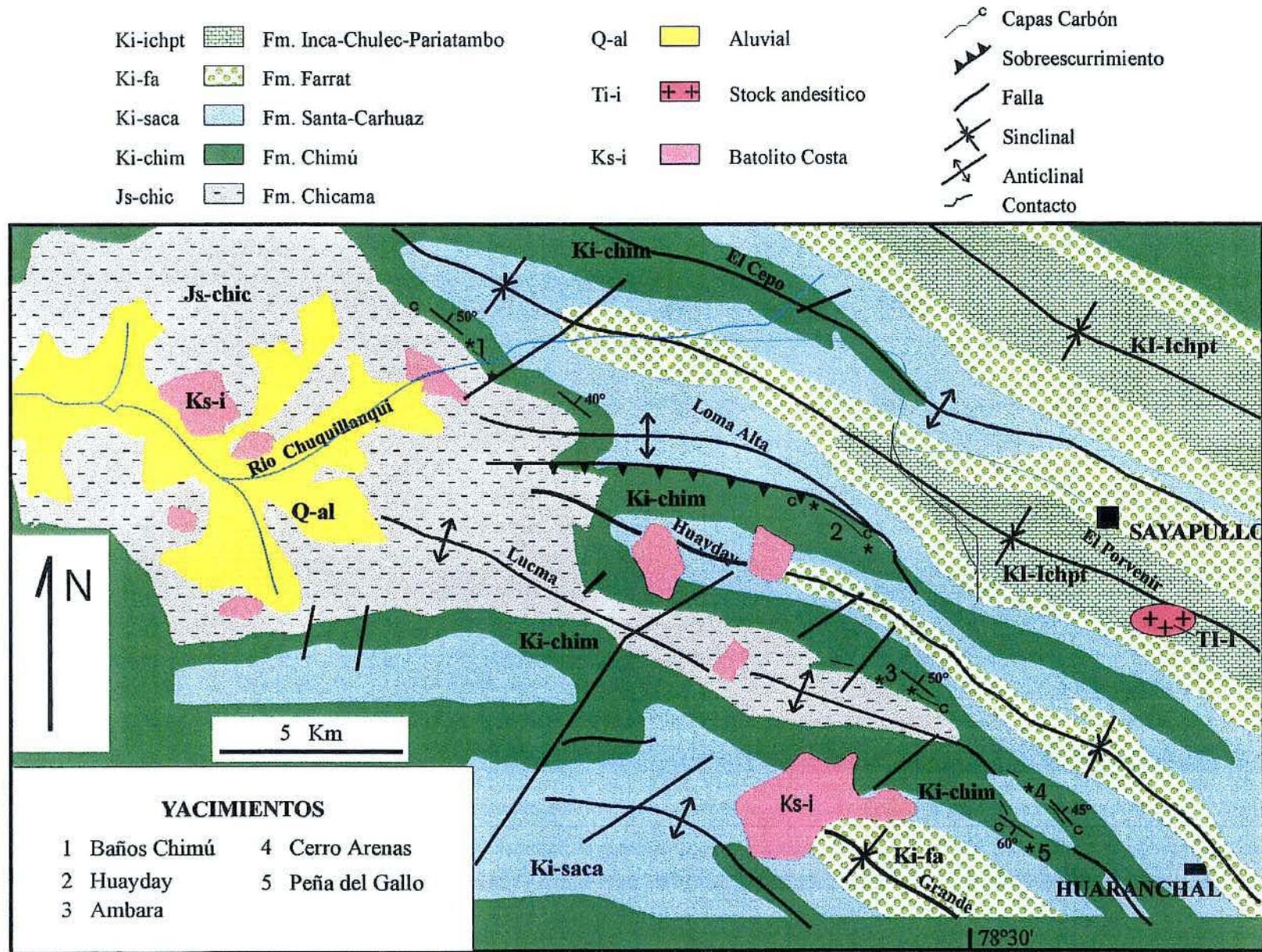
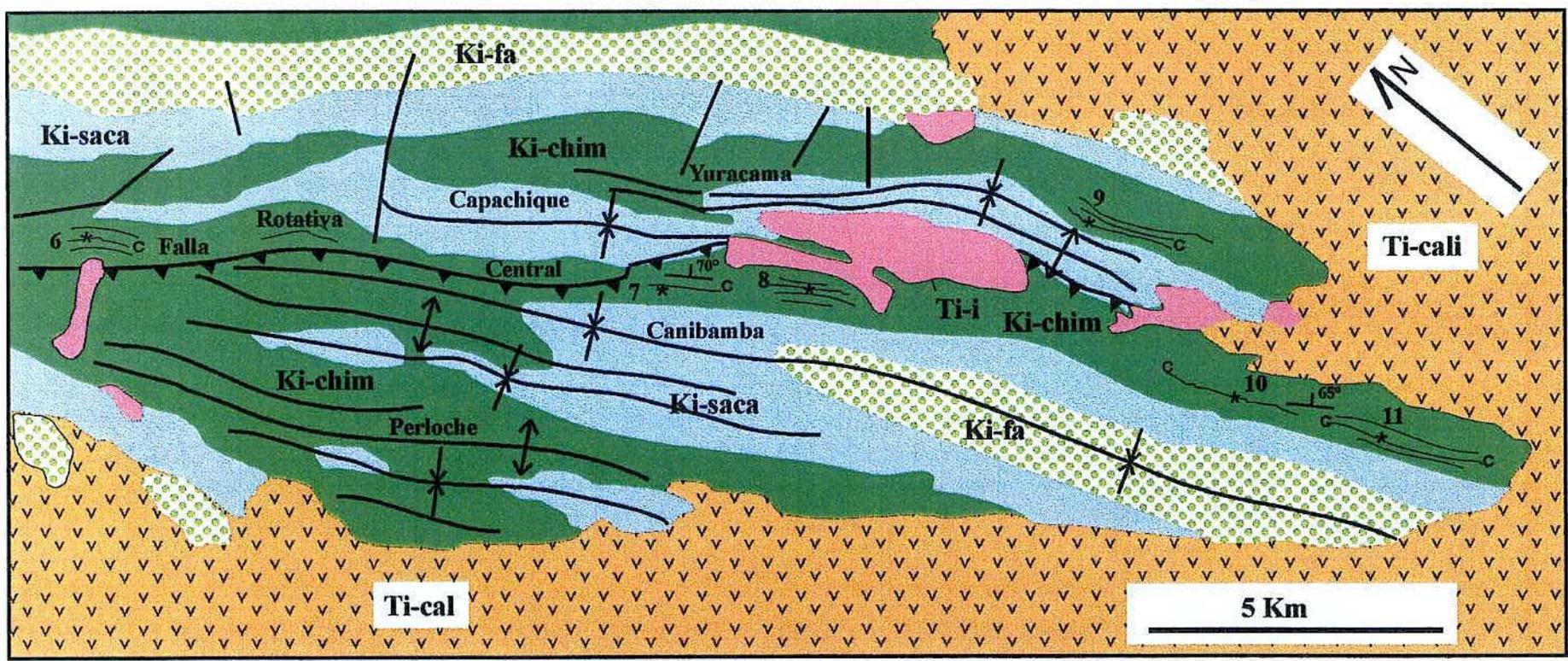
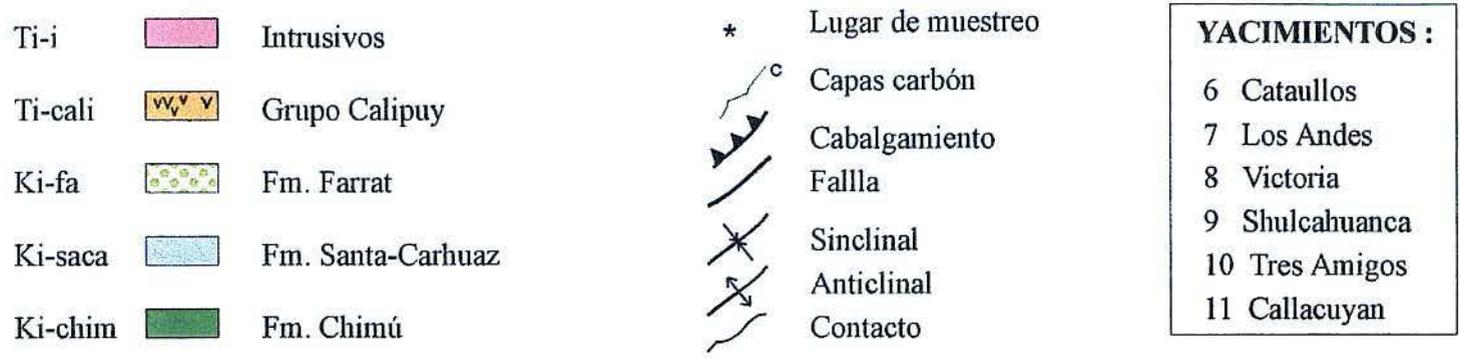


Fig. III.2.11. Mapa Geológico del Sector Noroeste (Baños Chimú-Ambara) de la cuenca de Alto Chicama, (Adaptado de Escudero, 1979).



**Fig. III.2.12. Mapa Geológico del sector Sureste (Coina-Callacuyan) de la cuenca de Alto Chicama (Adaptado de Kopex-Minero Perú, 1975).**

y a 200 m de la base se localiza la capa "Principal" de 4 m de espesor presentando en la parte central una capa de pizarra de 0,5 m (Fig.III.2.13).

En la zona de Huayday el espesor de la Formación Chimú es de 740 m (Weibenback, 1986) y presenta 5 niveles carbonosos. A unos 100 m de la base de esta Formación se ubica la capa Trujillo (o Principal) de 5 m de espesor y contiene pizarras de 1,5 m en la parte central.

En Ambara el espesor del Chimú es similar al de Huayday. Presenta tres niveles de carbón (Cisco, Esperanza y Principal). La capa Principal se localiza a unos 105 m de la base y presenta de 1,4 a 2 m de espesor.

En la zona de Cerro Arenas se localizan 3 horizontes carbonosos, siendo el más importante la capa Pedregal de 0,8 m de espesor.

En Peña del Gallo la Formación Chimú presenta 1500 m. Se han identificado 7 niveles con carbón de los cuales destacan las capas Gallina y Adriana, cuyos rumbos son N45°-70°O y buzamientos de 55°-75°SO. La capa Gallina se localiza a unos 100 de la base y tiene un espesor de 1,2 m. La capa Adriana se sitúa a 500 m de la base y su espesor es de 1,6 m.

Las secciones estratigráficas de la Formación Chimú permite correlacionar las capas de carbón de este sector. La parte inferior de esta Formación de unos 600 m de potencia constituye la serie productiva para este sector. La capa Principal es correlacionable con la capa Trujillo, Pedregal y Gallina (Fig.III.2.13) mientras que, las otras capas se acuñan lateralmente pasando a pizarras.

## **SECTOR COINA-CALLACUYAN**

Las zonas más importantes de este sector son : Cataullos, Los Andes, Victoria, Shulcahuanca, Tres Amigos y Callacuyan (Fig.III.2.12).

En Cataullos, en una sección de 300 m de la Formación Chimú afloran 9 niveles carbonosos localizados en el flanco NE del anticlinal de Yuracama, las capas de carbón tiene un rumbo general NO-SE y buzamientos de 40°-70°NE. Las capas más importantes son la 4 y 5 (enumeradas a partir del techo estratigráfico) y presentan de 1 a 1,5 m de espesor.

En la zona de los Andes se han reconocido las capas 4, 5 y 6 mostrando de 1,4 a 2,8 m de espesor. En la mina Victoria afloran las capas 1, 2, 3, 4, 5 y 6, siendo los más importantes las capas 4, 5 y 6 que tienen 0,5 a 2,5 m de espesor, excepcionalmente la capa 6 alcanza unos 14 m. La longitud de afloramiento de las minas Los Andes y Victoria alcanza 8 km.

En Shulcahuanca afloran las capas 4, 5, 6, 7 y 10 y presentan de 1,5 a 3 m de espesor mientras que, en Tres Amigos afloran las capas 2, 3, 4 y 5 y alcanzan 2,5 m de espesor.

En la zona de Callacuyan aflora 5 capas de carbón 1, 2, 3, 4 y 5. Destacan la capa 4 (4 m) y la capa 5 (2,5 m)(Lámina 4).

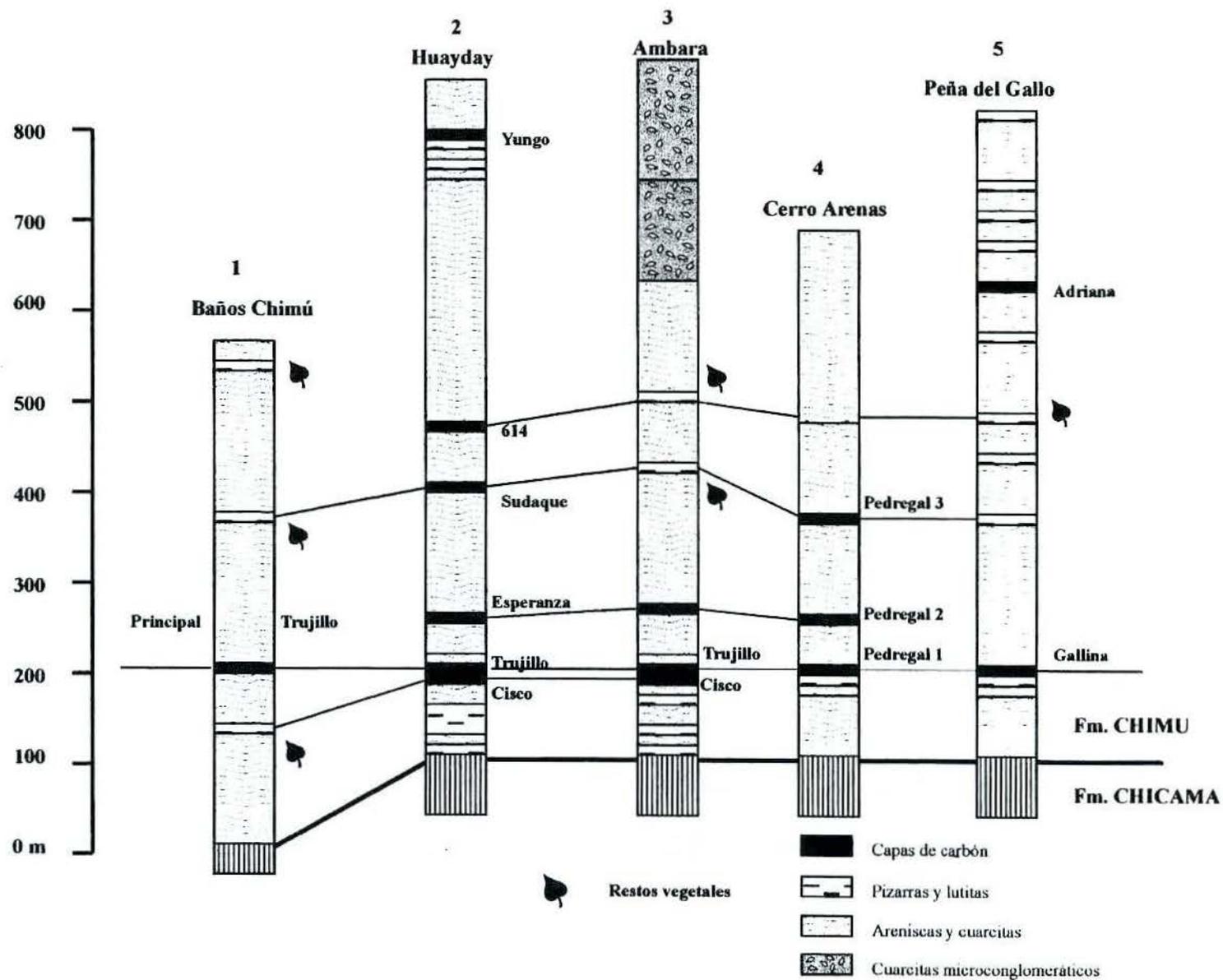


Fig. III.2.13. Correlación de las capas de carbón en el sector Noroeste de la cuenca de Alto Chicama (Carrascal, 1996).



*Cuenca de Alto Chicama*

1. Vista panorámica de las capas de carbón. Callacuyan - Sector Sureste. RC/96.
2. "Coal balls" capa 5. La Victoria - Sector Sureste. RC/ 2000.

Considerando las diferentes secciones se ha correlacionado las capas carbonosas de este sector, así las capas 4 y 5 son bastante continuas y las más importantes siendo consideradas como capas guías.

En general, la serie productiva presenta unos 300-500 m de espesor conteniendo unos 10 niveles carbonosos, localizados en la parte media-superior de la Formación Chimu (Fig. III.2.14).

A nivel de cuenca se han identificado 16 niveles importantes con carbón concentradas en dos series productivas que abarcan en total unos 1000 m de sedimentos. Una serie en la parte inferior de la Formación Chimu (6 capas) que se identifica en el sector noroeste de la cuenca. La segunda serie productiva localizada en la parte media-superior de la misma Formación, reconocida solo en el sector sureste de la cuenca conteniendo 10 niveles de carbón.

En la primera serie productiva destaca la capa Principal y en la segunda serie las capas 4 y 5 por su espesor y continuidad lateral regional.

### **SECTOR GABY-SHONA**

Se localiza en el extremo sureste de la cuenca de Alto Chicama presentando una serie de prospectos como Gaby, Shela, Poderosa, Shona, Cachicadan, Huacollana, Shecle, entre otros.

Las características geológicas de las capas con carbón encajonadas en la Formación Chimú, indican que corresponden a la prolongación de la serie productiva del sector de Coina-Callacuyan.

### **SECTOR BAJO CHICAMA**

En el sector de Bajo Chicama correspondiente a la parte oeste de la cuenca de Alto Chicama entre los 1 000 y 2 000 m.s.n.m se localizan numerosas ocurrencias de carbón.

Los prospectos más importantes corresponden a Cupisnique, Sinsicap, Chapolan, Esmeralda, Alegría, Víctor Manuel, Katy, Imperio, Oro Negro, Matalache, Salavin, entre otros.

Al piso de la Formación Chimú se localiza una serie con carbón que correspondería a la Formación Oyón-Tinajones (Dunin Borkowski, 1993). La parte superior consiste de lutitas y areniscas localizándose las ocurrencias de Matalache, Esperanza, Cupisnique y Cerro Arenas mientras que, la parte inferior esta conformada por lutitas y limolitas donde se sitúan los prospectos Katy, Tapa, Oro Negro, Víctor Manuel y Alegría, que conforman una franja de 7 km de longitud (Dunin Borkowski, 1993).

En Cupisnique afloran 4 capas con carbón con espesores de 0,3 a 2,2 m (Málaga Santolalla, 1920). En Sinsicap las capas con carbón se presentan en

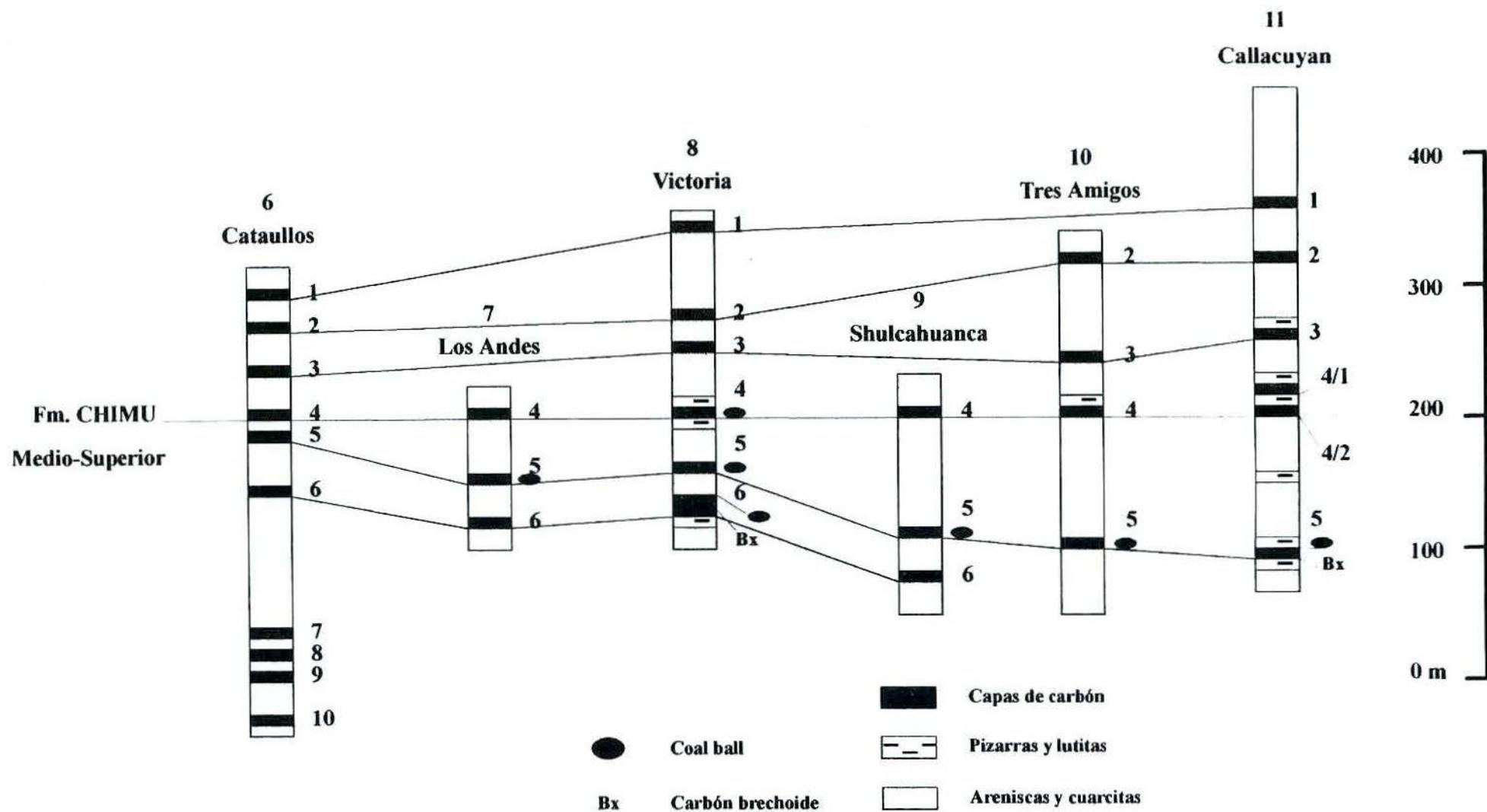


Fig. III.2.14. Secciones estratigráficas y correlación de las capas de carbón del sector Sureste de la cuenca de Alto Chicama (Adaptado de Kopex-Minero Perú, 1975).

forma paralelas de 0,7 a 1,3 m de espesor, con rumbo general NE-SO y buzamiento de 60°-75°SO. En los demás prospectos generalmente afloran 2 capas con carbón estando intercaladas con lutitas.

En la Fig.III.2.15 se ha representado las ocurrencias de carbón en la cuenca de Alto Chicama.

### **III.2.1.4.3. CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS Y GEOQUIMICAS**

Las muestras estudiadas de esta cuenca fueron tomadas en forma de canal y en otros casos con carácter puntual de acuerdo a las características de las capas de carbón.

#### **CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS**

Los carbones de los sectores noroeste y sureste de la cuenca presentan un aspecto bandeado, son de color negro brillante, compactos, duros, con fractura irregular a concoidal. La mayoría de los carbones se encuentran fracturados y triturados.

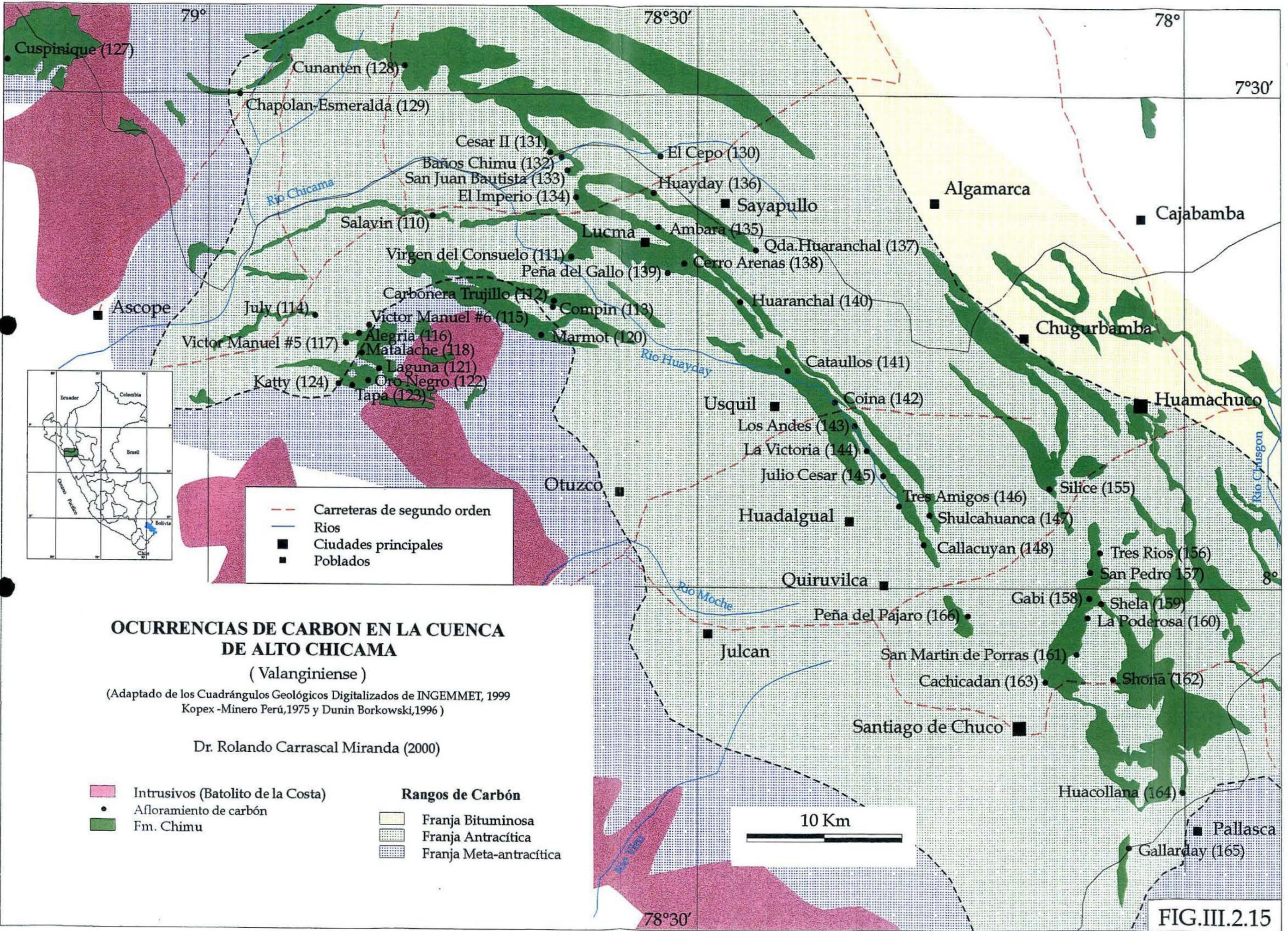
El aspecto bandeado es debido a la presencia de los litotipos vitreno y clareno, siendo el fuseno escaso. Los espesores del vitreno son inferiores a 10 mm. Estas características se repiten en todos los carbones, a excepción de la capa 5 de Callacuyan cuyo carbón presenta un aspecto brechoide y granular de color semibrillante. Otra característica del sector sureste es la presencia de "coal balls" distribuidos a lo largo de la capa 5 de Los Andes, Victoria y Callacuyan. Estos "coal balls" tienen morfologías alargadas, elipsoidales y redondeadas cuyas dimensiones varían desde pocos centímetros hasta 40 cm, siendo duros y compactos (Lamina 4).

#### **ANALISIS MACERAL**

La composición maceral para los carbones del sector noroeste y sureste de la cuenca de Alto Chicama se da en la Tabla III.2.13.

Aunque se han identificado macerales de los tres grupos, la vitrinita es mayoritaria en todos los carbones (> 80% vol.). El grupo inertinita aparece en cantidades inferiores al 12 % vol. mientras que, el grupo liptinita que se encuentra vitrinizado es minoritario (< 7 % vol).

Dentro del grupo vitrinita se han identificado los macerales telinita, corpocolinita y en forma indiferenciada (telocolinita y desmocolinita), ópticamente la vitrinita aparece deformada, fracturada, o triturada.



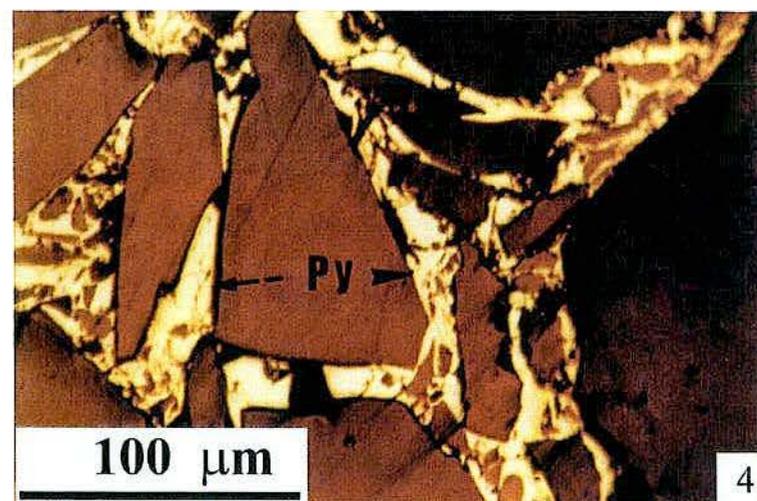
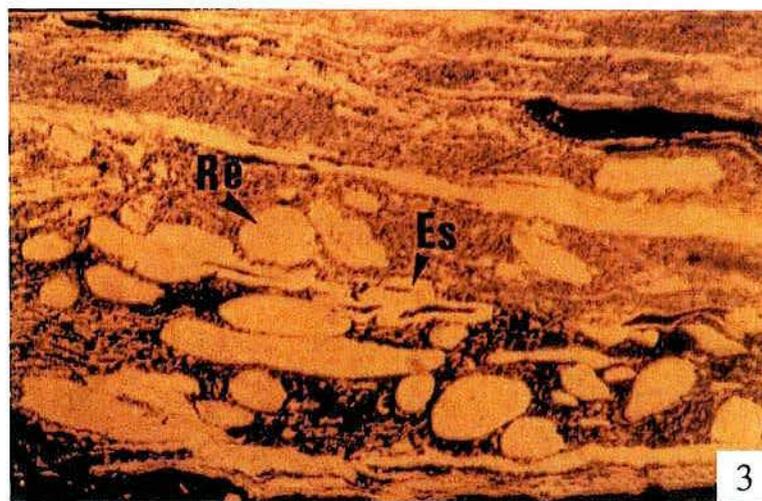
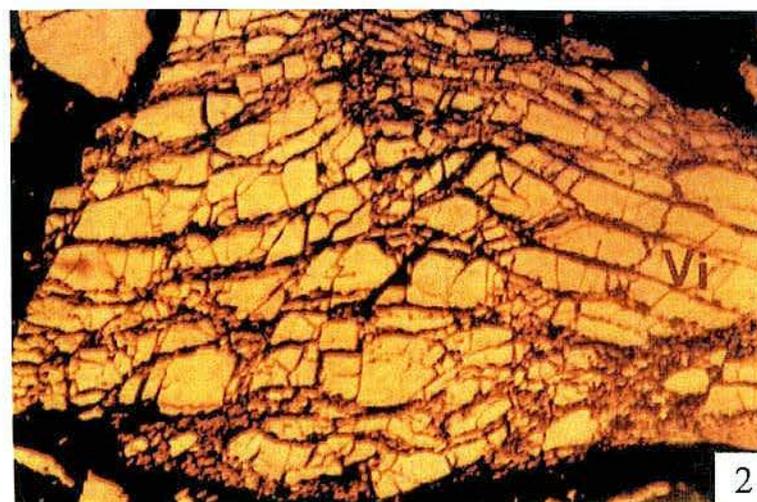
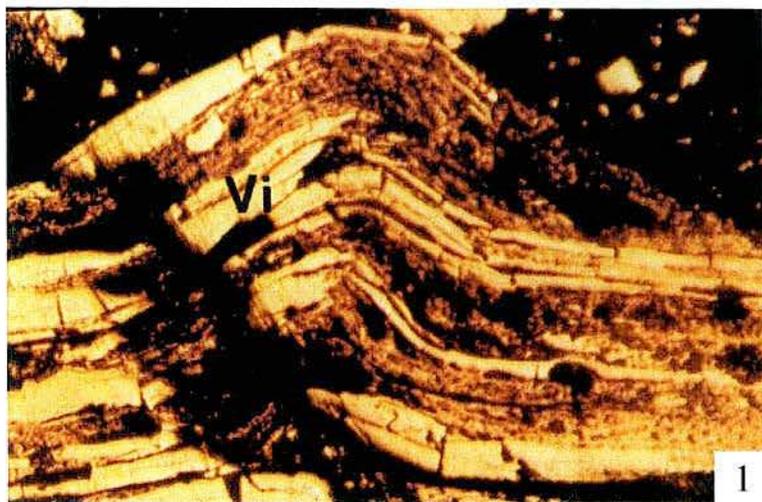
**OCURRENCIAS DE CARBON EN LA CUENCA DE ALTO CHICAMA**  
(Valanginiense)

(Adaptado de los Cuadrángulos Geológicos Digitalizados de INGEMMET, 1999  
Kopex -Minero Perú, 1975 y Dunin Borkowski, 1996)

Dr. Rolando Carrascal Miranda (2000)

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF69B4; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Intrusivos (Batolito de la Costa)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Afloramiento de carbón</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Fm. Chimu</li> </ul> | <p><b>Rangos de Carbón</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFFACD; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Franja Bituminosa</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #D3D3D3; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Franja Antracítica</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Franja Meta-antracítica</li> </ul> |
|---|--|

FIG.III.2.15



*Microfotografías de carbones de la cuenca de Alto Chicama, en luz blanca y en aceite de inmersión.*

1. Vitrinita indiferenciada (Vi) con materia mineral, en bandas deformadas. Capa Pedregal - Cerro Arenas - Sector Noroeste. RC/96.
2. Vitrinita intensamente fracturada. Capa Pedregal - Cerro Arenas - Sector Noroeste. RC/96.
3. Morfología de esporinitas (Es) y resinitas (Re) "vitrinizadas", englobadas en arcillas. Capa 4 - Callacuyan - Sector Sureste. RC/96.
4. Pirita (Py) relleno microfracturas de vitrinita. Capa 5 - La Victoria - Sector Sureste. RC/96.

SECTOR	ZONA	CAPA	A			B	
			V (%)	L <sub>v</sub> (%)	I (%)	M.M (%)	F.O (%)
NOROESTE	BAÑOS CHIMU (1)	Principal (Trujillo)	84,7	4,7	10,6	7,2	92,8
			80,8	7,1	12,1	7,4	92,6
			87,2	6,0	6,8	6,6	93,4
			83,2	4,0	12,8	3,4	96,4
			89,1	2,9	8,0	3,0	97,0
			91,2	2,5	6,3	4,8	95,2
			87,7	3,4	8,9	5,8	94,2
			91,2	2,3	6,5	2,4	97,6
	HUAYDAY (2)	Principal (Trujillo)	94,1	1,2	4,7	2,4	97,6
			91,7	2,5	5,8	2,8	97,2
			89,3	3,1	7,6	3,0	96,8
	AMBARA (3)	Principal (Trujillo)	89,0	5,4	5,6	3,2	96,8
			89,4	3,3	7,3	3,6	96,4
			92,3	2,0	5,7	1,4	98,6
	CERRO ARENAS (4)	Pedregal 1	89,3	2,4	8,3	6,4	93,6
86,2			4,0	9,8	4,4	95,6	
PEÑA DEL GALLO (5)	Adriana	94,6	2,3	3,1	3,6	96,6	
	Gallina	95,0	0,4	4,6	3,4	96,6	
SURESTE	CATAULLOS (6)	1	86,9	3,3	9,8	3,8	96,2
		2	91,9	1,2	6,9	14,0	86,0
		4	92,5	1,8	5,7	2,8	97,2
		5	86,7	3,1	10,2	2,0	98,0
		6	97,8	0,8	1,4	1,2	98,8
		7	82,8	5,5	11,7	5,6	94,5
		LOS ANDES (7)	4	87,6	3,5	8,9	3,6
	83,6			5,6	10,8	11,0	8,90
	91,1			3,2	5,7	1,4	98,6
	5		94,4	2,7	2,9	2,8	97,2
			86,5	4,9	8,6	2,2	97,8
	6	95,7	0,4	3,9	2,4	97,6	
	VICTORIA (8)	4	90,6	3,1	6,3	2,4	97,6
			92,8	2,3	4,9	5,6	94,4
			93,3	1,9	4,8	4,0	96,0
		5	86,1	6,8	7,1	2,4	97,6
			92,1	2,8	5,0	0,8	99,2
			100,0	0,0	0,0	1,2	98,8
		6	97,1	0,4	2,5	2,4	97,6
	96,6		1,2	2,2	1,0	99,0	
	SHULCAHUANCA (9)	5	91,3	1,4	7,3	1,4	98,6
		6	95,3	1,6	3,1	1,2	98,8
	TRES AMIGOS (10)	5	80,2	9,9	9,9	7,2	92,8
		4	90,3	3,8	5,9	4,8	95,2
	CALLACUYAN (11)	1	84,8	7,3	7,9	4,2	95,8
			89,1	4,5	6,4	2,8	97,2
		4N	96,9	0,4	2,7	2,2	98,8
95,6			1,2	3,5	2,2	97,8	
4S		88,4	4,4	7,2	3,6	96,4	
		88,6	6,4	5,0	3,2	96,8	
5		94,0	1,3	4,7	6,6	93,4	
		97,8	0,6	1,6	1,6	98,4	

V: Vitrinita

FO: Fracción orgánica

A: Grupos Macerales

B: Fracción orgánica y materia mineral determinada por vía óptica

L<sub>v</sub>: Liptinita vitrinizada

I: Inertinita

M.M: Material mineral

Tabla.III.2.13 Composición maceral de los carbones de la cuenca de Alto Chicama (Carrascal, 1996).

Los macerales del grupo liptinita se encuentran "vitrinizados" conformado por macroesporas, microesporas, y formas de resinas y cutículas. Como macerales del grupo inertinita se identificó la semifusinita y fusinita mostrando cavidades celulares.

En la Lámina 5 se muestra microfotografías de los macerales representativos de los carbones de esta cuenca.

La materia mineral identificada ópticamente corresponde a cuarzo, arcillas y piritita singenética y epigenética (Lámina 5).

### **ANÁLISIS DE LA REFLECTANCIA**

Los resultados de las medidas de la reflectancia random de la vitrinita para los carbones de los sectores noroeste y sureste se presentan en la Tabla III.2.14.

Para los carbones del sector noroeste los valores de reflectancia son elevados (4,48 - 5,43 %) lo que indica que son carbones altamente evolucionados que han alcanzado el rango de antracitas/meta-antracitas.

Para el sector sureste los valores son también altos (4,63 - 5,71%) habiendo alcanzado los carbones el rango de antracitas/meta-antracitas.

En general, para el sector noroeste existe cierta tendencia de aumento del rango en dirección noroeste. En el sector sureste el incremento de la reflectancia en dirección este y sureste de Callacuyan parece estar relacionada con la proximidad del cabalgamiento "falla rotativa central".

Los carbones de esta cuenca presentan una fuerte anisotropía óptica y un carácter óptico biaxial negativo, lo cual confirma su elevado grado de evolución y corrobora la influencia de fuertes presiones de carácter compresional sobre esta cuenca.

### **CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS**

Los resultados obtenidos de los análisis químicos de los carbones de los dos sectores se muestra en la Tabla III.2.15.

Para el sector noroeste los contenidos en cenizas son relativamente bajos a moderados (< 24 %), las materias volátiles bajos (< 5 %), el carbono alto (94-97 %), bajo en hidrógeno (< 1 %) y en azufre total (< 1 %).

Para el sector sureste los valores en cenizas son también bajos (< 20 %), bajos volátiles (< 4 %), altos en carbono (96-98 %), bajos (< 1 %) en hidrógeno.

En general, los contenidos en azufre total son bajos (<1%), sin embargo las capas 4 y 5 de las zonas de Shulcahuanca y Callacuyan contienen altos porcentajes (14-23 %) fundamentalmente bajo la forma de azufre elemental.

SECTOR	ZONA	CAPA	Ro (%)	MVR (%)	RANGO
NOROESTE	BAÑOS CHIMU (1)	Principal (Trujillo)	5.2	3.4	Meta-antracita
			5.2	3.4	Meta-antracita
			5.3	3.2	Meta-antracita
			5.3	3.3	Meta-antracita
			5.4	3.2	Meta-antracita
			5.4	3.2	Meta-antracita
			5.3	3.2	Meta-antracita
			5.4	3.1	Meta-antracita
	HUAYDAY (2)	Pincipal (Trujillo)	4.6	4.1	Antracitas
			4.5	4.3	Antracitas
			4.7	4.0	Antracitas
	AMBARA (3)	Principal (Trujillo)	4.6	4.2	Antracitas
			4.6	4.2	Antracitas
			4.5	4.4	Antracitas
	CERRO ARENAS (4)	Pedregal 1	4.5	4.3	Antracitas
4.9			3.7	Antracitas	
PEÑA DEL GALLO (5)	Adriana	5.1	3.4	Meta-antracita	
	Gallina	4.8	3.9	Antracitas	
SURESTE	CATAULLOS (6)	1	5.16	3.5	Meta-antracita
		2	4.67	4.1	Antracitas
		4	4.96	3.6	Antracitas
		5	5.07	3.5	Meta-antracita
		6	4.89	3.7	Antracitas
		7	4.90	3.7	Antracitas
		LOS ANDES (7)	4	4.81	3.8
	4.90			3.7	Antracitas
	5.00			3.6	Meta-antracita
	5		4.86	3.7	Antracitas
			5.21	3.2	Meta-antracita
			6	4.86	3.7
	VICTORIA (8)	4	5.14	3.4	Meta-antracita
			4.94	3.6	Antracitas
		5	4.78	3.9	Antracitas
			4.67	4.0	Antracitas
			4.85	3.7	Antracitas
			4.84	3.7	Antracitas
		6	4.98	3.5	Antracitas
	5.11		3.4	Meta-antracita	
	SHULCAHUANCA (9)	5	5.04	3.5	Meta-antracita
			5.11	3.4	Meta-antracita
	TRES AMIGOS (10)	6	4.63	4.1	Antracitas
			4	4.91	3.7
	CALLACUYAN (11)	1	5.09	3.4	Meta-antracita
			2	4.92	3.7
		4N	5.01	3.5	Meta-antracita
4.95			2.8	Antracitas	
4S		5.57	3.6	Meta-antracita	
		5.71	2.7	Meta-antracita	
5		5.59	2.9	Meta-antracita	
		5.66	2.8	Meta-antracita	

Ro: Reflectancia random de la vitrinita

MVR: Materias volátiles calculadas a partir del histograma de Ro

Tabla.III.2.14 Reflectancia de la vitrinita de los carbones de la cuenca de Alto Chicama (Carrascal,1996)

Los carbones del sector de Gaby-Shona (Gaby, Shela, San Martín) presentan contenidos bajos en cenizas (< 14 %), bajas materias volátiles (4-9 %), carbono fijo alto (75-86 %), bajo azufre total (< 0,7 %) y poder calorífico alto (6 700-7 600 Kcal/kg)(Cementos Norte Pacasmayo, 1992).

Para los carbones procedentes de Bajo Chicama (Katy, Tapa, Oro Negro, Matalache, Víctor Manuel, Alegría) los análisis químicos indican que sus contenidos en cenizas son variables (13-50 %), materias volátiles bajas (3-7 %), carbono fijo variable (44-81 %), azufre total (0,4 - 3,5 %) y poder calorífico variable (3 700-7 000 Kcal/kg)(Dunin Borkowski, 1993).

Los carbones de los sectores de Gaby-Shona y Bajo Chicama han alcanzado también el rango de antracitas.

La **materia mineral** contenida en los carbones de esta cuenca esta compuesta mayoritariamente por Si y Al, en menor proporción por Fe, Ca, K y Ti (Tabla III.2.16).

En general, los contenidos en elementos traza se encuentran dentro de los límites señalados para carbones de alto rango. Sin embargo, los carbones de la zona de Callacuyan presentan elevados contenidos de Ni, Cr, Pb, Zn (501-1500 ppm)(Tabla III.2.17) con relación al resto de los carbones de la cuenca. Asimismo, Ojeda Chavez et al, (1985) reporta contenidos elevados de Pb (1 080 ppm) y Cu (2 160 ppm) para los carbones de la zona de Tres Amigos próxima a Callacuyan. Estos contenidos elevados esta en estrecha relación con los carbones que presentan un alto contenido en azufre total (principalmente en estado elemental) indicando una relación genética de estos elementos con la circulación de fluidos hidrotermales en este sector de la cuenca de Alto Chicama.

Las especies minerales constituyentes de la fracción mineral de los carbones son cuarzo, arcillas, feldespatos, pirita, flogopita, escaso rutilo, apatito y carbonatos.

#### **III.2.1.4.4. TIPO, ORIGEN Y AMBIENTE DEPOSICIONAL DE LOS CARBONES**

Los carbones de ambas series son de tipo húmico, con aspecto bandeado por los litotipos vitreño y clareno.. Los restos orgánicos que lo constituyen proceden de árboles y vegetación arbustiva. Su origen se establece como autóctono/hypautoctono para los del sector noroeste e hypautoctono/alóctono para los carbones del sureste.

De acuerdo con las características litológicas y petrológicas, las capas carbonosas de esta cuenca se habrían generado en un ambiente sedimentario de

SECTOR	ZONA	CAPA	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	MnO (%)	SO <sub>3</sub> (%)	
NOROESTE	BAÑOS CHIMU (1)	Principal (Trujillo)	45,59	36,16	3,57	2,49			1,88	1,83	1,03	n d	0,91	
			48,19	37,11	2,62	1,06			2,33	1,77	1,99	0,02	0,22	
			45,63	34,87	2,49	2,31			1,70	2,17	0,33	0,36	1,27	
			52,60*	32,25*	2,57*	4,53*	2,08*	1,10*	1,90*	2,72*				
			47,67	34,59	5,58	0,95			2,04	2,07	1,05	n d	0,86	
	HUAYDAY (2)	Principal (Trujillo)	41,70*	43,60	3,05*	6,03*	2,40*	1,37*	1,54*	0,67*				
			46,16	37,02	1,40	1,71			2,96	1,67	1,52	0,20	0,47	
	AMBARA (3)	Principal (Trujillo)	51,80*	36,50*	3,21*	0,91*	3,22*	0,69*	1,99*	1,65*				
			48,39	35,31	3,04	0,94			1,43	1,89	0,27	n d	1,22	
	CERRO ARENAS (4)	Pedregal 1	81,40*	13,66*	1,79*	0,10*	0,29*	0,03*	1,19*	1,45*				
		63,50	28,01	2,65	0,15			2,61	1,73	1,45	n d	0,24		
PEÑA DEL GALLO (5)	Adriana	67,00*	23,60*	1,93*	2,07*	0,97*	0,84*	1,50*	1,32*					
	Gallina	42,50*	26,77*	27,50*	0,66*	0,90*	0,19*	1,20*	2,44*					
SURESTE	CATAULLOS (6)	4	44,98	37,91	1,97	1,95			2,17	2,23	1,79	0,05	0,96	
		5	47,07	37,50	1,83	0,77			4,28	1,69	1,97	0,11	0,20	
		6	31,12	27,61	8,38	5,45			1,90	1,56	n d	n d	6,89	
		7	55,57	32,88	1,16	0,44			2,48	1,45	0,66	0,24	0,57	
	LOS ANDES (7)	4	42,16	37,73	3,41	1,98			3,25	2,03	0,36	n d	1,44	
			47,39	39,12	2,18	0,00			1,73	1,59	1,97	0,07	0,27	
			47,31	38,99	1,63	1,11			1,31	2,02	1,21	0,12	0,60	
		5	39,88	34,77	5,74	3,16			2,08	1,73	n d	0,12	3,54	
		43,94	40,11	1,10	1,22			3,64	2,59	0,64	n d	1,42		
	VICTORIA (8)	4	41,47	41,16	1,50	2,79			0,91	2,20	n d	0,12	2,23	
			43,84	35,86	4,08	1,03			3,47	1,88	0,86	n d	1,05	
		5	39,04	33,73	8,12	3,20	0,80*	1,01*	2,77	1,75	n d	n d	2,36	
			50,20*	37,29*	1,60*	1,13*			5,14*	1,89*				
			42,55	40,43	2,09	4,14			2,40	1,56	1,17	0,18	0,57	
			30,40	41,16	2,08	6,45			0,96	1,98	n d	0,09	7,10	
	6	49,05	33,34	4,15	2,08			1,41	1,31	n d	0,10	1,14		
		37,89	45,15	2,27	2,10			1,38	2,67	n d	0,20	2,42		
		43,48	40,36	1,89	0,92			3,87	1,85	2,37	0,11	0,16		
	SHULCAHUANCA (9)	5	77,10*	17,57*	1,52*	0,26*	0,49*	0,27*	1,45*	1,32*				
		6	59,50*	33,83*	0,54*	0,44*	0,55*	0,03*	2,38	1,78*				
TRES AMIGOS (10)	4	38,90*	25,50*	28,60*	1,05*	0,83*	0,92*	1,20*	1,54*					
CALLACUYAN (11)	2	55,70*	36,00*	1,69*	0,79*	0,69*	0,63*	1,25*	3,11*					
	4N	38,23	39,60	8,56	1,61			1,19	2,65	1,17	n d	1,15		
	4S	38,60	38,40	8,58	1,61			1,19	2,68	1,07	n d	1,25		
		46,50*	44,35*	0,69*	0,56*	0,77*	0,27*	2,34*	1,90*					
		42,78	45,56	0,70	0,93			2,41	2,07	1,64	0,30	0,86		
5	36,72	38,02	2,12	4,70			1,75	1,96	n d	0,29	1,22			
	63,10*	31,27*	0,31*	0,54*	0,49*	0,96*	0,99*	2,04*						
	54,56	34,13	0,33	0,78			1,12	2,22	0,56	0,33	0,76			

n.d.: No detectado

\* Determinado por absorción atómica

Tabla.III.2.16 Elementos mayoritarios y minoritarios en las cenizas de los carbones de la cuenca de Alto Chicama (Carrascal, 1996).

SECTOR	ZONA	CAPA	0 - 10 (ppm)	11 - 100 (ppm)	101 - 500 (ppm)	501 - 1000 (ppm)	1001 - 1500 (ppm)	1501 - 2000 (ppm)	> 2000 (ppm)
NOROESTE	BAÑOS CHIMU (1)	Principal (Trujillo)	Cr Cr, Ni Nb, Rb, Cu, Ni, V Ni	Nb, Cu, Ni Nb, Zr, Cu Cr Nb, Cu	Zr, Rb, Sr, V, Zn, Pb Rb, Sr, V, Zn, Pb Zr, Pb Zr, Ba, Rb, Sr, Cr, V, Zn, Pb	Ba Ba Ba			Sr, Zn
		HUAYDAY (2)	Principal	Cr, Cu	Nb	Zr, Rb, Sr, Ni, V, Zn, Pb	Ba		
		AMBARA (3)	Principal	Zr, Cr, Cu	Nb, Zn, Pb	Rb, Sr, Ni, V	Ba		
		C° ARENAS (4)	Pedregal 1	Cr, Ni	Nb	Zr, Rb, Sr, Cu, V, Zn, Pb	Ba		
SURESTE	CATAULLOS (6)	4	Cr, Ni	Nb	Zr, Rb, Sr, Cu, V, Pb	Ba, Zn			
		5	Cr, Ni	Nb	Zr, Rb, Sr, Cu, V, Zn, Pb	Ba			
		6		Nb, Cu	Zr, Rb, Sr, Ni, V, Zn, Pb		Sr		Ba
		7	Cr	Nb, Cu, Ni	Zr, Rb, Sr, V, Zn, Pb	Ba			
	LOS ANDES (7)	4	Cr, Ni Cr, Ni Cr, Ni	Nb Nb, Zr, Zn Nb	Zr, Rb, Sr, Cu, V, Pb Rb, Sr, Ni, V, Pb Zr, Rb, Sr, Cu, V, Zn, Pb	Ba, Zn Ba Ba			
		5	Cr, Ni	Nb Nb, Sr	Rb, Cr, Cu, Ni, V, Zn, Pb Zr, Ba, Rb, Cu, V, Pb	Zr, Sr Zn		Ba	
	VICTORIA (8)	4	Cr Cr, Ni	Nb Nb	Zr, Rb, Cu, Ni, V, Zn, Pb Zr, Rb, Sr, Cu, V, Zn, Pb	Ba	Sr		Ba
		5		Nb, Pb Nb, Cu	Zr, Rb, Cr, Cu, V, Zn Zr, Rb, Cr, Cu, V, Zn, Pb	Ni	Sr	Ba	Ba
				Ni	Nb, V	Zr, Ba, Rb, Sr, Cr, Cu, Pb	Zn		
		6	Ni Ni Cr, Ni	Nb Nb, Cr, V Nb	Zr, Rb, Sr, Cr, Cu, V, Zn, Pb Zr, Rb, Cu, V, Zn, Pb Zr, Rb, Cu, V, Zn, Pb	Ba Zn Sr		Ba	
	CALLACUYAN (11)	4N	V	Nb, Rb	Zr, Cr, Cu, Pb	Ni, Zn		Sr	Ba
		4S	V	Nb, Rb	Zr, Cu, Pb	Cr, Ni, Zr		Sr	Ba
			Zr, Cu, Zn	Nb, Cr, V	Rb, V	Sr	Ba, Ni, Pb		
	5	Rb, Cu, V Zr, Cr, Cu, V, Zn	Nb Nb	Cr Rb, Sr	Zn Ba	Ni, Pb Ni	Zr Pb	Ba, Sr	

Tabla.III.2.17 Límites de concentración de los elementos traza en las cenizas de los carbones de la cuenca de Alto Chicama (Carrascal,1996).

tipo deltaico, bajo condiciones húmedas.

Las facies sedimentarias corresponderían a facies transicionales de llanura deltaica inferior/superior con influencia de aguas dulces y aguas salobres. Esta cuenca es de carácter parállica.

Los "coal balls" de la capa 5 del sector sureste son totalmente orgánicos y se habrían formado por basculamiento de la cuenca como consecuencia del tectonismo que afecto a esta cuenca y su evolución fue paralela al resto de los carbones.

Se asigna un origen termogenético debido a los fluidos sulfurosos derivados de la actividad magmatica en la cuenca, al azufre elemental de los carbones del extremo sureste (Shulcahuanca y Callacuyan) de esta cuenca.

#### **III.2.1.4.5. GRADO DE EVOLUCION Y DISTRIBUCION DEL RANGO**

Todos los carbones de esta cuenca son de rango antracitas/meta-antracitas situándose en el estadio de la metagénesis avanzada. Este alto grado de evolución orgánica seria equivalente al estadio de "anchimetamorfismo" o "anchizona" en transición a la zona de metamorfismo de bajo grado (metamorfismo de muy bajo grado), de acuerdo con la materia mineral asociada a los carbones.

El alto grado de evolución esta relacionado con una carbonificación anormal de carácter regional producida por un metamorfismo térmico, causado por el emplazamiento de los cuerpos intrusivos del "Batolito de la Costa" y de stocks intrusivos de menores dimensiones, que se sobreimpuso a una carbonificación inicial por subsidencia.

A pesar de esta carbonificación regional se observa una zonación del rango con aumento del mismo hacia el borde oeste de la cuenca y hacia el sureste debido en este caso a un cabalgamiento regional que controla el emplazamiento de intrusivos. Este hecho y la existencia de carbones menos evolucionados en las áreas este/noreste de la cuenca da lugar a una zonación del rango con incremento desde el este hacia el oeste en franjas relativamente paralelas (Fig. III.2.15).

La influencia de la presión durante el proceso de carbonificación queda reflejado por la estrecha relación existente entre la intensidad de deformación y el grado de anisotropía óptica determinado. Los carbones presentan un carácter óptico biaxial negativo y características de semigrafitos.

### III.2.1.5. CUENCA DE GOYLLARISQUIZGA

#### III.2.1.5.1. SINTESIS GEOLOGICA

La serie sedimentaria en esta cuenca tiene como basamento a los Grupos Exelsior, Mitu y Pucara. Sobreyaciendo en concordancia al grupo Pucara se tiene el Grupo Goyllarisquizga (Cretácico Inferior) continuando con el Grupo Machay (Albiense), sobre el cual descansa discordantemente la Formación Pocobamba (capas rojas).

La cuenca ha sufrido diversas fases tectónicas de la orogenia andina siendo fallada y deformada, presentando sinclinales y anticlinales de orientación andina.

La estructura que controla la localización de las capas de carbón es un sinclinal asimétrico con rumbo NW-SE cuyo eje se inclina al SE (Fig.III.2.16). La mina se localiza en el flanco NE y en el eje del sinclinal (Fig.III.2.16).

El Grupo Goyllarisquizga (Neocomiense) en el área del yacimiento tiene unos 500 m de espesor y esta constituida por 6 miembros: serie inferior con carbón (litología variada en forma lenticular), areniscas Murucata, serie superior con carbón (volcánicos en la base y arcillas), capas Bolognesi (capas rojas y volcánicos), arenisca Chonta y arenisca calcárea (Page, 1960).

Este grupo contiene la serie productiva con capas de carbón.

#### III.2.1.5.2. LAS FORMACIONES Y SERIES CON CAPAS DE CARBON

Las series productivas que contiene carbón se localizan en la parte inferior del Grupo Goyllarisquizga. La serie esta integrada por los miembros "serie inferior con carbón" y "serie superior con carbón" constituidos por areniscas y capas de carbón. Estas series se encuentran separadas por el miembro Murucata conformada por areniscas y conglomerados cuarzosos (Broggi, 1927).

#### YACIMIENTO DE GOYLLARISQUIZGA

La serie inferior contiene solo una capa delgada (< 1 m) y poco continua mientras que, la serie superior contienen 4 capas denominadas: Principal, Paralelo, Primera y Segunda (Horna, 1985). Las series están conformadas por areniscas blancas cuarzosas intercaladas con lutitas y capas de carbón.

*CAPA PRINCIPAL* : Tiene de 1-3 m de espesor localizado entre arcillas refractarias, la capa hacia el extremo norte del distrito se vuelve impura.

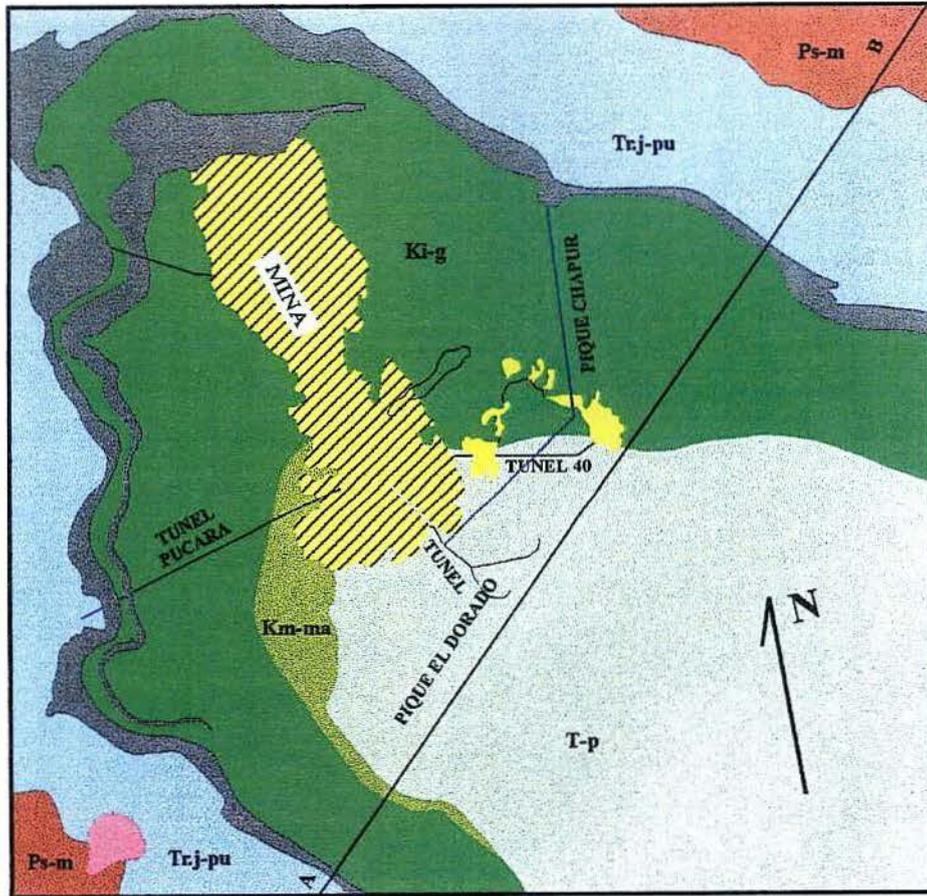
SECTOR	ZONA	CAPA	Hu (%)	Cenizas *	M.V **	C **	H **	N **	O **	S <sub>t</sub> *	P.C *
				(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	Mj/Kg
NOROESTE ALTO CHICAMA	BAÑOS CHIMU (1)	Principal (Trujillo)	2,62	20,57	4,61	96,21	0,37	0,47	2,69	0,60	23,95
			3,51	21,55	4,95	95,93	0,28	0,27	3,27	0,34	24,57
			2,85	15,09	4,17	96,93	0,16	0,42	2,25	0,44	27,00
			2,36	23,46	4,32	95,58	0,20	0,51	3,46	0,49	23,55
			2,04	10,49	4,11	96,96	0,26	0,31	2,24	0,43	28,83
			1,80	7,21	4,26	96,71	0,31	0,30	2,36	0,40	30,24
			2,03	13,67	3,79	97,32	0,21	0,30	1,92	0,58	27,36
			1,93	11,48	3,50	97,07	0,20	0,31	2,00	0,47	28,52
	HUAYDAY (2)	Principal (Trujillo)	3,58	4,87	2,18	96,89	0,64	0,70	1,13	0,63	32,40
			2,80	14,53	3,17	96,59	0,71	0,87	1,14	0,61	28,41
			2,50	12,45	3,36	96,34	0,88	0,95	1,17	0,61	29,21
	AMBARA (3)	Principal (Trujillo)	3,72	6,20	2,64	96,80	0,50	0,77	1,28	0,63	31,96
			3,08	9,32	3,12	94,59	0,73	0,74	3,27	0,67	30,31
			5,67	6,19	7,95	92,85	0,78	0,74	4,92	0,70	30,03
	CERRO ARENAS (4)	Pedregal 1	2,81	15,23	3,83	96,87	0,45	0,66	1,25	0,68	28,52
3,03			15,73	4,46	95,80	0,77	0,65	2,40	0,64	27,93	
PEÑA DEL GALLO (5)	Adriana	4,79	6,63	3,98	96,59	0,28	0,58	1,77	0,78	30,77	
	Gallina	2,50	6,88	2,56	96,84	0,29	0,66	1,39	0,78	31,26	
SURESTE - ALTO CHICAMA	CATAULLOS (a)	4	3,55	7,43	3,29	96,97	0,57	0,78	1,09	0,67	30,87
		5	3,20	14,48	4,19	95,66	0,39	0,71	2,50	0,70	28,13
		6	5,18	2,78	6,72	94,18	0,49	0,63	4,06	0,66	31,39
		7	3,19	18,11	3,82	97,37	0,46	0,65	0,84	0,62	26,50
	LOS ANDES (b)	4	3,75	6,17	3,49	96,36	0,31	0,68	1,83	0,81	31,25
			2,53	42,86	11,76	89,34	1,21	1,23	6,66	1,22	16,40
			3,16	8,85	2,75	96,98	0,41	0,72	1,21	0,71	30,59
		5	2,52	3,47	2,12	97,91	0,33	0,74	0,37	0,61	32,69
	VICTORIA (c)	4	4,33	5,92	2,23	98,85	0,61	0,68	---	0,68	31,73
			2,80	4,71	2,32	96,72	0,42	0,60	1,59	0,65	31,97
		5	2,53	10,40	3,26	96,50	0,36	0,69	1,61	1,06	29,59
			2,78	4,65	2,15	97,73	0,55	0,59	1,61	0,63	32,00
			3,64	8,09	1,84	98,37	0,50	0,59	0,39	0,27	31,15
			4,03	5,10	1,92	96,81	0,35	0,59	0,80	1,43	31,91
		6	4,62	1,45	1,19	99,39	0,43	0,60	---	0,32	33,57
			2,55	9,78	2,82	97,39	0,33	0,68	1,20	0,38	30,16
			2,52	5,25	2,51	92,92	0,58	0,79	5,26	0,46	31,91
			2,50	19,09	4,12	95,88	0,48	0,99	2,29	0,35	26,70
	SHULCAHUANCA (d)	5	0,29	11,37	9,26	81,54	0,68	0,52	0,41	15,08	26,48
		6	3,68	12,03	3,48	96,42	0,66	0,73	1,44	0,67	29,82
	TRES AMIGOS (e)	4	3,48	6,11	2,24	96,08	0,51	0,64	0,49	2,15	31,41
	CALLACUYAN (f)	1	2,57	9,51	2,56	95,83	0,27	0,56	1,12	2,03	30,05
			3,58	7,34	2,32	96,83	0,27	0,70	1,16	0,97	31,08
		4N	3,44	4,52	2,59	97,08	0,86	0,58	0,81	0,98	32,18
3,56			4,07	1,63	97,25	0,41	0,65	0,92	0,75	32,42	
4S		0,27	5,39	7,75	82,45	0,23	0,50	---	16,44	27,33	
		0,23	7,60	7,34	80,52	0,60	0,51	2,28	14,89	29,58	
5		0,16	3,98	7,55	79,65	0,09	0,56	1,07	17,96	27,68	
	0,13	4,76	14,57	73,90	0,43	0,45	0,97	23,11	26,04		

M.V: Materias volátiles  
C: Carbono  
H: Hidrógeno  
Hu: Humedad

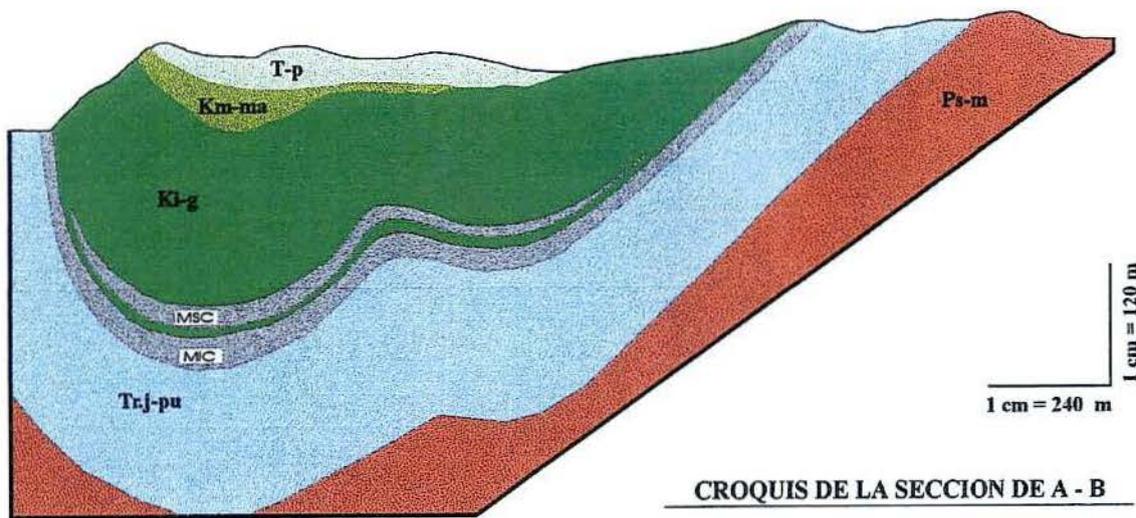
O: Oxígeno  
N: Nitrógeno  
S<sub>t</sub>: Azufre total

P.C: Poder calorífico  
\* Valores obtenidos sobre base seca  
\*\* Valores obtenidos sobre base seca y libre de cenizas (combustible puro)

Tabla III.2.15. Resultados de los análisis químicos de los carbones de la cuenca de Alto Chicama (Carrascal, 1996).



- T-p FORMACION POCOBAMBA
- Km-ma FORMACION MACHAY
- Ki-g GRUPO GOLLAYRISQUIZGA
- Tr-j-pu GRUPO PUCARA
- Ps-m GRUPO MITU



CROQUIS DE LA SECCION DE A - B

Fig.III.2.16. Plano y sección geológica del yacimiento de Goyllarisquizga. (Adaptado de Horna, 1985).

*CAPA PARALELA* : Presenta de 1,3 – 2,6 m de espesor. Contiene pirita, arcillas y concreciones calcáreas. Esta separada de la capa principal por una capa delgada de arcilla refractaria gris clara que varía entre 0,1- 0,3 m de espesor.

*CAPA PRIMERA* : Se localiza al extremo sur. Su potencia varía entre 1- 1,2 m, contiene bandas de arcillas y lutitas.

*CAPA SEGUNDA* : Solo ha sido reconocida en la zona del pique grande y parcialmente en Murucata donde en su límite sur se adelgaza y pasa a lutitas carbonosas. En el área del pique grande tiene de 0,9 – 2,1 m de espesor.

En general, las capas son de carácter lenticular y tienen espesores de hasta 3 m presentando en la parte central carbones más puros pasando gradualmente a lutitas carbonosas.

Excepcionalmente, en la zona axial del sinclinal (pique grande) las capas tienen espesores considerables así, la capa Principal (9 m), Paralelo (9 m), Primera (4 m) y Segunda (3 m) haciendo en total unos 25 m de carbón.

Las capas Principal y Paralelo son las más continuas y extensas y se encuentran separadas por una capa de pizarra arcillosa cuyo espesor varía de pocos cms hasta algunos metros.

### **SECTOR DE PILLAO**

Se localiza al noroeste de Cerro de Pasco, en la quebrada de Chaupihuaranga. La formación que contiene las capas con carbón es el Grupo Goyllarisquizga de edad Valanginiense.

Las capas con carbón son de carácter lenticular con potencias que alcanzan hasta 5 m.

Se explotaron en forma artesanal produciendo coke (Broggi, 1927). En 1923 del sector de Pillao se produjeron unos 200 toneladas de carbón que fueron utilizadas en Minasragra.

### **SECTOR DE QUISHUARCANCHA**

Se localiza en el flanco oriental del cañón de Jaro, el cual es afluente del Tanahuanca, también localizado en Cerro de Pasco.

Constituye la continuación meridional de la región carbonífera de Goyllarisquizga, del cual dista unos 12 km.

En la región los dos paquetes de sedimentación orgánica reconocida en Goyllarisquizga, se encuentran unidos formando una sola en forma de lentes. Se correlacionan con las zonas de Jaro, Quishuarcancha, Milagro y San Nicanor.

El lente de mayor potencia ha sido explotado por la Cerro de Pasco Copper Corporation, cuyas potencias en su zona axial alcanzaron los 10 m mientras que, en la zona de Milagro los lentes alcanzan 2,5 m y en la zona de Jaro 1,5 m.

### **SECTOR DE YANAHUANCA**

Se localiza entre los sectores de Quishuarcancha y Pillao en los alrededores del pueblo del mismo nombre. La serie productiva es la misma que Goyllarisquizga presentando facies de areniscas cuarzosas y pizarras.

Las zonas con lentes de carbón son: Visacancha, Huachapo, Shaygua y Alpamarca. Los espesores máximos alcanzan los 4 m (Huachapo), son lenticulares y gradan a pizarras carbonosas.

### **SECTOR DE MARGOS**

Se localiza entre Pillao y Huallanca a unos 50 km al suroeste de Huánuco. Las áreas con carbón se ubican al oeste y sur del pueblo de Margos en la provincia de Dos de Mayo.

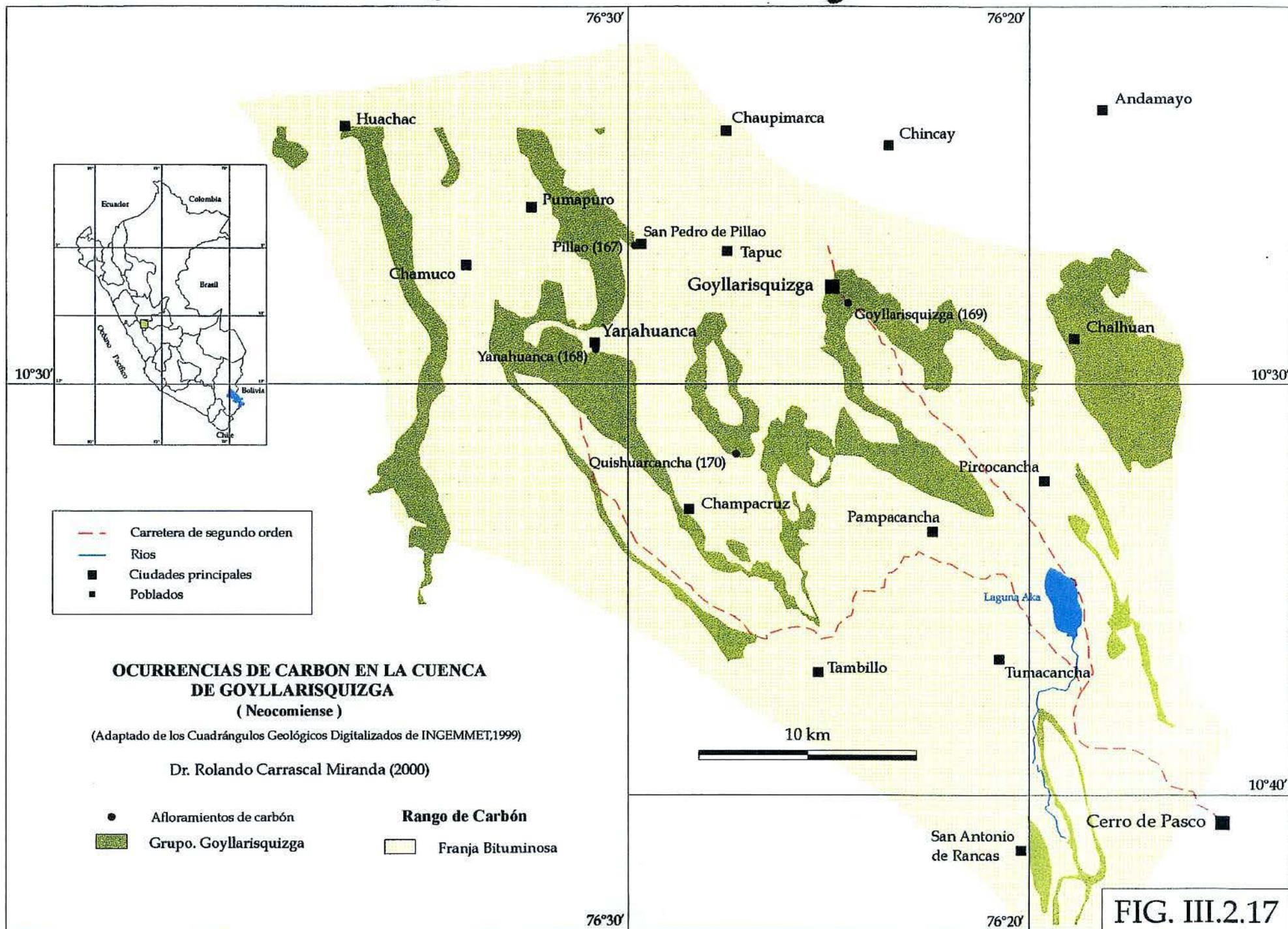
El afloramiento más próximo a Margos es el de Togana distante 5 km. La serie productiva es el Grupo Goyllarisquizga de edad Valanginiense.

En Togana se presentan 3 lentes superpuestos con potencias de 0,4 a 1,5 m (Broggi, 1927), dichos afloramientos se prolongan hacia el sur aflorando en Llamapashillo localizado en el paraje de Garhuash.

En la Fig.III.2.17 se muestra los afloramientos de carbón en esta cuenca.

### **III.2.1.5.3. CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS Y GEOQUIMICAS**

La toma de muestras para los análisis referenciales que se tiene sobre los carbones de esta cuenca no se especifica, sin embargo, se interpreta que han sido de carácter puntual o de compósitos (análisis industrial).



## **CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS**

Los carbones son de color negro semibrillantes a brillantes, poco compactos, deleznable y de fractura irregular. Presenta un aspecto bandeado originado por los litotipos vitreño y clareño así como laminaciones finas de pizarra carbonosa y en ocasiones pirita.

Los carbones han alcanzado el rango de carbones sub-bituminosos (Broggi, 1927; Mucho, 1992) sin embargo, Page (1960) indica un rango bituminoso.

## **CARACTERISTICAS GEOQUIMICAS**

Los resultados de algunos análisis químicos de los carbones se resume en la Tabla III.2.18.

Los contenidos en cenizas son altos (24-60 %), las materias volátiles medios a altos (20-40 %) y el carbono fijo de 22-45 %. Los contenidos en azufre total alcanzan hasta 3 % principalmente bajo la forma de azufre pirítico.

Los carbones presentan propiedades coquificables con índices de hinchamiento de 2,5 a 3 (Tabla III.2.18).

Los análisis químicos promedios de los carbones de Pillao, Quishuarcancha y Yanahuanca muestran características similares al de Goyllarisquizga (Tabla III.2.18). Los carbones de los sectores señalados han alcanzado el rango de sub-bituminosos (Broggi, 1927).

### **III.2.1.5.4. TIPO, ORIGEN Y AMBIENTE DEPOSICIONAL DE LOS CARBONES**

Los carbones tendrían un origen autóctono a hypautoctono dado que presentan suelos conformados por arcillas refractarias con restos vegetales al piso, así como por su marcado carácter lenticular y altos contenidos en cenizas.

Las características geológicas y litológicas así como la presencia de pirita y concreciones calcáreas asociadas a los carbones, indican que esta cuenca se depositó en ambientes deltaicos (Wilson, 1963), generándose los carbones en las cercanías del mar, bajo condiciones húmedas, siendo la cuenca probablemente de carácter parálica.

SECTOR	Muestras	Hu (%)	Cenizas (%)	M.V. (%)	C. F. (%)	S (%)	Indice Hinch.	Rango	Referencias
Goyllarisquizga	Industrial	8,1	40,6	28,9	22,4			Bituminoso	(Broggi, 1927)
	Pequeños mineros	6,0	25,0	35,0	34,0			Bituminoso	(Broggi, 1927)
	Promedio		40,5	20 - 30				Bituminoso	(Tisson, 1960)
	Promedio	8,0	31,0	27,0	45,0	3,0		Bituminoso	(Mucho, 1992)
	Expl. Cielo abierto		60,9	23,9	15,2			Bituminoso	(Horna, 1985)
	Expl. Subterránea		39,7	31,6	28,7			Bituminoso	(Horna, 1985)
	Promedio (antes 1972)		26,5	32,5	41,0	3,4	3,0	Bituminoso	(Villanueva, 1985)
	Promedio (después 1979)		24,2	39,8	36,0	3,2	2,5	Bituminoso	(Villanueva, 1985)
<b>Pillao</b>		2,4	33,7	31,2	32,7			Bituminoso	(Broggi, 1927)
<b>Quishuarcancha</b>		10,9	36,1	30,1	22,9			Bituminoso	(Broggi, 1927)
<b>Yanahuanca</b>	Sayhua - Alpamarca	0,5	33,7	33,3	32,5			Bituminoso	(Broggi, 1927)
	Huachapo	3,0	20,0	47,0	30,0			Bituminoso	(Broggi, 1927)

Tabla III.2.18. Análisis químicos de los carbones de la cuenca de Goyllarisquizga

### **III.2.1.5.5. GRADO DE EVOLUCION Y DISTRIBUCION DEL RANGO**

Los datos petrograficos y algunos análisis químicos indican que los carbones de la cuenca de Goyllarisquizga han alcanzado el rango de carbones sub-bituminosos/bituminosos (Fig. III.2.17).

A nivel regional esta cuenca se correlaciona con la cuenca de Jatunhuasi siendo las menos evolucionadas dentro de las cuencas Mesozoicas, conformando la franja de carbones bituminosos.

### **III.2.1.6. CUENCA JATUNHUASI**

#### **III.2.1.6.1. SINTESIS GEOLOGICA**

Los primeros estudios de la serie estratigráfica regional fueron realizados por McLaughlin (1924), Harrison (1940/53), Megard (1968). Las unidades más antiguas corresponden al Triásico Superior - Jurásico Inferior y los más jóvenes al Terciario Inferior (Fig.III.2.18).

La serie esta constituida por el Grupo Pucara (Formación Condorsinga) sobreyacendo en concordancia la Formación Cercapuquio y la Formación Chunomayo, ambas de edad Jurásico Medio.

El Grupo Goyllarisquizga (Neocomiense) esta constituida por areniscas cuarzosas blancas y amarillentas presentando laminación cruzada intercaladas con lutitas oscuras y capas de carbón. Constituye la Formación productiva con capas de carbón de esta Cuenca.

Luego se tiene el Grupo Machay (Albiense) conformada por las Formaciones Chulec y Pariatambo. Continúa la Formación Jumasha.

La Formación Casapalca (Terciario Inferior) se dispone en forma discordante sobre la Formación Jumasha. Finalmente los Volcánicos Astobamba (Terciario Superior) cubren el sector.

La cuenca ha sufrido diversas fases tectónicas de la orogenia andina siendo fallada y deformada. La estructura principal lo constituye el sinclinal de Jatunhuasi, en cuyos flancos NE y SO se localiza y aflora la serie productiva con capas de carbón (Fig.III.2.19). Se presentan dos sistemas de fallas: un sistema longitudinal paralela a la serie productiva y otro transversal que cortan y desplazan a dicha serie (como en Melenique, Insolina).

Al SE de la zona de Negro Bueno afloran sills de composición diabasa que cortan las capas de carbón. Al norte de la zona de Chaucha aflora un cuerpo intrusivo de 5 km de largo por 2,5 km de ancho de composición pórfido granodiorítico a monzonítico denominado intrusivo "caja real" (Fig.III.2.19).

#### **III.2.1.6.2. LAS FORMACIONES Y SERIES CON CAPAS DE CARBON**

La serie productiva que contiene las capas de carbón en la cuenca de Jatunhuasi se localiza en la parte superior del Grupo Goyllarisquizga, a unos 70 a 100 m por debajo del techo de dicho grupo (Fig.III.2.18).

Los mejores afloramientos donde las capas presentan los mayores espesores corresponden a las zonas de Celica-Negro Bueno, Cosmos, Insolina-Esperanza, Cachi sur-Cachi norte, Llacsá y Chaucha (Fig.III.2.19).

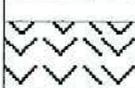
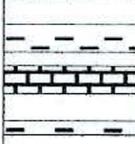
Sist.	Piso		Grupo/Formación	Litología	Esp.	Descripción	
CUAT.							
TERCIARIO	Superior		Astobamba		4000	Lavas basálticas y andesíticas	
	Inferior		Casapalca			Lutitas Margas	
CRETACICO	Superior		Jumasha		3000	Areniscas Conglomerados	
	Inferior	Albiense	Machay			2000	Calizas y margas
		Neocomiense	Goyllarisquizga				Areniscas y calizas Capas de carbón
JURASICO	Superior		Chunumayo		1000	Areniscas y lutitas	
	Medio		Carcapuquio			Calizas y margas	
	Inferior		Pucará			Areniscas y lutitas	
TRIAS.	Superior				0 m	Calizas, margas Cuarzitas	

Fig. III.2.18. Columna estratigráfica generalizada para la cuenca de Jatunhuasi  
(Adaptado de Centromin Perú, 1978)

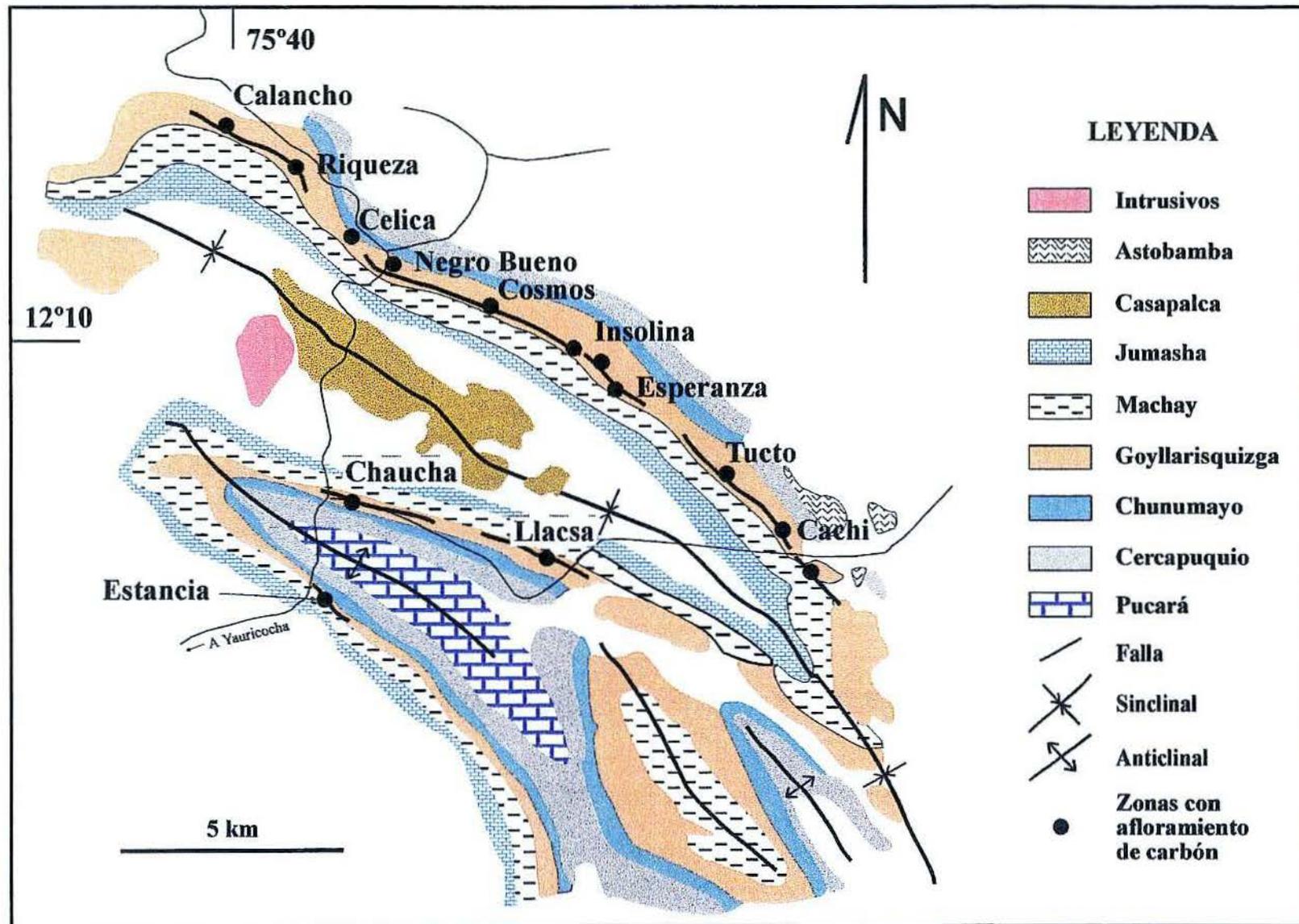


Fig. III.2.19. Plano geológico regional de la cuenca de Jatunhuasi (Adaptado de Centromin Perú, 1978).

La serie productiva de unos 15-20 m de espesor esta constituida por areniscas blancas de grano medio a grueso intercaladas con limolitas, lodolitas, lutitas y capas de carbón (Fig.III.2.20). La serie presenta 6 capas de carbón denominadas A, B, C, X, Y, Z (MacLaughlin, 1922). A estas capas se le ha agrupado en tres : A-B, X-Y y Z, las dos primeras (A-B y X-Y) son las más continuas habiéndose reconocido en la mayoría de las zonas de esta cuenca y las más irregulares las capas C y Z.

### **DESCRIPCION DE LAS CAPAS DE CARBON**

**CAPA A-B :** Presenta de 0,2 a 1,70 m de espesor y a veces se encuentra dividida en A y B por una capa de arcillas y lutitas. En la base de la capa se presentan bandas impuras de lutitas, arcillas refractarias y areniscas de grano fino (Fig.III.2.20). Es continua a lo largo de la cuenca.

**CAPA X-Y :** Se localiza de 8 a 12 m por debajo del manto A-B. Su espesor varía de 0,35 a 1,50 m. En general, presenta 2 capas de carbón separadas por una banda de arcillas y areniscas grises deleznable (Fig.III.2.20).

**CAPA Z :** Se sitúa a unos 4 a 6 m por debajo de la capa X-Y, tiene de 0,20 a 0,40 m de espesor, excepcionalmente alcanza 0,70 m hacia el extremo norte de la cuenca. Presenta bandas de lutitas, arcillas y arenisca muy fina (Fig.III.2.20).

En la región de Huancayo también se reportan capas de carbón (Megard, 1968), que podría corresponder a la misma serie de la cuenca de Jatunhuasi.

En la Fig.III.2.21 se muestra la distribución de las ocurrencias de carbón en la cuenca de Jatunhuasi.

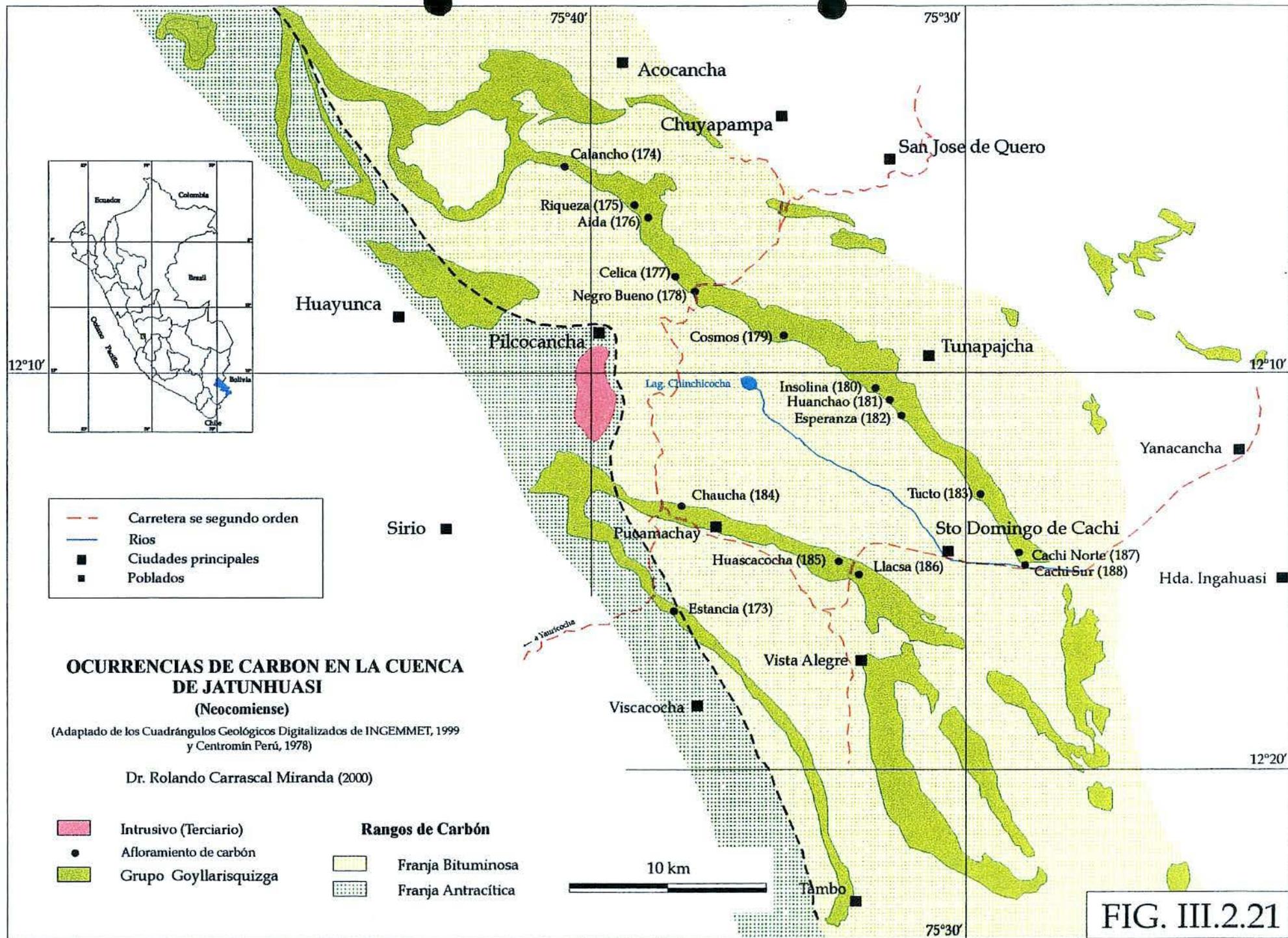
### **III.2.1.6.3. CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS Y GEOQUIMICAS**

La toma de muestras fue realizada sistemáticamente sobre las capas aflorantes, en la mayor parte de los casos en forma de canal de las zonas representativas e importantes de la cuenca.

#### **CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS**

Macroscópicamente los carbones son de color negro semibrillantes a brillantes, sedoso, compactos, a veces un tanto opacos, deleznable y de fractura irregular. Presenta un aspecto bandeado originado por los litotipos vitreno y clareno así, como laminaciones finas de lutita carbonosa. El vitreno se presenta





**OCURRENCIAS DE CARBON EN LA CUENCA DE JATUNHUASI**

(Neocomiense)

(Adaptado de los Cuadrángulos Geológicos Digitalizados de INGEMMET, 1999 y Centromin Perú, 1978)

Dr. Rolando Carrascal Miranda (2000)

- |   |  |
|---|--|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #FF69B4; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Intrusivo (Terciario)  | <b>Rangos de Carbón</b>  |
| <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Afloramiento de carbón | <span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #FFFFE0; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Franja Bituminosa   |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Grupo Goyllarisquizga  | <span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px); border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Franja Antracítica |

**FIG. III.2.21**

en lechos lenticulares brillantes de 0,5 a 5 mm de espesor alcanzando excepcionalmente hasta 2,5 cm de espesor (Cachi norte) y pocos cms de longitud. El clareo de aspecto semibrillante se intercala con las bandas de vitreno.

Frecuentemente los carbones presentan laminaciones y lenticillos de 1-3 mm de piritita y marcasita que en ocasiones alcanzan hasta 10 cm de longitud, sobre todo en los carbones procedentes de la parte inferior de las capas de carbón. Asimismo, se presentan vetillas y diseminaciones de piritita, marcasita y pirrotita y en forma de nódulos o concreciones.

### **ANALISIS MACERAL**

Los resultados obtenidos muestran que los carbones de esta cuenca están constituidos por los 3 grupos macerales (Tabla III.2.19). Ponderalmente el grupo mayoritario lo constituye la vitrinita (> 85 %) seguido por el grupo liptinita (< 11 %) y el grupo inertinita (< 10 %)(Carrascal et al; 1996/1998).

La materia mineral ópticamente identificada corresponde a arcillas, cuarzo y piritita.

### **ANALISIS DE LA REFLECTANCIA**

Los resultados obtenidos de las medidas de reflectancia de la vitrinita para esta cuenca están comprendidas entre 0,57 a 2,51 % (Tabla III.2.20).

Las zonas de menor reflectancia corresponden a Calancho y Mozambique (0,59 %) y la más alta a Chaucha (1,85 %) y Estancia (2,51 %)(Carrascal et al; 1996/1998).

Pearson (1981) también obtuvo valores de reflectancia de la vitrinita (0,67 a 1,01 %), similares para esta cuenca.

Los valores de la reflectancia indican que los carbones procedentes del sector NE del sinclinal de Jatunhuasi han alcanzado el rango de carbones bituminosos de altos volátiles (Calancho, Riqueza, Melenique, Celica, Negro Bueno, Cosmos, Insolina, Esperanza, Cachi, Llacsá), bituminosos de bajos volátiles (Chaucha) y semi-antracitas/antracitas (Estancia).

### **CARACTERISTICAS GEOQUIMICAS**

Los resultados de los análisis inmediatos y elemental de los carbones de esta cuenca se dan en la Tabla III.2.21.

Los valores en cenizas son variables y globalmente los contenidos más altos (20-43%) se presentan en el sector norte y oeste de la cuenca. Los valores

CUENCA	SECTOR	V (%)	L <sub>v</sub> (%)	I (%)	M.M (%)	F.O (%)
JATUNHUASI	Calancho - Riqueza	85,30	10,80	3,90	53,00	47,00
	Melenique - Celica	92,12	4,74	3,14	22,67	77,33
	Negro Bueno - Cosmos	85,00	9,04	5,96	18,32	81,68
	Insolina - Esperanza	92,92	3,38	3,70	6,88	93,12
	Cachi	94,66	2,62	2,72	8,09	91,91
	Llaca	90,60	4,95	4,45	20,40	79,60
	Chaucha	89,90	0,00	10,10	40,40	59,60
	Estancia	91,93	0,00	8,07	21,33	78,67

V: Vitrinita

L<sub>v</sub>: Liptinita vitrinizada

M.M: Material mineral

FO: Fracción orgánica

I: Inertinita

Tabla III.2.19. Composición maceral de los carbones de la cuenca de Jatunhuasi (Carrascal, et al, 1996 / 1998).

SECTOR	R <sub>o</sub> (%)	RANGO
Calancho	0,57	B.A.V.
Riqueza Sur	0,67	B.A.V.
Melenique	0,78	B.A.V.
Mozambique	0,59	B.A.V.
Celica Norte	0,77	B.A.V.
Negro Bueno	0,74	B.A.V.
Cosmos	0,68	B.A.V.
Insolina	0,72	B.A.V.
Huaychao	0,75	B.A.V.
Esperanza	0,74	B.A.V.
Cachi Norte	0,67	B.A.V.
Cachi Sur	0,88	B.A.V.
Llaca	0,90	B.A.V.
Chaucha	1,85	B.B.V
Estancia	2,51	Semi-antracita

Ro: Reflectancia random de la vitrinita

B.A.V.: Bituminoso de altos volátiles

B.B.V.: Bituminoso de bajos volátiles

Tabla III.2.20. Reflectancia de la vitrinita de los carbones de la cuenca de Jatunhuasi (Carrascal, et al, 1996 / 1998).

<b>SECTOR</b>	<b>Hu (%)</b>	<b>Cenizas * (%)</b>	<b>M.V * (%)</b>	<b>C * (%)</b>	<b>H * (%)</b>	<b>S * (%)</b>	<b>P.C * Kcal/Kg</b>
Calancho	0,90	67,69	20,33	2,36	2,33	0,29	2 044,0
Riqueza Sur	1,65	22,72	34,87	63,81	4,52	1,04	6 123,0
Melenique	1,40	31,15	27,56	57,61	3,61	4,53	5 523,0
Mozambique	2,62	43,35	26,68	45,78	3,42	0,56	4 009,0
Celica Norte	1,89	30,67	27,37	58,65	3,64	2,38	5 524,0
Negro Bueno	1,37	21,04	33,40	66,98	4,57	4,33	6 601,5
Cosmos	1,48	25,14	33,30	62,04	4,35	4,45	6 009,0
Insolina	2,72	8,86	31,04	74,29	4,36	2,95	7 150,0
Huaychao	1,90	13,69	32,39	72,00	4,68	2,66	6 958,0
Esperanza	2,52	5,85	33,30	79,40	5,18	2,45	7 750,0
Cachi Norte	4,00	9,33	33,68	74,24	4,60	4,38	7 251,0
Cachi Sur	2,61	9,69	32,42	74,79	4,69	3,92	7 293,0
Llaca	1,01	35,23	23,65	56,73	3,49	1,96	5 308,0
Chaucha	0,85	35,87	10,26	57,89	2,25	2,57	5 056,0
Estancia	1,06	21,79	8,28	70,97	2,25	3,01	6 455,0

\* Sobre base seca

Tabla III.2.21. Resultados de los análisis químicos promedios de los carbones de la cuenca de Jatunhuasi (Carrascal, et al; 1996).

relativamente más bajos (< 15 %) corresponden al sector este de la cuenca (Tabla III.2.21).

Los contenidos en materias volátiles más bajos (8-10 %) lo presentan los carbones procedentes de las zonas de Chaucha y Estancia mientras que, los valores más elevados (27-34 %) los carbones de las zonas localizadas en el flanco NE del sinclinal de Jatunhuasi.

Los contenidos en carbono más bajos (45-66 %) corresponden a los carbones de las zonas del flanco NE del sinclinal y los más altos (74-79 %) a los procedentes del sector sureste de la cuenca.

Los contenidos en azufre total son variables de una capa a otra y muestran los valores más altos (4-5 %) en las zonas de Melenique, Negro Bueno, Cachi norte y Cachi sur y los más bajos (< 3 %) los procedentes de las restantes zonas.

Los valores determinados para el índice de hinchamiento al crisol son bajos a moderados (1-7) siendo los más altos los carbones de Melenique y Cosmos.

#### **III.2.1.6.4. TIPO, ORIGEN Y AMBIENTE DEPOSICIONAL DE LOS CARBONES**

Los carbones de aspecto bandeado por los litotipos vitreño y clareño indican el tipo húmico. Las características petrográficas presentadas por la fracción orgánica y la materia mineral indican en general un origen autóctono a alóctono. Los restos orgánicos proceden fundamentalmente de material leñoso así como de vegetación arbustiva y herbácea.

Las características geológicas y litológicas de la cuenca, los litotipos y la composición maceral esencialmente vitrinitica y la materia mineral asociada indican que los carbones se habrían generado en ambientes de llanura deltaica, más alejadas del mar en transición a facies fluviales bajo condiciones húmedas, siendo la cuenca de carácter parálica.

#### **III.2.1.6.5. GRADO DE EVOLUCION Y DISTRIBUCION DEL RANGO**

Los parámetros petrográficos y químicos indican que los carbones de la cuenca de Jatunhuasi han alcanzado el rango de carbones bituminosos de altos volátiles (fase de generación de aceite del estadio de la catagénesis: Calancho, Riqueza, Melenique, Celica, Negro Bueno, Cosmos, Insolina, Esperanza, Cachi, Llacsá), bituminosos de bajos volátiles (Chaucha) y semiantracitas/antracitas (Estancia)(Fig. III.2.21).

A nivel de cuenca se observa que los carbones menos evolucionados se localizan hacia el NE de la cuenca mientras que, los más evolucionados se distribuyen hacia el sector oeste (Fig.III.2.21).

Esta distribución podría estar relacionado con el emplazamiento de cuerpos intrusivos que habrían influenciado térmicamente en la evolución de los carbones.

### **III.2.1.7. OTRAS CUENCAS**

#### **III.2.1.7.1. CUENCA DE CAJAMARCA**

##### **SECTOR DE PIÑIPATA-TUCO**

Se localiza en el caserío de Tallamac, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

Se reportan 5 capas de carbón de 0,8 a 2,4 m de espesor encajonados en la Formación Chimú, con rumbo general NO-SE y buzamientos de 10°-15°SO, estimándose su longitud de afloramiento en unos 10 km (Gastañaga, 1979).

Los resultados de los análisis químicos indican que los carbones presentan bajos contenidos en cenizas (7-12 %), bajos materias volátiles (4-8 %), alto carbono fijo (74 - 85 %), bajo azufre (0,6 - 1,2 %) y poder calorífico de 6 400 - 7 600 Kcal/kg (Gastañaga, 1979). De acuerdo a estas características los carbones son de rango antracítico.

##### **SECTOR DE CELENDIN**

Las ocurrencias de carbón se localizan en Punre y Mashacala del distrito de Sorochugo, provincia de Celendín.

En Punre en el cerro Perolillo, Campana, el Lago y Quinuacucho afloran 2 capas con carbón de 1,5 a 2 m de potencia (Amiel, 1966).

Los carbones son de rango antracíticos.

##### **SECTOR DE HUASMIN**

En el distrito de Huasmin de la provincia de Celendín dentro de la Formación Chimú se tienen capas con carbón.

Los análisis químicos de dichos carbones muestran contenidos en cenizas (22 %), materia volátil (17 %), carbono fijo (69 %), azufre total (1 %) y poder calorífico (6 700 Kcal/kg)(Mucho, 1992). Los carbones han alcanzado el rango bituminoso.

##### **SECTOR DE CAJABAMBA**

En las márgenes del río Condibamba entre Matipampa, Yanacu, Lucmilla y Cañaris de la provincia de Cajabamba se reportan capas con carbón de rango antracítico.

En general, en la cuenca de Cajamarca se presenta 5 capas con carbón con espesores de 0,8 a 2,0 m localizados en la Formación Chimú. El rango de los carbones varía de bituminosos a antracitas (Medina, 1991).

### **III.2.1.7.2. CUENCA DE CHICLAYO**

En general, en esta cuenca se presenta afloramientos aislados y esporádicos de capas de carbón localizados en la Formación Chimú y San Pedro de edad Valanginiense. El rango de los carbones son antracíticos (Medina, 1991). Sus posibilidades y potencial es poco conocido.

### **III.2.1.7.3. CUENCA DEL ALTO PATIVILCA**

Esta cuenca ha sido poco estudiada representa la zona de transición entre la Formación Chicama de origen marino y la Formación Oyón continental. Se reportan delgadas capas carbonosas.

### **III.2.1.7.4. CUENCA DEL GRUPO ORIENTE**

En la Formación Cushabatay se localizan capas con carbón distribuidas en la región subandina de Amazonas, San Martín, Huánuco, Pasco y Junín (Medina, 1991).

En el área ubicada entre el geoanticlinal del Marañón-Mantaro en el oeste y los escudos de Brasil y Guayana hacia el Este, se depositaron capas con carbón. Así, Valdivia (1966) y Soto (1979) señalan delgadas capas de carbón en el Grupo Oriente y especialmente en la Formación Inferior Cushabatay que son aproximadamente coetáneas con las facies del Grupo Goyllarisquizga (Dunin Borkowski, 1985).

En las orillas del río Hualcalera de la provincia de Chachapoyas se reportan capas de carbón de rango bituminoso.

En Amazonas, en Pupos cerca de Cheto en la provincia de Bongará existe afloramientos carbonosos (Servicio de Geología y Minería, 1971).

En Loreto, en Alto Amazonas cerca del río Potro afluente del Marañón afloran capas de carbón (SGM, 1971) de rango bituminoso a antracitas.

## II.2.2. INTERPRETACION DEL AMBIENTE DEPOSICIONAL Y EVOLUCION DE LOS CARBONES MESOZOICOS DENTRO DEL CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL DE LOS ANDES PERUANOS

### III.2.2.1. MEDIO AMBIENTE PALEOGEOGRAFICO

Globalmente las unidades litológicas de las Formaciones productivas con carbón del Grupo Goyllarisquizga, probablemente corresponde a la progradación de un gran delta en dirección oeste (Fig.III.2.22), siendo aceptado en general, que la cuenca "Oeste Peruana" se rellenó en parte con los aportes de los sedimentos procedentes del Escudo Brasileño y de la Guayana. De acuerdo con las referencias existentes (Wilson, 1963; Cobbing et al, 1981; Dunin-Borkowski, 1984) este gran delta se iniciaba en la parte oeste del "Geoanticlinal de Maraón", el cual apporto probablemente la mayor cantidad de sedimentos.

Las "facies occidentales" se depositaron en dos ciclos sedimentarios importantes (Dunin-Borkowski, 1984). El primero de ellos incluye las Formaciones Chicama, Oyón, Chimú y el segundo corresponde a las Formaciones Santa, Carhuaz y Farrat. Al comienzo de ambos ciclos la sedimentación fue marina (Formaciones Chicama y Santa respectivamente) a lo que siguieron los depósitos continentales clásticos de los ambientes deltaicos (Formaciones Oyón, Chimú, Carhuaz y Farrat) en ambos ciclos.

Las series productivas con carbón se generaron fundamentalmente en los ambientes continentales del primer ciclo (Formaciones Oyón y Chimú).

En las cuencas de Oyón, Santa y Alto Chicama las series productivas del primer ciclo corresponden a la Formación Oyón y a las "facies occidentales" (borde oeste) del Grupo Goyllarisquizga (Fig.III.2.23) depositadas durante el Jurásico Superior-Cretácico Inferior.

En las "facies orientales" y las "facies meridionales" de este mismo Grupo Goyllarisquizga se originaron las capas carbonosas de las cuencas de Goyllarisquizga y Jatunhuasi, más próximas al "Geoanticlinal de Maraón".

Considerando la distribución paleogeográfica y de litofacies de las Formaciones Chicama, Oyón y Chimú, se observa que la Formación Oyón presenta su mejor desarrollo en la cuenca del mismo nombre y la Formación Chimú en la cuenca de Alto Chicama.

A nivel regional, la distribución areal y vertical de dos a tres series productivas (una en la Formación Oyón y dos en la Formación Chimú) muestran claramente un incremento del espesor de las mismas y el número de capas de

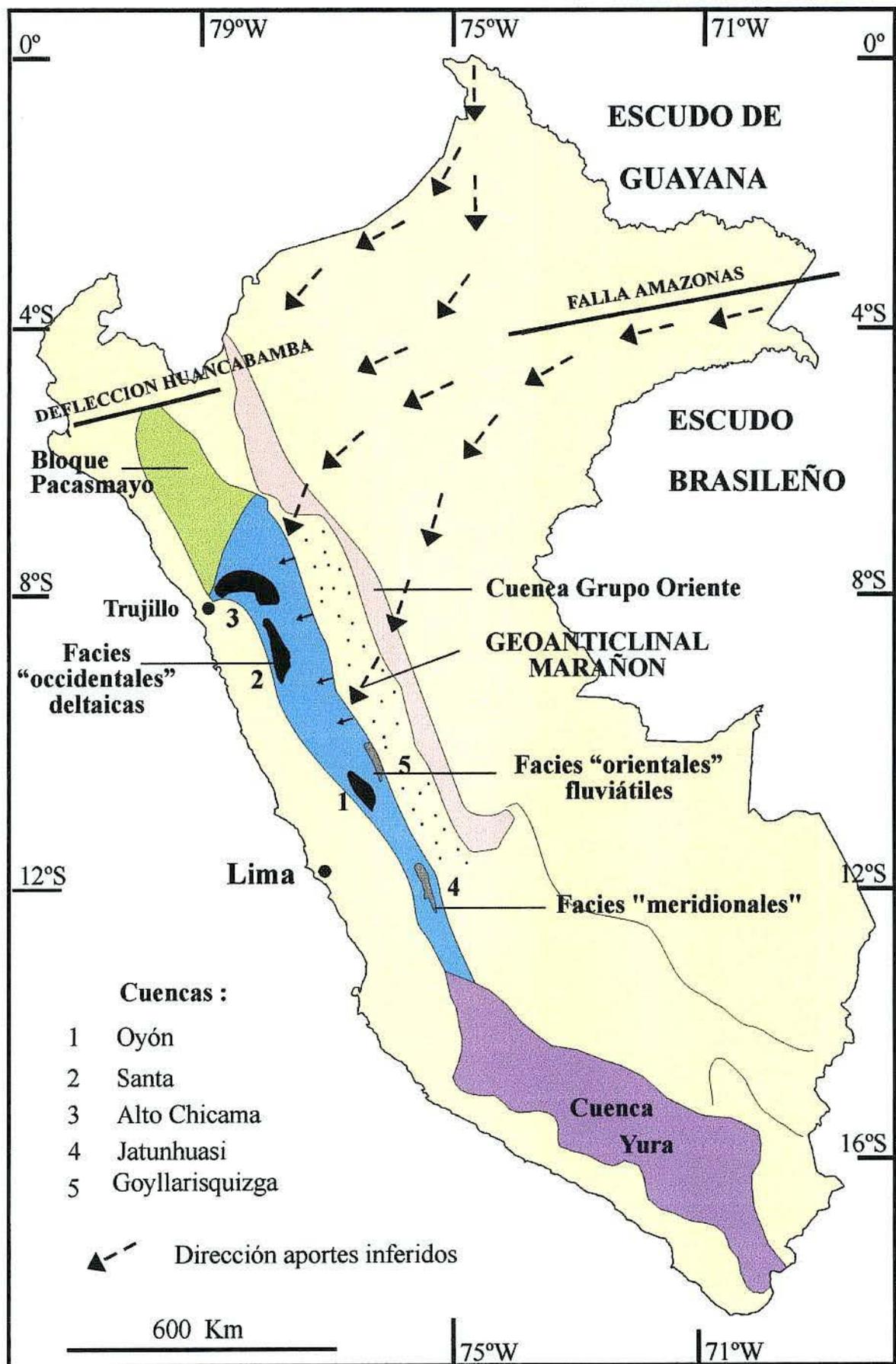


Fig. III.2.22. Paleogeografía de las cuencas Mesozoicas del Perú (Adaptado de Dunín- Borkowski, 1985).

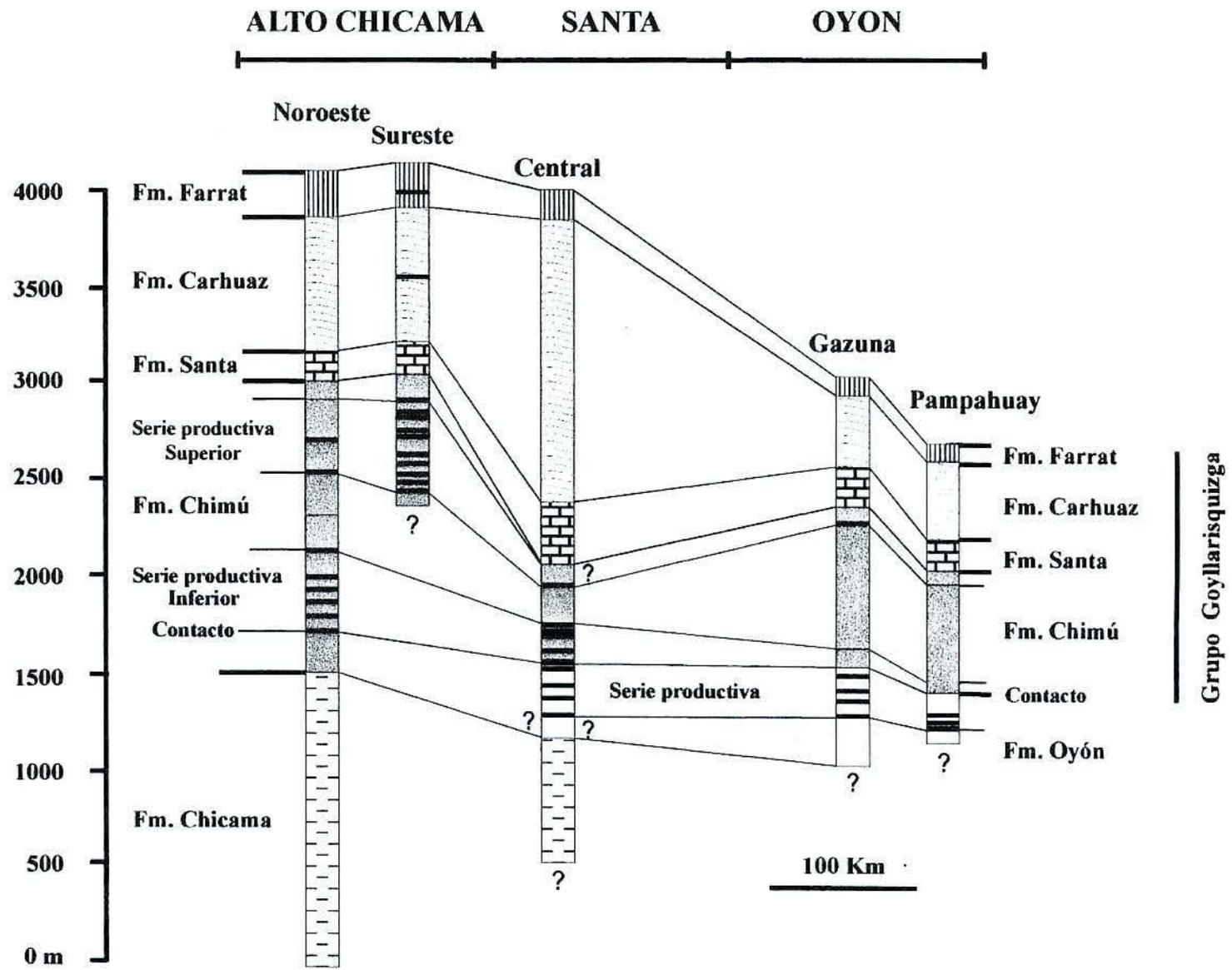


Fig.III.2.23. Distribución y correlación regional de las "series productivas" con carbón de las cuencas Oyón, Santa y Alto Chicama (Carrascal, 1996).

carbón en ellas contenidas hacia el noroeste (Fig.III.2.23) es decir hacia la cuenca de Alto Chicama, confirmando la mayor tasa de sedimentos en esta zona.

La distribución general de las tres series productivas muestran una progradación de piso a techo estratigráfico (desde la Formación Oyón a Chimú) desde el sureste hacia el noroeste (Fig.III.2.23).

Comparativamente y desde el punto de vista de correlación regional las "facies occidentales" representan áreas más subsidentes y con mayor tasa de acumulación de sedimentos que las "facies orientales" y "meridionales". Así, el conjunto de la serie sedimentaria de las "facies occidentales" del Grupo Goyllarisquizga tienen unos 2 500 m de espesor en el norte (Alto Chicama) y unos 1 500 m en el centro (Oyón)(Fig.III.2.24). Por el contrario, la serie sedimentaria del mismo Grupo Goyllarisquizga indiferenciado de las "facies orientales" y "meridionales" tienen menores espesores, unos 700 m en el norte y 500 m en el centro del Perú (Fig.III.2.24).

Las capas carbonosas de las "facies orientales" y "meridionales" se localizan tanto en la parte inferior (cuenca de Goyllarisquizga) como en la parte superior (cuenca de Jatunhuasi) del Grupo Goyllarisquizga (Fig.III.2.24).

Las turberas de la Formación Oyón y de las facies occidentales de la Formación Chimu de las cuencas Mesozoicas corresponderían a facies de llanura deltaica inferior/superior con influencia de aguas salobres y dulces. Las turberas de las "facies orientales-meridionales" se desarrollaron en facies deltaicas más alejadas del mar en la transición de ambientes deltaicos a fluviales-lagunares.

### **III.2.2.2. EVOLUCION TERMICA Y DISTRIBUCION REGIONAL DEL RANGO**

Los carbones de la cuencas Mesozoicas alcanzaron diferentes grados de evolución que irían desde el estadio de la metagénesis avanzada próximo al metamorfismo hasta el de la catagénesis en la fase de generación de gas húmedo, todo ello representado por los rangos de antracitas/meta-antracitas, antracitas/semi-antracitas y bituminosos.

El factor más importante en la evolución de los carbones Mesozoicos fue indudablemente la temperatura aportada por los intrusivos del "Batolito de la Costa" y el de la "Cordillera Blanca", lo que es especialmente evidente en la cuenca de Santa.

## A. NORTE DEL PERU

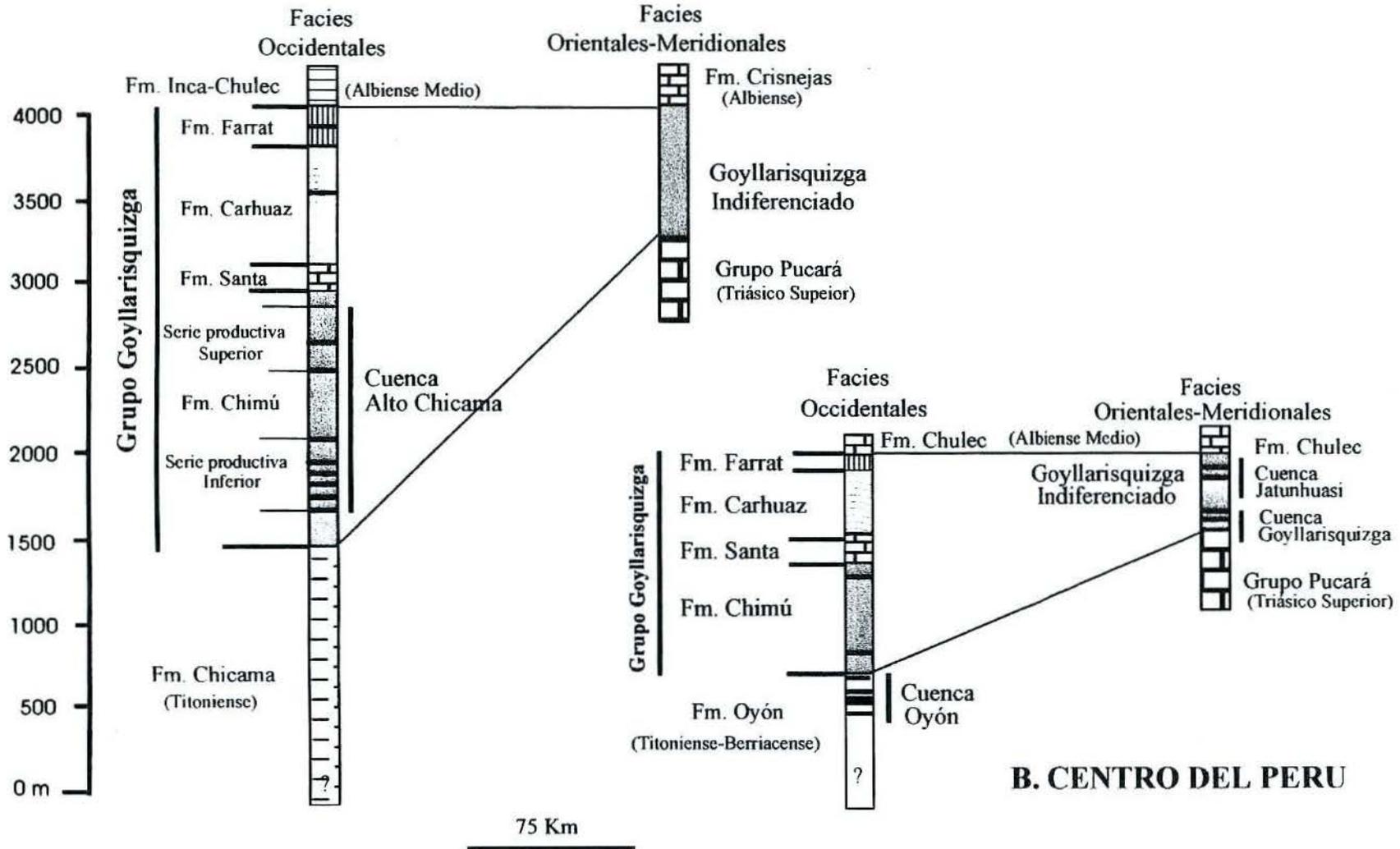


Fig. III.2.24. Correlación regional de las "series productivas" con carbón de las facies occidentales y orientales-meridionales del Grupo Goyllarisquizga (Adaptado de Dalmayrac et al; 1988).  
A. Norte del Perú. B. Centro del Perú.

La correlación de la reflectancia de la vitrinita con respecto a los contenidos en carbono para los carbones Mesozoicos (Carrascal et al: 1998)(Fig.III.2.25) muestran que los carbones menos evolucionados (cuencas de Jatunhuasi y Oyón) se localizan más alejados de los cuerpos intrusivos de dimensiones batolíticas mientras que, los carbones más evolucionados (cuencas de Santa y Alto Chicama) están más próximas a dichos intrusivos.

Adicionalmente al metamorfismo regional producido por los intrusivos, el aporte de calor debido a la actividad magmática-hidrotermal del Terciario Inferior-Superior en las diferentes cuencas, puesto en evidencia por la circulación y migración de fluidos calientes a través de fallas, habría contribuido en menor grado a la evolución de los carbones, asimismo el calor inducido por la actividad volcánica habría ejercido un efecto menor y en todo caso su importancia habría sido local en las áreas próximas a los focos de ascenso del magma.

La estrecha relación entre el rango y el grado de anisotropía óptica de los carbones de las cuencas con respecto a la intensidad de la deformación así, como el carácter óptico biaxial negativo y la semi-grafitización de los carbones más evolucionados de la cuencas de Santa y Alto Chicama demuestra la actuación de la presión durante los procesos de carbonificación. Estas características son típicas de cuencas que han sufrido metamorfismo térmico bajo la influencia de fuertes presiones.

La zonación del rango (Fig.III.2.26) en franjas paralelas a los intrusivos es de carácter regional de este a oeste, diferenciándose una "franja antracítica" de carbones altamente evolucionados (distribución de la cordillera occidental) y otra franja mas estrecha de menor rango o "franja bituminosa" que se localiza hacia el este de la cordillera occidental.

El esquema de zonación del rango propuesto por Carrascal, (1996) se basa en los parámetros de la reflectancia, % C, y materias volátiles.

Los carbones antracíticos/meta-antracíticos de las cuencas de Santa, Alto Chicama y del sector oeste de la cuenca de Oyón se sitúan en la "franja antracítica" mientras que, los carbones bituminosos y semi-antracíticos de la zona este de la cuenca de Oyón aparecen en la zona transicional entre las dos franjas. En el sector central de Perú los carbones de las cuencas de Goyllarisquizga y Jatunhuasi localizados hacia el este, se localizan en la "franja bituminosa" (Fig. III.2.26).

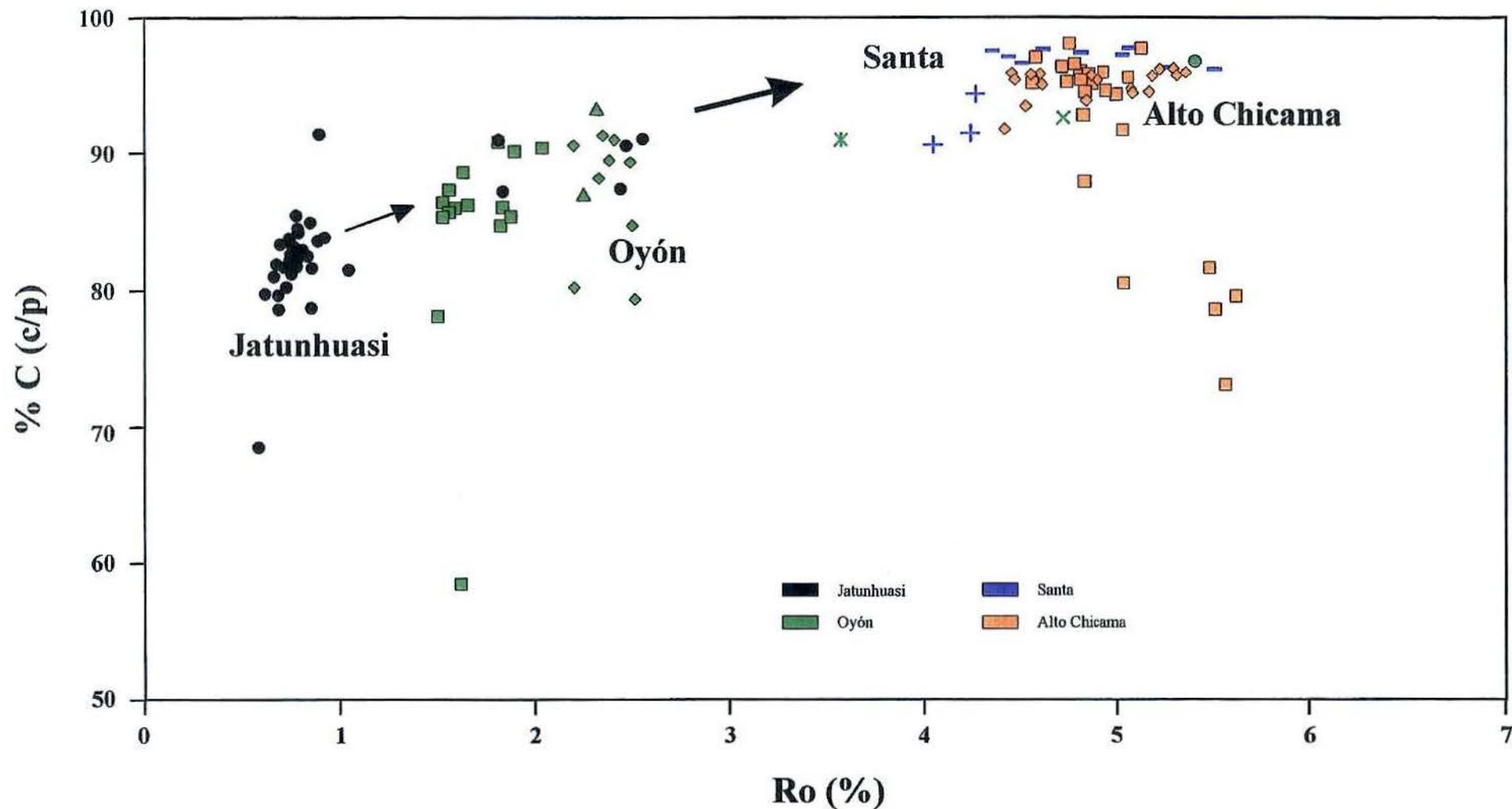


Fig. III.2.25. Correlación de la reflectancia de la vitrinita con los contenidos en carbono para los carbones Mesozoicos (Carrascal et al; 1998).

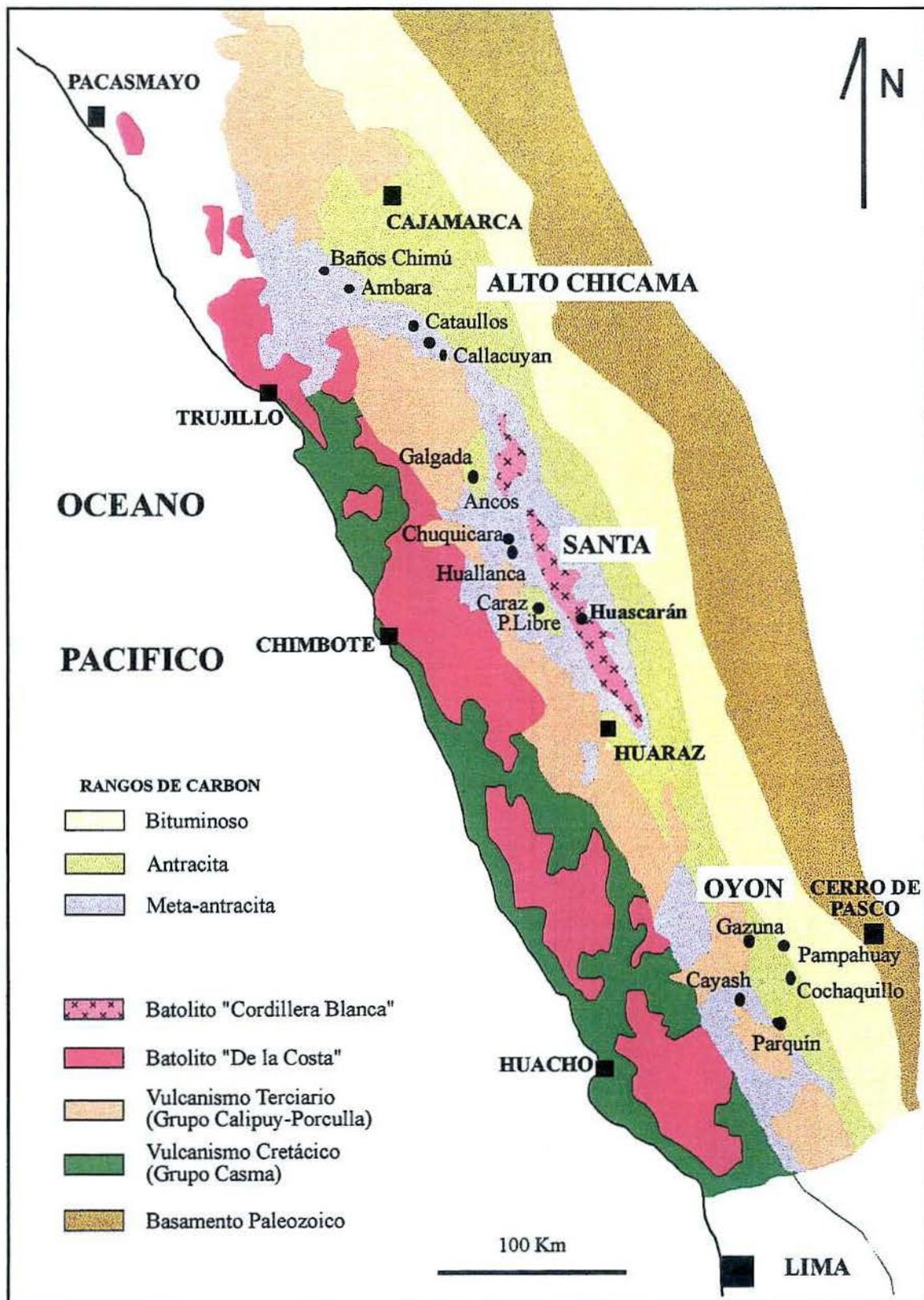
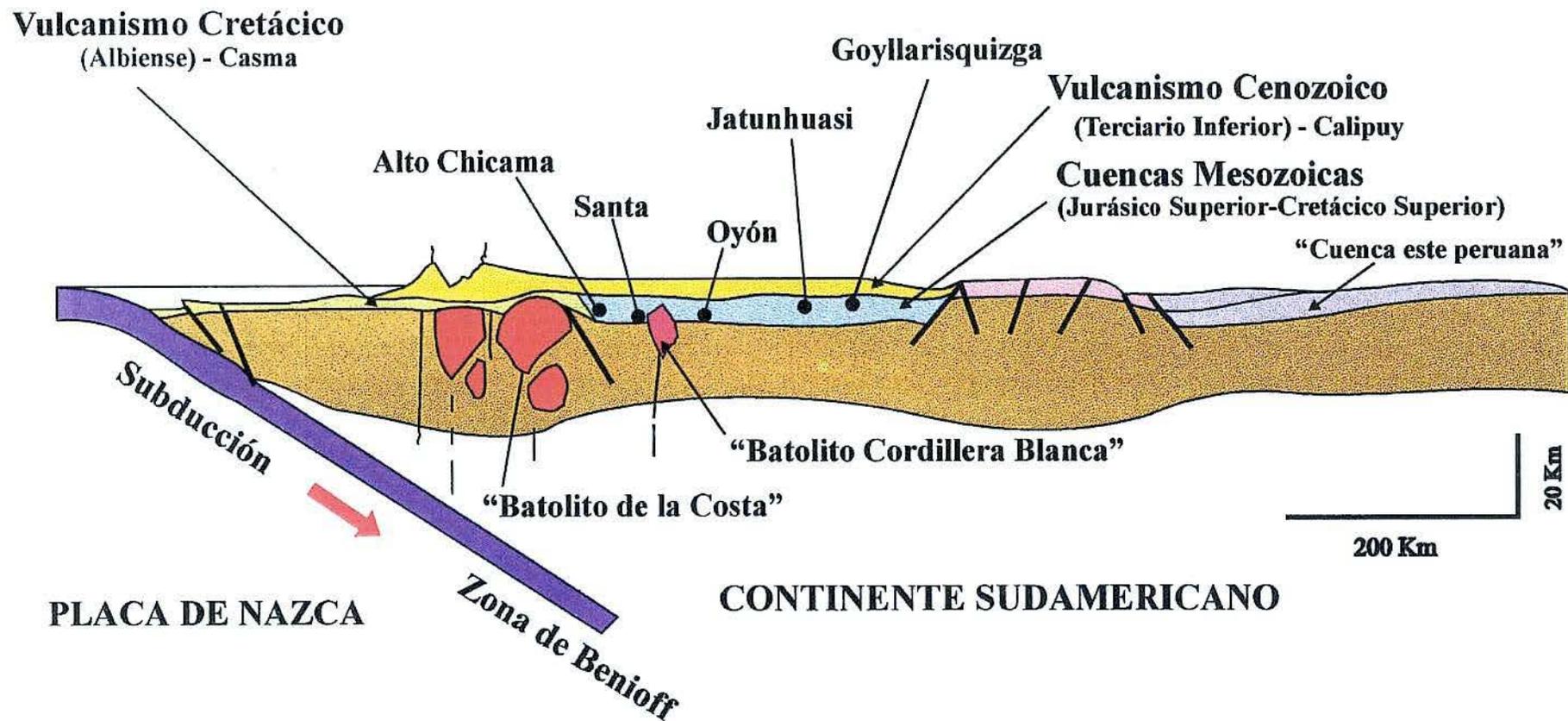


Fig. III.2.26. Zonación regional del rango de los carbones Mesozoicos dentro del contexto geológico regional de los andes del norte y centro del Perú, (Carrascal, 1996).

Los procesos magmáticos y tectónicos que han dado lugar a la zonación del rango y las características específicas de estas cuencas serian consecuencia de la colisión y subsecuentes procesos de subducción de la placa Pacifica (Dorsal de Nazca) debajo de la Placa Sudamericana (Fig. III.2.27).



**Fig. III.2.27. Interpretación de la influencia térmica aportada por los cuerpos intrusivos en la evolución de los carbones de las cuencas Mesozoicas ( Carrascal, 1996).**

### **III.3. LAS CUENCAS CENOZOICAS**

#### **III.3.1. DISTRIBUCION DE LAS CUENCAS CENOZOICAS**

Las cuencas Cenozoicas con carbón se distribuyen principalmente en el sector noroeste (Tumbes-Piura) y el nororiente del Perú (Loreto-Amazonas). Asimismo, se tienen algunas cuencas intramontañosas como la de Yanacancha (Cajamarca).

A continuación se describen las características geológicas, petrográficas y geoquímicas de las principales cuencas Cenozoicas.

##### **III.3.1.1. CUENCA DE YANACANCHA**

###### **III.3.1.1.1. SINTESIS GEOLOGICA**

La cuenca de Yanacancha de edad Terciario Inferior-Medio se localiza en los andes del norte de Perú y sus materiales corresponden a la Formación Porculla.

El basamento de la serie estratigráfica de la cuenca carbonífera de Yanacancha esta constituida por una secuencia sedimentaria calcárea y cuarcítica que corresponde a las Formaciones del Cretácico Superior (Puillicana, Quilquiñan, Cajamarca y Celendín) descritas por Benavides (1956). Se encuentra fuertemente plegada y fallada por la tectónica de la orogenia andina. Por encima se sitúan las formaciones del Terciario Medio-Superior (Fig.III.3.1).

La Formación Porculla cubre discordantemente los sedimentos plegados del Cretácico Superior y alcanza unos 150 a 200 m de espesor en el área de Yanacancha. En general, esta constituida por dos megasecuencias de material piroclástico retrabajado. La primera esta conformada por tobas, brechas y conglomerados de composición andesítica, riolítica y dacítica.

Se intercalan con delgadas capas de areniscas, limolitas y arcillas/lutitas que gradan a capas de carbón. Este nivel constituye el horizonte carbonoso de esta cuenca y tiene 8 m de espesor (Fig.III.3.2).

La segunda megasecuencia cubre este horizonte carbonoso y está constituida por material piroclástico y detriticos mal clasificados de composición andesítica a traquítica.

Algunos autores como Steinman (1930) indican que el horizonte carbonoso de Yanacancha podría ser de edad Miocénica.

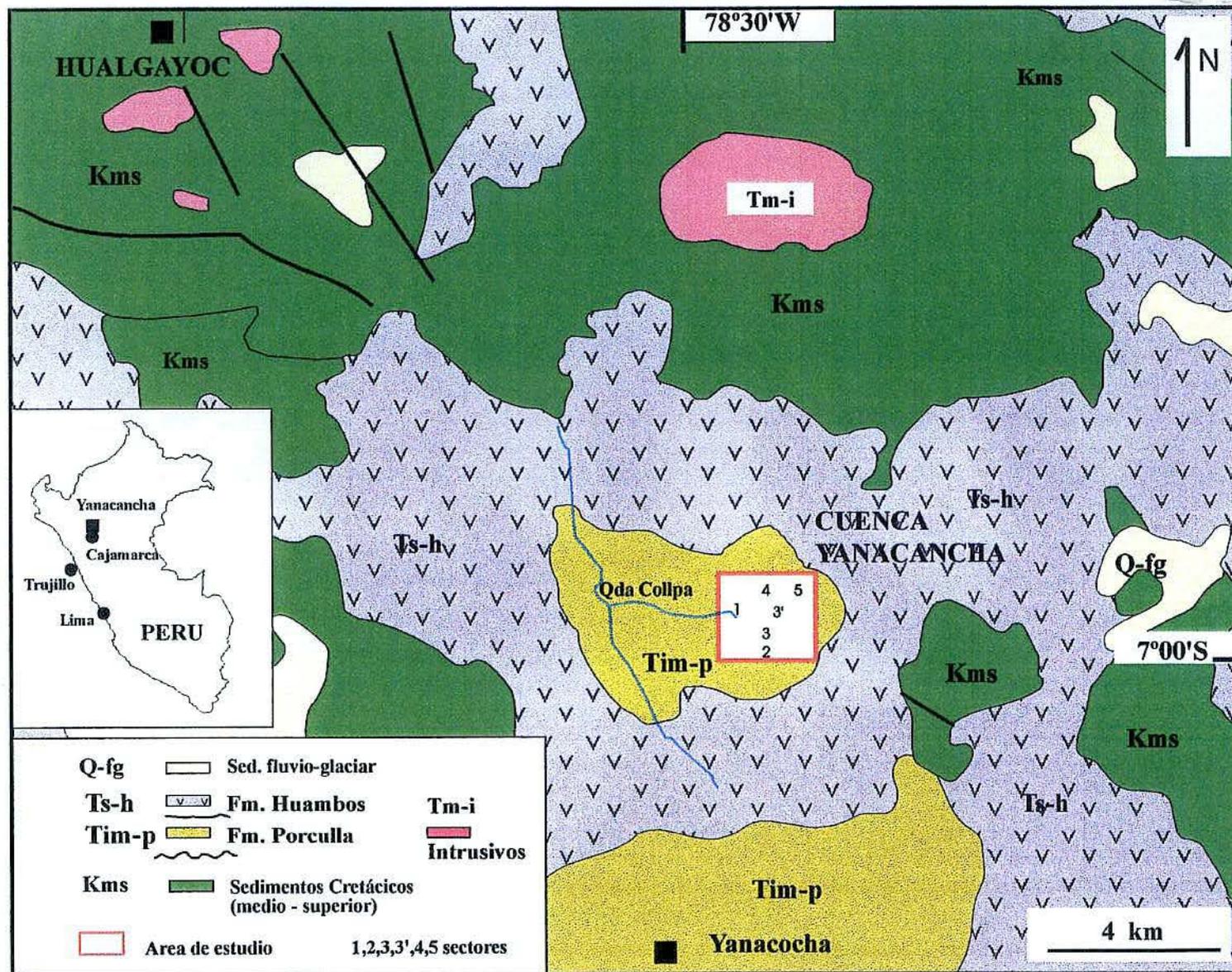
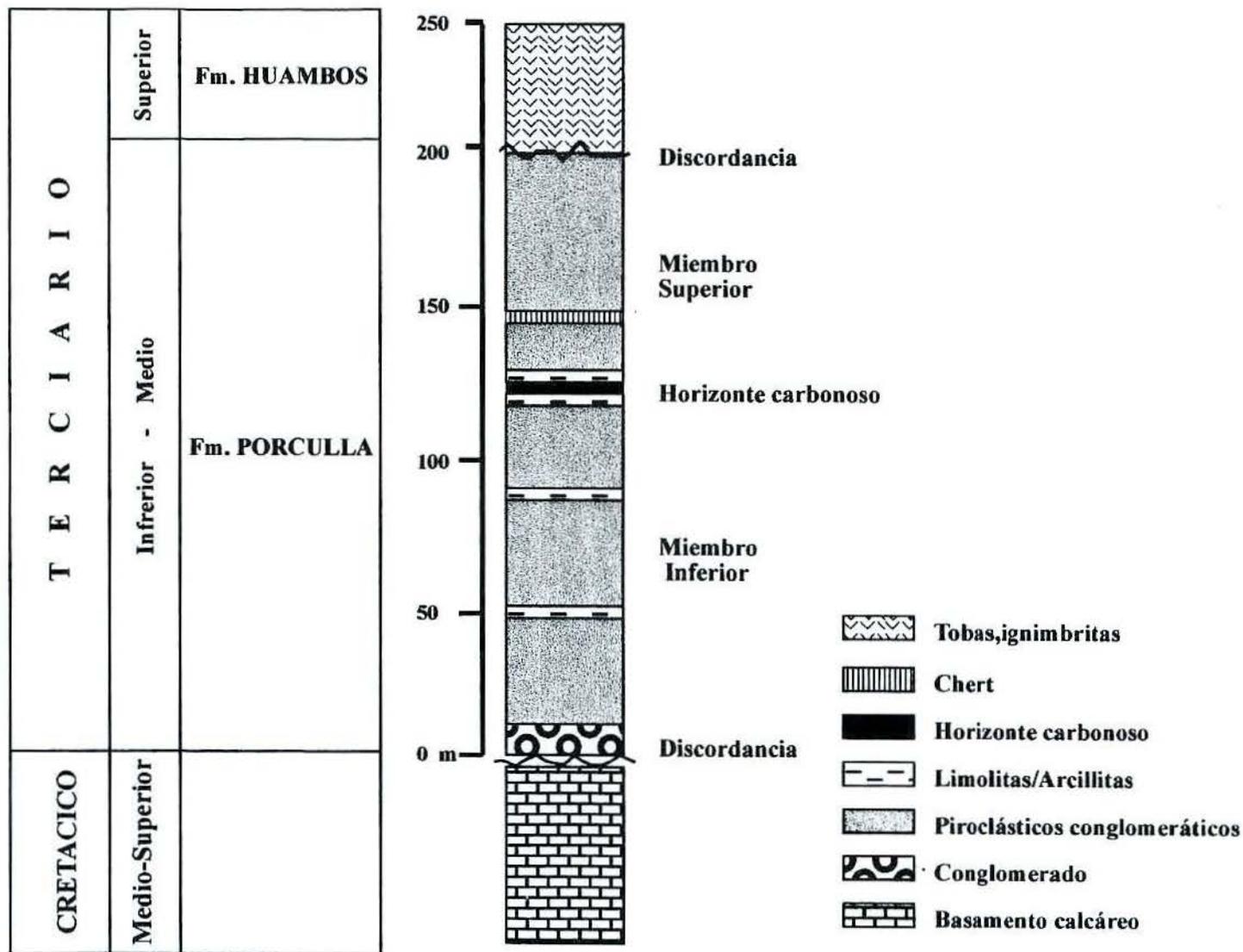


Fig. III.3.1. Plano geológico regional simplificado de la cuenca de Yanacancha (Adaptado de Cobbing et al; 1981).



**Fig. III.3.2. Sección estratigráfica generalizada para la cuenca de Yanacancha (Adaptado de Castañeda, 1991).**

La Formación Huambos (Terciario Superior) recubre discordantemente al Porculla. Esta conformada por material ignimbrítico y alcanza 50 m de espesor, se le considera del Mioceno Terminal-Plioceno Inferior (Cobbing et al: 1981).

La actividad tectónica esta representada por fallas, cabalgamientos, pliegues de carácter regional con orientación NW-SE que afectan a los sedimentos del Cretácico Superior. La Formación Porculla ha sido poco deformada en la cuenca de Yanacancha. Sin embargo, las fallas que afectan a esta formación podrían corresponder a los últimos estadios de la fase tectónica Quechua que tuvieron lugar durante el Mioceno Terminal-Plioceno Inferior.

### **III.3.1.1.2. LAS FORMACIONES Y SERIES CON CAPAS DE CARBON**

En la cuenca de Yanacancha solo existe un horizonte carbonoso importante localizado en la Formación Porculla, que tiene unos 8 m de espesor (Fig.III.3.3 y Lámina 6) y que muestra una orientación general N-S con inclinaciones de 10-20° hacia el este. Este nivel ha sido cortado por dos sistemas de fallas, un sistema de fallas inversas y otras normales de orientación NW-SE.

La cuenca ha sido dividida en 5 sectores : oeste, sur, central, norte y noreste.

Estratigráficamente el horizonte carbonoso se localiza a unos 125 m de la base de la Formación Porculla.

La parte inferior del horizonte carbonoso esta constituida por 2,5 m de limolitas y lodolitas de color pardo oscuro a negro y contienen esporádicas y delgadas capas de carbón (Fig.III.3.3).

La parte media del horizonte de 3 m de espesor esta formada por capas de arcillas oscuras, tobas arcillosas y chert oscuro, intercaladas con capas de carbón (Lámina 6). El numero de capas de carbón varía de 6 a 8 con espesores medios de 0,15 a 0,5 m. En general, las capas son de carácter lenticular acuniándose lateralmente. Este nivel es la parte más importante del horizonte carbonoso y se conoce como nivel "Principal" (Fig.III.3.3).

La parte superior del horizonte de 2,5 m esta constituida por tobas arcillosas intercaladas con arcillas pardas.

El horizonte carbonoso en su conjunto representa un ambiente de depósito de llanura de inundación fluvio-lacustrino somero de aguas dulces.

### **CORRELACION DEL HORIZONTE CARBONOSO**

Globalmente este horizonte presenta lateralmente un cambio de facies desde el sector oeste hacia el noreste de la cuenca. En el sector oeste y sur

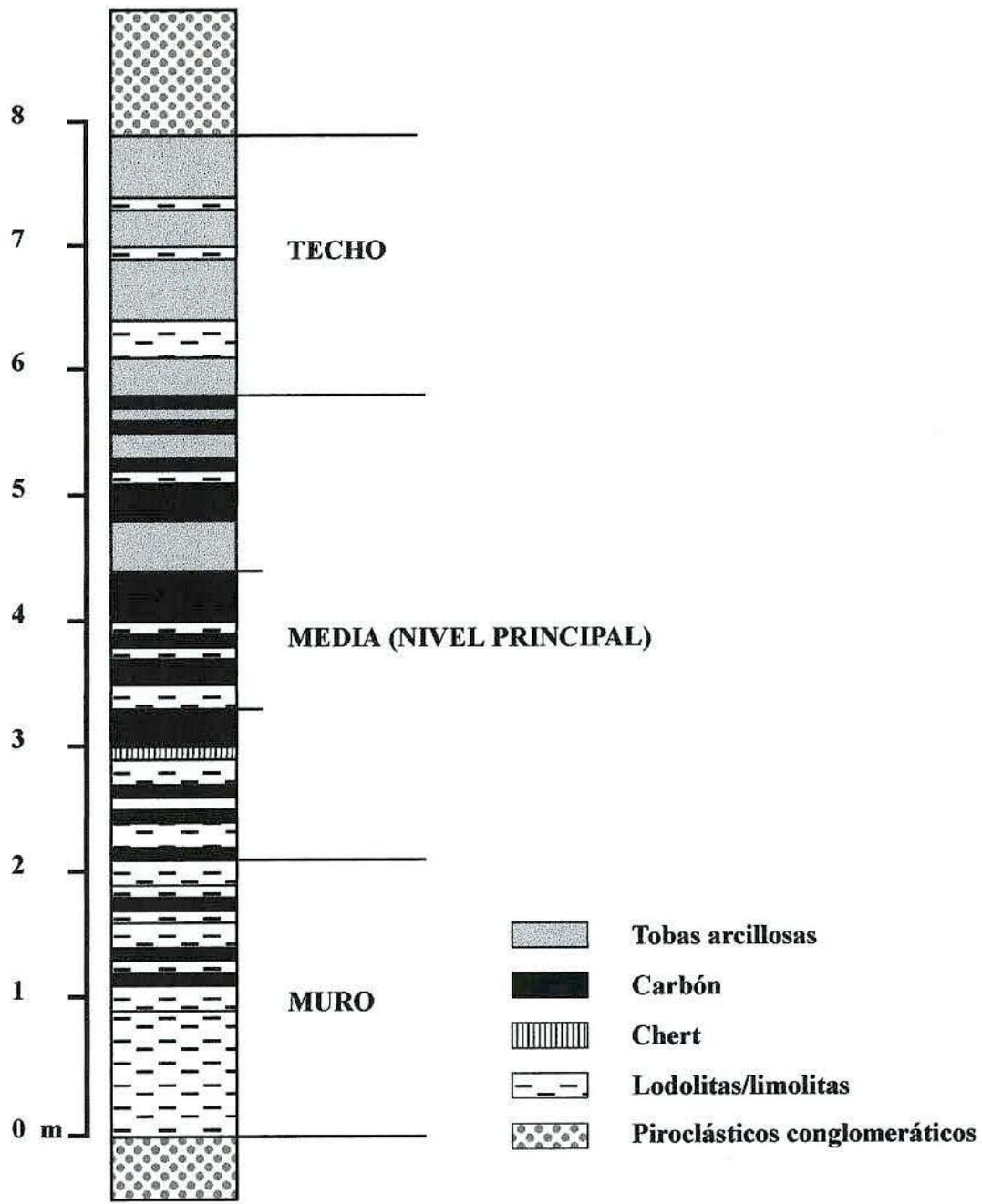
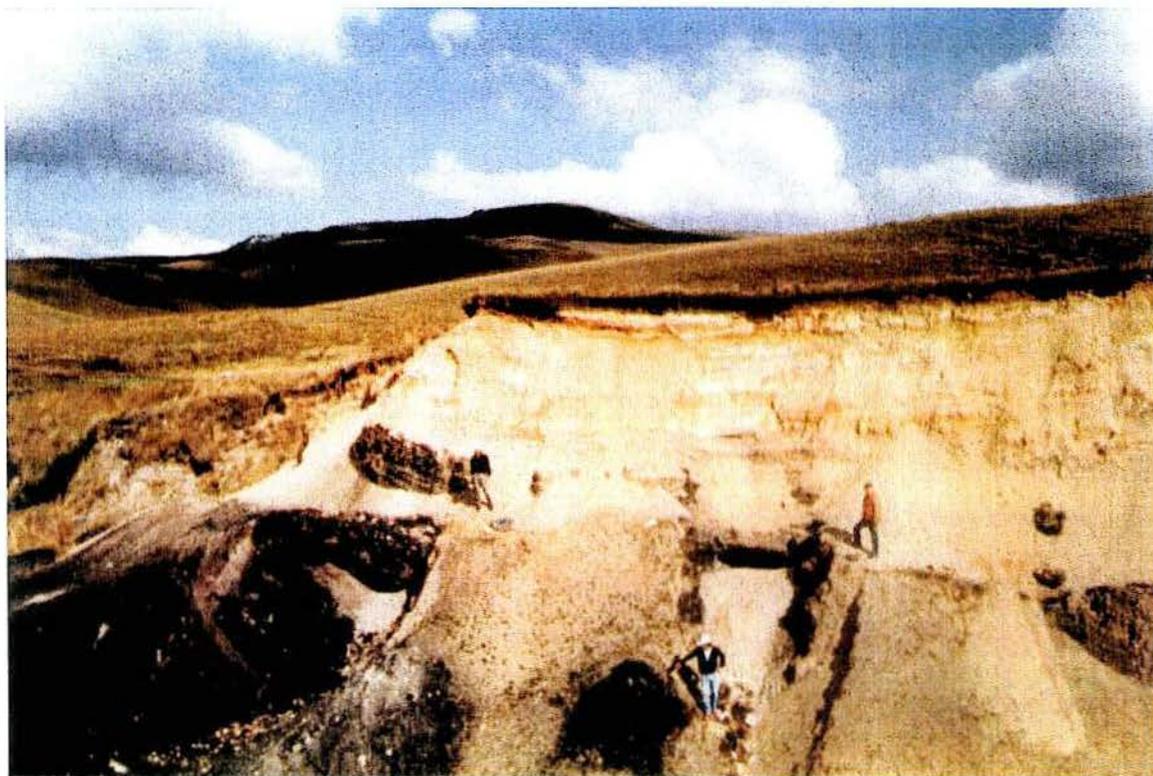


Fig. III.3.3. Sección estratigráfica del horizonte carbonoso "principal" de la cuenca de Yanacancha (Carrascal, 1995).



*Cuenca de Yanacancha*

1. Vista panorámica del horizonte carbonoso. Sector Central. Yanacancha. RC/96.
2. Capas de carbón intercaladas con tobas arcillosas. Sector Oeste. Yanacancha. Rc/96.



predominan las capas de tobas intercaladas con capas de carbón, que gradan a facies arcillosas en el sector central y luego a facies de chert hacia los sectores norte y noreste de la cuenca (Carrascal et al: 1995).

El piso del nivel principal presenta abundante pirita diseminada en el carbón, en las arcillas oscuras y en las capas de chert principalmente en los sectores central, norte y noreste de la cuenca.

### **III.3.1.1.3. CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS Y GEOQUIMICAS**

La toma de muestras se realizó en forma de canales correspondientes al piso, parte media y techo del nivel "Principal" distribuidas en los diferentes sectores de la cuenca.

#### **CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS**

Los carbones de esta cuenca aparecen bandeados por los litotipos vitreño y clareño, son de color negro a pardo oscuro, semibrillantes, con fractura irregular y aspecto heterogéneo.

El vitreño se presenta en lechos lenticulares brillantes con espesores medios de 1-5 mm intercalándose entre las bandas semibrillantes de clareño y en ocasiones presentan finas laminaciones de lutitas carbonosas.

#### **ANALISIS MACERAL**

La composición maceral para los carbones de esta cuenca se dan en la Tabla III.3.1.

En todos ellos se han identificado los tres grupos macerales. El grupo vitrinita es mayoritario (70-90 % vol.) seguido de liptinita (6-20 % vol.) siendo la inertinita minoritaria (2-10 % vol.)

Los componentes del grupo vitrinita son la desmocolinita, telocolinita, telinita, gelocolinita y corpocolinita.

Como liptinita se han identificado fundamentalmente la cutinita, esporinita y resinita. En general, los macerales de este grupo presentan fluorescencia habiéndose reconocido exudatinita y fluorinita. Los componentes de este grupo bajo luz fluorescente presentan coloración amarillo intenso a naranja (Lámina 7).

El grupo inertinita esta constituida casi en su totalidad por fusinita y semifusinita con escasa inertodetrinita, esclerotinita y micrinita.

La materia mineral identificada ópticamente son cuarzo, arcillas, feldespatos y pirita (Lámina 7).

SECTOR	A			B	
	V (%)	L <sub>v</sub> (%)	I (%)	M.M (%)	F.O (%)
OESTE (1)	78,8	18,4	28,	7,6	92,4
	76,1	18,1	5,8	2,8	97,2
SUR (2)	87,2	10,5	2,3	2,8	97,2
	80,8	12,8	6,4	6,2	93,8
CENTRAL (3) Y (3')	89,7	6,6	3,7	3,2	96,8
	79,9	14,9	5,2	3,4	96,6
	91,1	2,7	6,2	70,8	29,2
	73,1	20,2	6,7	4,0	96,0
	70,6	20,2	9,2	4,8	95,2
	77,9	14,6	7,5	7,0	93,0
	75,7	7,8	6,5	4,6	95,4
	80,9	12,0	7,1	7,0	93,0
NORTE (4)	78,2	13,1	8,7	10,0	90,0
	78,0	16,8	5,2	4,6	95,4
NOROESTE (5)	76,6	13,5	9,9	6,8	93,2
	71,9	17,7	10,4	6,0	94,0
	80,3	14,3	5,4	11,8	88,2

V: Vitrinita

FO: Fracción orgánica

A: Grupos Macerales

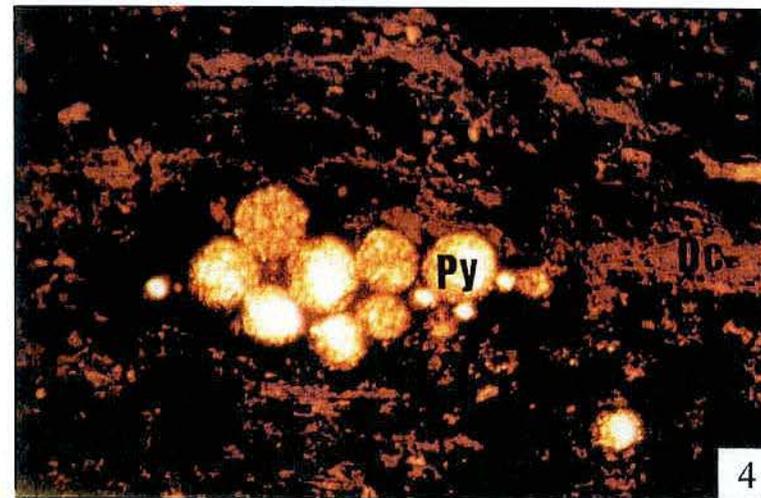
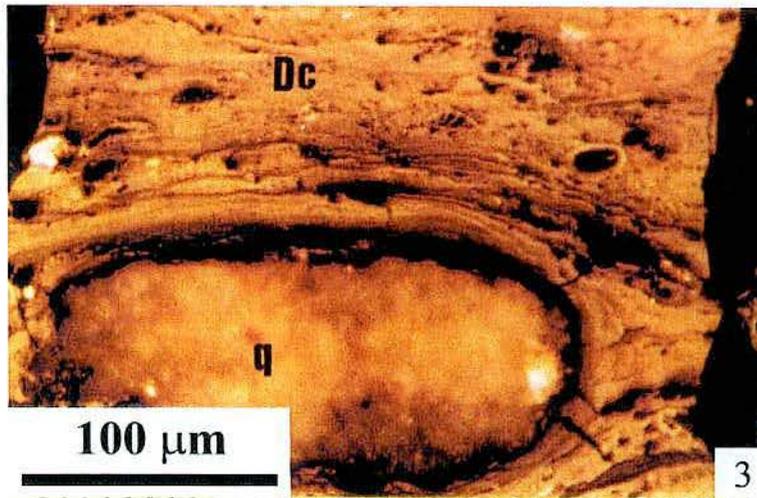
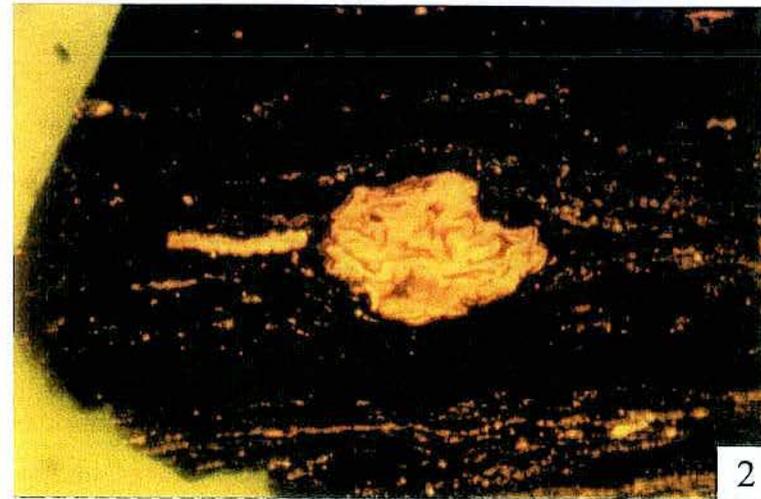
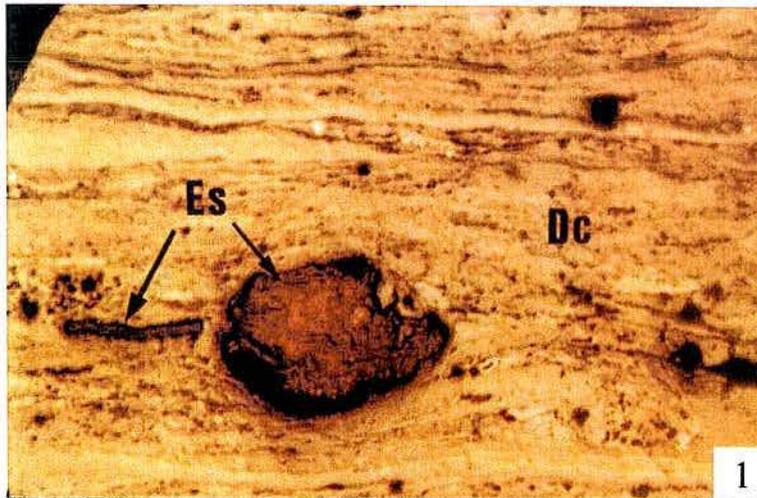
B: Fracción orgánica y materia mineral determinada por vía óptica

L<sub>v</sub>: Liptinita vitrinizada

I: Inertinita

M.M: Material mineral

Tabla III.3.1. Composición maceral de los carbones de la cuenca de Yanacancha (Carrascal, 1996).



*Microfotografías de carbones de la cuenca de Yanacancha, en luz blanca y fluorescente, en aceite de inmersión.*

1. Esporinita (Es) en desmocolinita (Dc). Luz blanca. RC/96.
2. Esporinita (Es) color amarillo en desmocolinita (Dc). Luz fluorescente. RC/96.
3. Cuarzo detrítico (q) en desmocolinita (Dc). RC/96.
4. Agregados de pirita (Py) "framboidal" en desmocolinita (Dc). RC/96.

## ANÁLISIS DE LA REFLECTANCIA

Los resultados de las medidas de la reflectancia random de la vitrinita para los carbones de la cuenca de Yanacancha se dan en la Tabla III.3.2.

Los bajos valores de la reflectancia (0,5 – 0,6 %) obtenidos para todos los carbones permite clasificarlos como sub-bituminosos/bituminosos de altos volátiles. Ello implica que los carbones han alcanzado un estadio de evolución equivalente al tránsito de la diagénesis/catagénesis, al inicio de la ventana de generación de aceites, de acuerdo con las etapas de evolución orgánica definidas por Tissot y Welte (1984).

La presencia de exudatinita como maceral secundario generado en el tránsito de la diagénesis/catagénesis indica que el craqueo primario ya ha comenzado y que por lo tanto probablemente ya se ha iniciado la generación de hidrocarburos a partir de los componentes más hidrogenados.

A nivel de cuenca se observa que los valores ligeramente más elevados (0,58 – 0,63 %) se dan en los carbones de los sectores sur y oeste de la cuenca mientras que, los más bajos (0,52 – 0,53 %) en el sector noreste indicando una ligera tendencia a aumentar el rango desde el sector noreste hacia el suroeste de la cuenca (Carrascal et al; 1995).

## CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS

Los resultados obtenidos de los análisis químicos de los carbones de esta cuenca se muestran en la Tabla III.3.3.

Los contenidos en cenizas son variables (11-47 %) las materias volátiles son bastante homogéneas (37-44 %), el carbono varía de 72-81 % y el hidrogeno (3-5 %).

Con respecto al azufre total son altamente variables, así los carbones del sector norte y noreste presentan valores relativamente altos (3-6 %) bajo la forma de azufre pirítico y sulfato mientras que, los carbones del sector central, oeste y sur son menores (< 2 %).

La **materia mineral** esta constituida principalmente por Si, Al y Fe aunque sus proporciones varían de un sector a otro (Tabla III.3.4). El Si es el más abundante y tiende a aumentar hacia los sectores sur, oeste y norte de la cuenca, estando asociadas a las series tobáceas del sector sur y oeste, y a la presencia de chert al norte y noreste de la cuenca.

Los contenidos de Al son relativamente moderados estando asociadas a las arcillas de la parte central de la capa (Carrascal et al; 1995) mientras que, los contenidos en Fe varía de 2-11 %, excepcionalmente alcanza hasta un 22-27 % al noreste estando asociada a la facie chertosa del piso de la capa en el sector norte/noreste, bajo la forma de pirita diseminada en el chert.

SECTOR	Ro (%)	MVR (%)	RANGO
OESTE (1)	0,58	45,40	Subbit-B.A.V.
	0,58	45,40	Subbit-B.A.V.
SUR (2)	0,63	43,90	Subbit-B.A.V.
	0,61	44,20	Subbit-B.A.V.
CENTRAL (3) Y (3')	0,55	46,70	Subbit-B.A.V.
	0,54	46,80	Subbit-B.A.V.
	0,60	44,90	Subbit-B.A.V.
	0,54	46,80	Subbit-B.A.V.
	0,53	47,40	Subbit-B.A.V.
	0,55	46,70	Subbit-B.A.V.
	0,53	47,90	Subbit-B.A.V.
	0,57	45,80	Subbit-B.A.V.
NORTE (4)	0,54	46,80	Subbit-B.A.V.
	0,54	47,20	Subbit-B.A.V.
	0,52	47,30	Subbit-B.A.V.
NOROESTE (5)	0,53	47,10	Subbit-B.A.V.
	0,55	46,90	Subbit-B.A.V.
	0,55	46,90	Subbit-B.A.V.

Ro: Reflectancia random de la Vitrinita

MVR: Materias volátiles calculadas a partir del histograma de Ro

Subbit: Sub bituminosos

B.A.V.: Bituminosos de altos volátiles

Tabla III.3.2. Reflectancia de la vitrinita de los carbones de la cuenca de Yanacancha (Carrascal, 1996).

SECTOR	Hu (%)	Cenizas *	M.V **	C **	H **	N **	O **	S <sub>t</sub> *	P.C *
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(Mj/Kg)
OESTE (1)	8,97	23,64	39,79	74,87	4,75	1,26	17,23	2,65	22,02
	11,08	11,71	40,22	74,07	4,47	1,19	18,92	1,43	24,92
SUR (2)	10,29	18,53	41,62	73,79	4,27	0,98	20,31	0,72	22,04
	9,50	34,56	44,06	73,78	3,25	1,00	21,38	0,51	16,80
CENTRAL (3) Y (3')	8,95	27,02	39,40	77,90	4,71	1,15	15,35	0,81	21,52
	10,53	27,34	39,11	77,61	4,83	1,07	15,76	0,68	21,26
	5,61	59,60	41,46	79,04	4,93	0,94	14,59	0,85	11,65
	11,66	11,90	34,07	76,04	4,74	1,15	17,26	0,89	26,28
	10,62	13,37	37,54	77,43	4,59	1,19	16,12	1,04	26,17
	12,02	14,25	38,02	77,07	4,68	1,08	16,48	1,42	25,67
	11,96	1,64	39,07	77,32	4,82	1,22	15,95	1,19	26,81
	9,83	25,22	38,14	76,45	4,57	1,28	16,61	2,50	21,89
NORTE (4)	8,78	25,81	40,08	81,14	5,05	1,10	11,84	1,86	22,16
	6,61	47,50	42,70	72,15	4,90	1,05	20,55	3,63	15,64
NOROESTE (5)	8,67	14,68	39,45	77,08	4,88	0,94	15,46	3,54	24,69
	7,27	32,05	42,74	77,14	3,55	1,12	17,20	0,94	18,93
	9,68	24,98	40,62	73,98	4,81	1,07	18,58	2,95	21,23
	8,52	26,34	41,77	72,74	3,33	1,09	20,56	6,69	19,74

M.V: Materias volátiles

C: Carbono

H: Hidrógeno

Hu: Humedad

O: Oxígeno

N: Nitrógeno

S<sub>t</sub>: Azufre total

P.C: Poder calorífico

\* Valores obtenidos sobre base seca

\*\* Valores obtenidos sobre base seca y libre de cenizas (combustible puro)

Tabla III.3.3. Resultados de los análisis químicos de los carbones de la cuenca de Yanacancha (Carrascal, 1996).

SECTOR	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	K <sub>2</sub> O (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	SO <sub>3</sub> (%)
OESTE (1)	85,79	5,40	8,36	0,16	0,32	0,34	n.d.	0,04
	52,71	30,18	4,92	5,18	0,86	0,37	n.d.	3,08
SUR (2)	69,80	16,86	2,75	2,84	3,41	0,47	n.d.	1,23
	51,02	35,08	5,08	0,61	1,60	0,81	1,57	0,35
CENTRAL (3) Y (3')	76,61	12,51	1,43	1,85	5,10	0,27	n.d.	0,57
	62,02	23,08	2,75	1,80	4,88	0,46	n.d.	0,59
	61,37	16,41	4,49	5,57	5,66	0,98	n.d.	3,17
	55,46	16,46	6,70	6,02	5,87	1,12	n.d.	4,10
	56,42	14,69	10,40	5,72	2,87	0,74	n.d.	3,30
	54,40	14,70	8,66	7,56	3,30	0,94	n.d.	5,15
	54,57	14,66	1,38	4,88	3,69	0,74	n.d.	2,58
54,47	21,97	7,46	3,27	6,94	0,72	n.d.	1,45	
NORTE (4)	73,74	12,92	10,56	0,33	0,23	0,26	n.d.	0,10
	52,99	16,22	22,26	0,55	3,37	0,71	0,97	0,40
NOROESTE (5)	63,44	28,26	3,85	0,16	2,17	0,42	0,75	0,11
	61,10	20,83	12,56	0,14	2,44	0,72	0,73	0,22
	55,00	14,65	27,19	0,19	4,62	0,38	1,67	0,07

n.d.: No detectado

Tabla III.3.4. Elementos mayoritarios y minoritarios en las cenizas de los carbones de la cuenca de Yanacancha (Carrascal, 1996).

Las concentraciones en elementos traza son normales para carbones de este rango. Sin embargo, el Ba, Sr y Cr presentan valores significativos (Tabla III.3.5) que conjuntamente con el Si muestran una tendencia a aumentar hacia el sector central/oeste indicando su procedencia desde el sector oeste de la cuenca.

Las fases minerales identificadas son el cuarzo, feldespatos, arcillas, piritita, clorita, calcita y apatito.

#### **III.3.1.1.4. TIPO, ORIGEN Y AMBIENTE DEPOSICIONAL DE LOS CARBONES**

Los carbones aparecen bandeados por la alternancia de los litotipos vitreño y clareño y son por lo tanto de tipo húmico. Los restos orgánicos que lo originaron proceden principalmente de vegetación herbácea y en menor proporción de tejidos leñosos (árboles). Sus características y la materia mineral asociada permite indicar un origen autóctono a hypautoctono para estos carbones.

Las características geológicas del área, los litotipos identificados en los carbones, su composición maceral, el tipo y contenido de materia mineral y los índices indicativos de paleofacies/paleoambientes permiten indicar que el horizonte carbonoso se origino en un medio ambiente sedimentario de tipo fluvio-lacustre.

Los carbones de la capa Principal por tanto son propios de una turbera pantanosa (swamp) en la que predomino condiciones húmedas. Las facies correspondientes han sido de tipo límnic y ocasionalmente límnic/telmático con influencia de aguas dulces.

La cuenca por su posición geográfica corresponde a una cuenca de carácter límnic.

El contenido en azufre (principalmente pirítico) tiende a aumentar desde el sector suroeste hacia el noreste mientras que, en sentido vertical se incrementa de techo a piso de la capa y se asocia principalmente a las facies chertosa.

#### **III.3.1.1.5. GRADO DE EVOLUCION Y DISTRIBUCION DEL RANGO**

De acuerdo a los parámetros de rango los carbones de esta cuenca son carbones sub-bituminosos/bituminosos de altos volátiles, situados en el tránsito de la diagénesis/catagénesis (al inicio de la ventana del aceite).

A nivel de cuenca, el rango del carbón tiende a aumentar ligeramente desde el noreste hacia el suroeste lo que esta relacionado con la proximidad de la capa de carbón a las fallas.

<b>SECTOR</b>	<b>0 - 10 (ppm)</b>	<b>11 - 100 (ppm)</b>	<b>101 - 500 (ppm)</b>	<b>501 - 1000 (ppm)</b>	<b>1001 - 1500 (ppm)</b>
<b>OESTE (1)</b>	Cr Cu	Nb, Zr, Cu, Zn, Pb Nb, Pb	Ba, Rb, Sr, Ni, V Zr, Rb, Cr, Ni, V, Zn	Sr	Ba
<b>SUR (2)</b>	Ni	Nb, Cu, Pb Nb, Zr, Sr, Cu, Ni, Pb	Zr, Rb, Cr, V, Zn Ba, Rb, Cr, V, Zn	Sr	Ba
<b>CENTRAL (3) Y (3')</b>	Ni  Ni	Nb, Zr, Cr, Cu, Pb Nb, Zr, Cr, Cu, Ni, Pb Nb, Cu, Pb Nb, Cu, Ni, Pb Nb, Cu, Pb Nb, Cu, Pb Nb, Cu, Pb Nb, Cu, Pb	Rb, Sr, V, Zn Rb, Sr, V, Zn Zr, Rb, Sr, V, Zn Zr, Rb, Sr, V, Zn Zr, Rb, Sr, Cr, Ni, V, Zn Zr, Rb, Sr, Ni, V, Zn Zr, Rb, Sr, Ni, V, Zn Zr, Rb, Sr, Cr, Ni, V, Zn	Ba Ba Ba, Cr Ba, Cr Ba Ba, Cr Sr Ba	Ba
<b>NORTE (4)</b>	Cr, Nb Nb, Cr, Pb	Zr, Cu, Zn, Pb Cu, Zn	Ba, Rb, Sr, Ni, V Zr, Rb, Sr, Ni, V	Ba	
<b>NOROESTE (5)</b>	Nb, Cr, Cu, Pb Nb, Cr, Pb	Nb, Zr, Cu, Ni, Zn, Pb Zr Zn	Rb, Sr, Cr, V Ba, Rb, Sr, Ni, V, Zn Zr, Rb, Sr, Cu, Ni, V	Ba Ba	

Tabla III.3.5. Límites de concentración de los elementos traza en las cenizas de los carbones de la cuenca de Yanacancha (Carrascal, 1996).

La evolución de los carbones sería debida fundamentalmente a una evolución por enterramiento y subsidencia normal de la cuenca, a la cual solo localmente se sobreimpuso la actividad tectónica (fallas) de los últimos estadios de la fase Quechua que origino un incremento del rango de las áreas afectadas.

### **III.3.1.2. CUENCA DE TUMBES-PIURA**

#### **III.3.1.2.1. SINTESIS GEOLOGICA**

En el noroeste peruano, al norte de la cuenca Talara y subsuelo de la cuenca Sechura se encuentra la Formación Máncora (Oligoceno) constituida por areniscas de grano grueso, micáceas, bien estratificadas, de color blanco amarillento y verde rojizo (Palacios, 1995).

Asimismo, en la cuenca Talara se tiene la Formación Zorritos (Mioceno) conformado por una secuencia de areniscas y lutitas (Palacios, 1995).

La Formación Máncora y Zorritos contienen capas con carbón, donde la Formación Zorritos presenta una amplia distribución areal, reconociéndose desde el poblado El Peligro hasta la Caleta de la Cruz (Escudero, 1985).

#### **III.3.1.2.2. LAS FORMACIONES Y SERIES CON CAPAS DE CARBON**

En la cuenca de Tumbes la serie productiva se localiza en las Formaciones Máncora y Zorritos (Mioceno).

En la cuenca Tumbes se reportan numerosos afloramientos de capas con carbón, cuyo rumbo general es N-S y buzamiento de 0°-25°E (Cruzado, 1985). Los principales corresponden a :

**ACANTILADO DE MAL PASO** : Aflora una capa de carbón de 0,77 m de espesor. El techo y piso esta constituida por lutitas. Se emplaza en la Formación Zorritos.

**CALETA GRAU** : Afloran 4 capas de carbón con espesores de 0,6; 0,9; 0,35 y 0,2 m respectivamente y se encuentran separadas por capas de areniscas y lutitas (Fig.III.3.4).

**LOS PINOS** : Aflora una capa de carbón de 0,20 m de espesor, en posición subhorizontal.

**PUNTA BONANZA** : Situado en el km. 1 282 de la carretera panamericana norte cerca de Zorritos. Afloran 3 capas de carbón con espesores de 0,2 a 0,3 m encajonados en la Formación Zorritos.

**PUNTA GIGANTAL** : Afloran 2 capas de carbón de 0,3 y 0,05 m de espesor separadas por 0,4 m de lutitas gris marrón carbonosa. En la misma serie afloran 2 capas más de carbón de 0,2 y 0,25 m presentando una capa de lutitas entre ellas.



CALETA ACAPULCO : Aflora 2 capas de carbón de 0,3 y 0,1 m de espesor estando contenidas en 0,7 m de lutitas marrón carbonosas.

PUNTA PICO : En un paquete de lutitas de 0,8 m se intercala capas delgadas de carbón de 0,1 m de espesor.

CANCAS : En un paquete de lutitas carbonosas se presentan 2 capas delgadas de carbón, encajonados en la Formación Máncora (Oligoceno).

En la cuenca de Piura la serie productiva con capas de carbón se encuentra encajonada en la Formación Ostrea de edad Eoceno Medio.

Así, en las localidades de Peña Negra y Carrizo afloran capas de carbón correspondientes a esta cuenca. Asimismo, se ha reportado la presencia de capas con carbón en las perforaciones realizadas por petróleo en las áreas de Peña Negra, Taiman y Alvarez Oveja-Carrizo.

En la Fig.III.3.5 se muestra las ocurrencias reconocidas de carbón en la cuenca de Tumbes-Piura.

### **III.3.1.3.3. CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS Y GEOQUIMICAS**

No se tiene información sobre la toma de muestras, se infiere que corresponden a muestras de carácter puntual.

#### **CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS**

Los carbones de estas cuencas aparecen bandeados son de color negro a marrón pardusco, son compactos y de aspecto brillante a terroso.

Presentan un carácter bandeadado con laminaciones de lutitas carbonosas.

Los análisis palinológicos de los carbones muestran que la vegetación esta constituida por *Rhizopora Bruguiera* (80%), y en menor proporción por *Iriartites Tumbensis berry*, *Ficus Winslowiana* y helechos (Cruzado, 1985).

#### **ANALISIS MACERAL**

El grupo maceral predominante es la vitrinita correspondiente a la telinta, en menor porcentaje colinita. El grupo inertinita esta representado por la esclerotinita. Como maceral del grupo liptinita se ha reconocido cutinitas (Alvarez, 1985). Asimismo, se ha observado la presencia de piritita asociada a estos carbones.



## **ANÁLISIS DE LA REFLECTANCIA**

Los resultados de las medidas de la reflectancia random de la vitrinita para los carbones de esta cuenca se dan en la Tabla III.3.6.

Los valores de la reflectancia varía de 0,25 - 0,30%. Estas bajas reflectancias obtenidos para todos los carbones permite clasificarlos como lignitos.

## **CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS**

Los resultados obtenidos de algunos análisis químicos de los carbones de esta cuenca se muestran en la Tabla III.3.7.

Los contenidos en cenizas son variables (20-60 %) así como las materias volátiles (25-43 %), el carbono fijo varía de 15-37 % y los contenidos en azufre total varía de 1- 6 %.

### **III.3.1.3.4. TIPO, ORIGEN Y AMBIENTE DEPOSICIONAL DE LOS CARBONES**

Los carbones aparecen bandeados y son por lo tanto de tipo húmico. Los restos orgánicos que lo originaron proceden principalmente de tejidos leñosos (árboles) y en menor proporción de vegetación herbácea. Sus características y la materia mineral asociada permite indicar un origen autóctono a hypautoctono para estos carbones.

Las características geológicas del área, su composición maceral vitrinitico, el tipo y contenido de materia mineral indican que los carbones se originaron en un medio ambiente deposicional pantanoso de estuarios bajo la influencia de aguas salobres, en condiciones húmedas. Por tanto, son cuencas de carácter parállica.

### **III.3.1.3.5. GRADO DE EVOLUCION Y DISTRIBUCION DEL RANGO**

De acuerdo a los parámetros de rango los carbones de esta cuenca corresponden a carbones que han alcanzado el estadio de lignitos.

A nivel de cuenca, el rango del carbón no presenta variaciones notables.

La evolución de los carbones habría sido debida fundamentalmente a una evolución por enterramiento y subsidencia normal de la cuenca.

<b>CUENCA</b>	<b>YACIMIENTO</b>	<b>FORMACION</b>	<b>Ro (%)</b>	<b>N° Medidas</b>	<b>RANGO</b>
<b>Tumbes</b>	Mal Paso	Zorritos	0,26	50	Lignito
	Mal Paso	Zorritos	0,25	46	Lignito
<b>Piura</b>	Cancas	Mancora	0,30	50	Lignito
<b>Loreto</b>	Tarapoto		0,17	60	Turba

Tabla III.3.6. Reflectancia de la vitrinita de los carbones de las cuencas de Tumbes, Piura y Loreto (Alvarez, 1985).

ZONAS	Hu (%)	Cenizas (%)	M.V. (%)	C. F. (%)	S (%)	P. C. BTU/Lb	P. C. Kcal/Kg	Referencias
Malpaso	12,95	53,00	25,99	21,01	3,17	10 599		(ITINTEC, 1985)
Punta Picos	9,52	82,12	12,62	5,26	0,64	7 444		(ITINTEC, 1985)
Malpaso 3	13,82	44,07	28,41	27,62	3,60	11 202		(ITINTEC, 1985)
Malpaso 6	12,05	38,76	32,08	29,16	5,30	11 698		(Cruzado, 1985)
Las Tres Puntas-3	8,56	62,82	26,01	11,17	6,12	7 834		(Cruzado, 1985)
Punta Bonanza	4,74	36,91	28,87	34,22	6,32	9 429		(Cruzado, 1985)
Cancas II	19,67	19,39	43,00	37,61	2,64	11 095		(Cruzado, 1985)
Punta Gigantal-9	7,58	56,71	27,84	15,45	2,51	10 455		(Cruzado, 1985)
Tumbes	16,19	21,79	31,75	30,26	5,20		3 062	
Tumbes	18,77	40,96	27,27	13,00	4,46		1 666	INIFM
Tumbes	14,25	34,83	28,32	22,60	4,13		2 339	(Cruzado, 1985)
Tumbes	14,70	23,35	23,35	29,06	4,31		3 124	
Tumbes	9,00	37,93	31,14	21,93	4,92		2 551	
Tumbes	8,33	26,30	33,86	31,51	5,66		6 794	(Acosta et al., 1985)
Tumbes	12,05	34,59	28,63	24,73	5,40		5 499	(Acosta et al., 1985)
Tumbes	12,95	46,92	23,01	17,12	3,17		4 888	(Acosta et al., 1985)

Tabla III.3.7. Resultados de los análisis químicos de los carbones de la cuenca de Tumbes-Piura.

### **III.3.1.3. CUENCA LORETO**

#### **III.3.1.3.1. SINTESIS GEOLOGICA**

La cuenca de Loreto se localiza en el oriente de Perú y abarca una extensa área que se prolonga hacia el Brasil y Colombia.

La Llanura Amazónica esta conformada por una potente secuencia de sedimentos Cenozoicos de pie de monte (moladas) que descansan sobre rocas Mesozoicas (Chacón, 1995).

La Formación Pebas (Mioceno) aflora en la región del río Amazonas y río Negro cerca a Colombia llegando hasta Iquitos. Dicha Formación esta constituida por lutitas grises, lodolitas marrones, arcillas azuladas y capas lenticulares de lignitos (Palacios, 1995).

#### **III.3.1.3.2. LAS FORMACIONES Y SERIES CON CAPAS DE CARBON**

En la cuenca Loreto la serie productiva se localiza en la Formación Pebas.

Así, se han reconocido capas de carbón en las áreas de Nanay (pozo 26x), Valencia (pozo 25x), Capirona (2x) y Corrientes (x1)(Cruzado, 1985) (Fig.III.3.6).

En el pozo 26x-Nanay se reconoció un horizonte carbonoso localizado en la Formación Marañon (Plio-Pleistoceno) y 4 horizontes en la Formación Pebas.

En el pozo 25x-Valencia se han reconocido 5 horizontes con capas de carbón mientras que, en el pozo 2x-Capirona se identificaron 3 niveles con carbón y en el pozo X1-Corrientes 2 horizontes todas ellas contenidas en la Formación Pebas.

Asimismo, se han reconocido horizontes carbonosos en las áreas de Pebas, Pajuayal, Angamos, Coloria, Barros y en los ríos Mirim y Yavari (R. Fuentes).

#### **RIO PUTUMAYO**

En las cercanías del poblado Flor de Agosto, aflora una banco de lodolitas carbonáceas de 0,5 m de espesor, en el cual se intercalan capas delgadas (0,1-0,15 m) de carbón.

## ALTO AMAZONAS

En el territorio Brasileño de Alto Amazonas la compañía Petrobras reporta la presencia de capas de carbón en la Formación Pebas. Asimismo, señalan dichas ocurrencias en las áreas del río Solimones, Yavari, Isa (Oliveira et al, 1919).

En el pozo de Alto Amazonas Petrobras señala la presencia de 4 horizontes con capas de carbón de 13 a 15 m de espesor localizado en la Formación Pebas.

En la Fig.III.3.6 se muestra las ocurrencias de carbón detectadas en la cuenca de Loreto.

### III.3.1.3.3. CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS Y GEOQUIMICAS

No se tiene información sobre el muestreo, se infiere que corresponden a muestras puntuales obtenidos de perforaciones por petróleo.

#### CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Los carbones de estas cuencas aparecen bandeados son de color negro a marrón pardusco, compactos, denso, aspecto laminar a astiloso. Presentan un carácter bandeado con laminaciones de lodolitas carbonosas.

Los análisis palinológicos de los carbones de Nanay indican que contienen abundantes esporas fungales, menor proporción Trilete y Monolete (Cruzado, 1985), además se han reconocido plantas criptógamas.

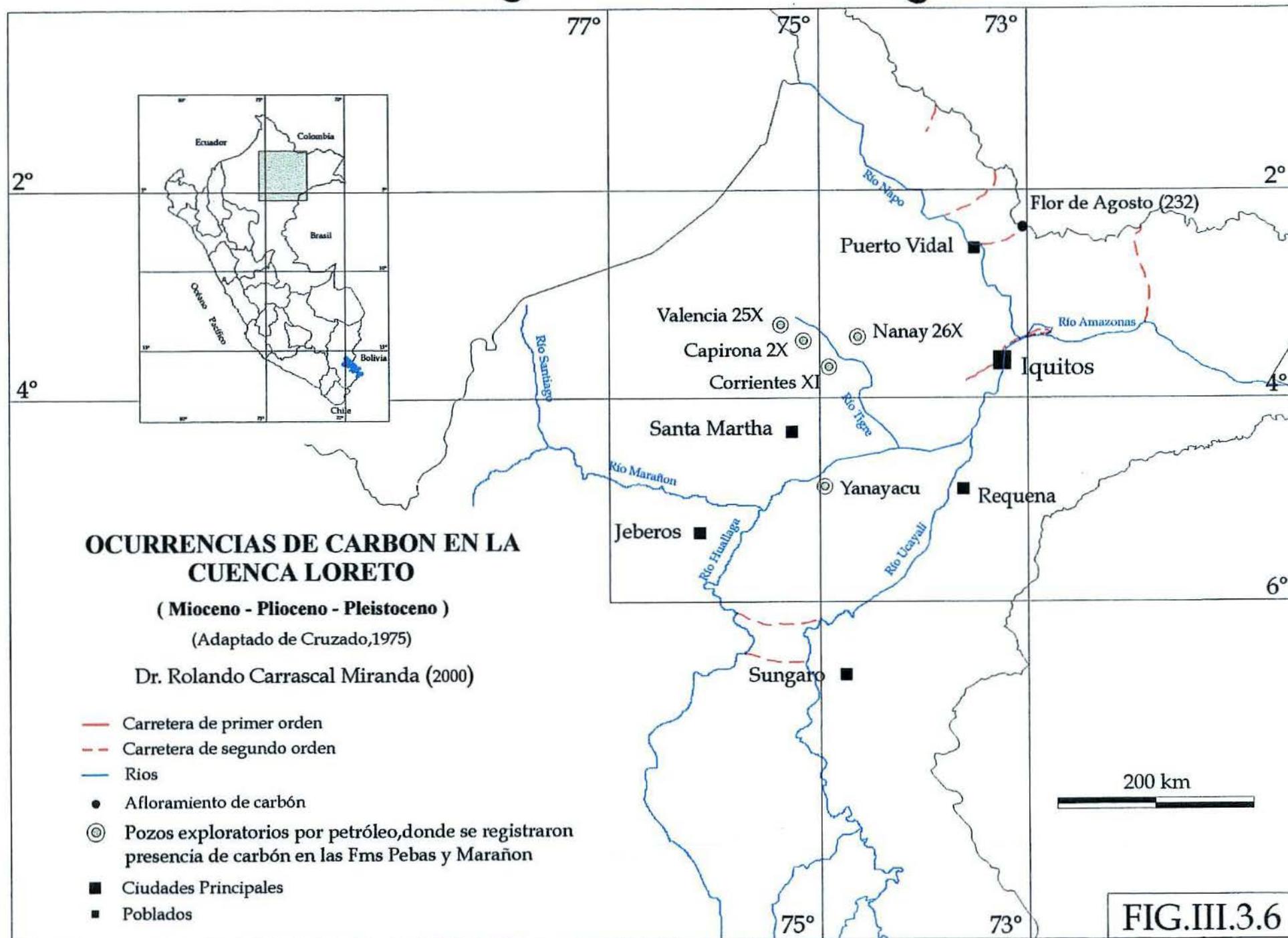
En Putumayo los carbones presentan flora herbácea dominada por helechos con palinomorfos: Verrucatasporites, Psilatasporites, esporas fungales.

Una muestra procedente de Tarapoto (Departamento San Martín) esta constituida por vitrodetrinita con algunos fragmentos de telinita, acompañados por inertinita bajo el maceral esclerotinita (Alvarez, 1985).

#### ANALISIS DE LA REFLECTANCIA

Los resultados de las medidas de la reflectancia random de la vitrinita para una muestra de carbón de esta cuenca se da en la Tabla III.3.6.

El valor de la reflectancia obtenida para el carbón de Tarapoto es de 0,17 %. (Alvarez, 1985).



## **CARACTERISTICAS GEOQUIMICAS**

Los resultados obtenidos de algunos análisis químicos para los carbones de esta cuenca se muestra en la Tabla III.3.8.

Los contenidos en cenizas son variables (18-48 %) las materias volátiles varían de 23-40 %, el carbono fijo de 17-50 %. Los contenidos en azufre total del orden de 0,5 - 8 %.

### **III.3.1.3.4. TIPO, ORIGEN Y AMBIENTE DEPOSICIONAL DE LOS CARBONES**

Los carbones aparecen bandeados y son por lo tanto de tipo húmico. Los restos orgánicos que lo originaron proceden principalmente de tejidos leñosos (árboles) y en menor proporción de vegetación herbácea. Estas características y la materia mineral (pirita) y restos de fragmentos de moluscos asociadas permite indicar un origen autóctono a hypautoctono para estos carbones.

Las características geológicas, la composición maceral con predominancia de vitrinita, el tipo y contenido de materia mineral, indican que los carbones se originaron en un medio ambiente pantanoso de estuarios bajo la influencia de aguas salobres, en condiciones húmedas. Por tanto, son cuencas probablemente de carácter parálisis.

### **III.3.1.3.5. GRADO DE EVOLUCION Y DISTRIBUCION DEL RANGO**

De acuerdo a los parámetros de rango los carbones de esta cuenca han alcanzado el estadio de turba a lignitos pardo. La evolución de los carbones habría sido debida fundamentalmente a una evolución por enterramiento y subsidencia normal de la cuenca del oriente peruano.

ZONAS	Hu (%)	Cenizas (%)	M.V. (%)	C. F. (%)	S (%)	P. C. Cal	Referencias
Río Putumayo	29,04	28,52	35,77	35,71	7,9		(ITINTEC, 1985)
Alto Amazonas	8,90	33,00	40,30	17,80		2 950	(Cruzado, 1985)
Alto Amazonas	8,40	41,80	29,50	20,30		2 670	Petrobras.
Alto Amazonas	16,80	34,50	30,80	17,90		2 593	(Olivera, et al., 1919)
Alto Amazonas	6,90	40,20	32,80	20,10		2 768	
Río Solimones	0,80	20,65	28,87	50,96	1,89		(Olivera, et al., 1919)
Gran Amazonas	29,04	17,90	30,40	50,88	6,04		(Acosta et al., 1985)
Putumayo	7,58	22,10	27,72	21,14	7,90		(Acosta et al., 1985)

Tabla III.3.8. Resultados de los análisis químicos de los carbones de la cuenca de Loreto.

## **CAPITULO IV: EXPLORACION Y RESERVAS DE CARBON**

### ***IV.1. EXPLORACION DE YACIMIENTOS DE CARBON***

La exploración de los yacimientos de carbón se realiza por etapas : geología superficial, del subsuelo y económica.

#### **GEOLOGIA SUPERFICIAL Y DEL SUBSUELO**

Basado en la geología regional superficial existente, se seleccionan las zonas más importantes correspondientes a la Formación productiva con capas de carbón dentro de una cuenca determinada.

La información de la zona seleccionada es recopilada, analizada y evaluada, permitiendo localizar las áreas de mayor interés.

En la etapa de campo se verifica la información existente de las áreas de interés seleccionadas. La concordancia entre la información recolectada y las encontradas en campo se comprueban a través de los trabajos geológicos, topográficos, fotogeológicos, geofísicos, etc.

Para ello se tiene en consideración los siguientes aspectos :

- Levantamiento geológico de los afloramientos de las capas de carbón (ubicación, número de capas, espesores, distancia entre las capas, rocas encajonantes, rumbos, buzamientos, etc).

- Evaluación litoestratigráfica (el análisis secuencial permite conocer el ambiente deposicional).

- Evaluación Paleontológica (determina la edad y origen de los carbones, a través de la flora, fauna, microfauna y palinología).

- Capas guías (para correlacionar las capas de carbón. Pueden ser intercalaciones de pizarras, niveles fosilíferos, etc).

- Geología estructural (control de las capas mediante pliegues y fallas).

- Trincheras o labores (permite establecer la continuidad lateral de las capas, muestrear el carbón fresco y conocer la calidad).

- Levantamiento estratigráfico (establece la secuencia estratigráfica productiva con carbón).

#### ***Exploración Geofísica***

La exploración geofísica permite registrar las propiedades físicas del carbón y de las rocas encajonantes, y determinar los diferentes estratos y capas del subsuelo. Además, permite optimizar la malla de perforaciones a realizar.

Al final de una perforación se puede también completar con perfilajes geofísicos para obtener una mayor información geológica del subsuelo, sobre todo para la correlación de las capas con carbón.

Los registros geofísicos más usados son: resistividad, SP, Rayo Gamma, entre otros.

Al terminar esta etapa podemos conocer mejor el yacimiento y estimar las reservas potenciales.

Con la información proporcionada por la geología superficial (estructural, estratigráfica y calidad disponible), se determinan las zonas o áreas de interés económico para una posible operación minera.

Para ello se considera las siguientes actividades :

- Levantamiento topográfico (los planos del levantamiento topográfico deben tener una precisión adecuada y estar a una escala que permita detallar ciertas características que facilite el planeamiento de minado).

- Geología de detalle (permite programar los trabajos de exploración a través de las secciones geológicas a escalas apropiadas).

- Programa de perforación (la exploración puede ser mediante túneles o perforaciones diamantinas, de aire reversa, etc, que permite obtener mayor información del yacimiento).

### ***Muestreo***

Las muestras de carbón recuperadas durante la perforación o tomadas en las galerías, deben garantizar la representatividad de la capa de carbón con respecto a las rocas encajonantes.

### ***Análisis de Laboratorio***

Deben reportar las características físicas, químicas y petrográficas de las capas de carbón, de las intercalaciones y de las rocas techo y piso; éstas características determinaran el precio que se asignará al carbón, su comercialización y sus usos.

### ***Evaluación***

Con la información obtenida en la exploración, se define el modelo geológico que corresponde al yacimiento.

La evaluación también debe determinar :

- Correlación de los mantos de carbón, su continuidad lateral y vertical.
- Espesor y tipo de material que debe ser removido para su extracción.
- Distancia estratigráfica entre las capas.
- Espesor de las capas de carbón y su variación lateral y en profundidad.
- Comportamiento estructural del área.
- Calidad del carbón.
- Planos básicos : isópacos, estructurales, isorefectancias, etc.
- Cálculo de reservas.

## GEOLOGIA ECONOMICA

La base geológica es utilizada para evaluar las posibilidades de explotación minera a corto plazo, para ello se determina las reservas y se analiza la prefactibilidad.

## CALCULO DE RESERVAS

En 1988 la Society of Mining, Metallurgy and Exploration, elaboró las guías de "*Definición de Reservas Minerales*" señalando los siguientes términos:

**Recurso Mineral:** ocurrencia de un material sólido, líquido o gaseoso que se presenta naturalmente en/o sobre la corteza terrestre, en forma y cantidad tal que la extracción económica de un producto a partir de su concentración sea potencialmente factible.

**Reserva:** es aquella parte del recurso que cumple con criterios físicos y químicos relacionados con prácticas específicas de minería y de producción económica, incluyendo la ley, calidad, espesor y profundidad.

**Recurso Identificado :** yacimiento o parte de él cuya localización, rango, calidad y cantidad se conoce por evidencias geológicas y/o de ingeniería.

**Recurso no Identificable:** yacimiento definido ya sea por su localización, rango, calidad y cantidad conocido por evidencias geológicas basado en la teoría.

Desde el Punto de vista de certeza geológica las categorías de recursos y reservas quedan definidas como:

**Medidas (Reservas Probadas)** : recursos identificados que se calculan sobre afloramientos, trincheras, trabajos mineros y perforaciones; los puntos de información distan hasta 500 m entre si, es decir que un punto de información tiene un radio de influencia de 250 m. El espesor, la extensión lateral y la calidad de los carbones está afectada por el ambiente deposicional que le precedió.

**Indicadas (Reservas Probables)** : los puntos de información distan entre 500 y 1 500 m el uno del otro, es decir tienen un radio de influencia de hasta 500 m.

**Inferidas (Reservas Posibles)** : los puntos de información distan entre 1 500 y 4 500 m, con un radio de influencia de hasta 1 500 m.

**Hipotéticas** : los puntos de información distan más de 4 500 m entre sí.

**Especulativas** : no hay puntos de información o son sumamente distantes.

## CRITERIOS DE CLASIFICACION DE RECURSOS DE CARBON

A nivel mundial existen diversos criterios para la clasificación de los recursos de carbón, como de la Coal Association of Canada, Gesellschaft Deutscher Metallhütten und Bergleute de Hannover, United States Geological Survey, entre otros.

Cada país tiene sus propios criterios de clasificación de las reservas de acuerdo a las características geológicas que presentan. Así, en Europa generalmente las cuencas se encuentran poco deformadas y las capas con carbón son bastante continuas, en tal sentido las reservas probadas se consideran hasta distancias de 1 000 m.

Para los depósitos de carbón de Colombia se consideran como reservas medidas (una distancia de 0 a 500 m), reservas indicadas (de 500 a 1 500 m), reservas inferidas (entre 1 500 a 4 500 m) y reservas hipotéticas (mayor a 4 500 m).

Asimismo, la distancia entre sondajes para determinar las reservas medidas se considera una distancia de 800 m, para las reservas indicadas entre 800 y 2 400 m, para las reservas inferidas entre 2 400 y 4 600 m y para las reservas hipotéticas distancias mayores a 4 600 m.

## **IV.2. PROPUESTA DE CRITERIOS BASICOS PARA LA ESTIMACION DE RESERVAS DE LAS CUENCAS CON CARBON DEL PERU**

La exploración de las cuencas con carbón del Perú, no han sido realizados en forma sistemática de acuerdo a una metodología adecuada a las características geológicas de cada cuenca. Por el contrario, ha sido un tanto irregular y deficiente aplicando experiencias extranjeras no acordes con el contexto geológico peruano.

Debido a los procesos geológicos que afectaron a las cuencas con carbón del Perú, la estimación de las reservas se hace un tanto difícil, en comparación con las cuencas carboníferas de otras partes del mundo.

Por otro lado, debido a la situación dispersa de las ocurrencias, así como el escaso reconocimiento sistemático mediante perforaciones o labores subterráneas en las diferentes cuencas, hacen que la estimación de las reservas sea dificultoso e impreciso.

Hasta el presente, no existe una metodología para la estimación de reservas de carbón. En tal sentido, se propone los criterios y principios generales en que debe basarse la estimación de reservas de los carbones en el Perú.

### **1. Condiciones minero-geológicas**

Debido a que las características minero-geológicas de las cuencas con carbón han sufrido una serie de procesos geológicos tales como :

- Tectonismo intenso con pliegues y fracturamientos.
- Magmatismo intrusivo y extrusivo conspicuo.

Se debe tener en cuenta lo siguiente :

#### **1.1. Estructura geológica del yacimiento y su génesis.**

- Estructural : pliegues y fallas que controlan las capas y forman bloques.
- Intrusivos : stocks, diques y sills que reemplazan a las capas de carbón.
- Génesis del yacimiento: características y particularidades propias de cada yacimiento.

#### **1.2. Calidad del carbón**

- \* La gran variabilidad de sus contenidos en cenizas.
- Carbón con < 20 % cenizas. (bajo contenido de cenizas).

- Carbón con  $> 20\%$  y  $< 40\%$ . (alto contenido de cenizas).

\* Los contenidos en azufre total.

- Carbón con  $< 1\%$  azufre.

- Carbón con  $> 1\%$  y  $< 5\%$  azufre.

\* Los valores del poder calorífico

- Carbón  $> 3\,000$  kcal/kg.

- Carbón  $< 3\,000$  kcal/kg.

### *1.3. Estratificación y características de los capas de carbón.*

\* El carácter lenticular de las capas.

\* Los espesores reducidos de los mismos.

#### *Para bajos contenidos en cenizas*

- Capas económicas  $> 0,75$  m de espesor

- Capas no económicas  $< 0,5$  m de espesor

#### *Para altos contenidos en cenizas*

- Capas económicas  $> 1,0$  m.

- Capas no económicas  $< 0,5$  m.

\* Las intercalaciones de estériles

- Espesores  $< 0,05$  m. (se incluye a la potencia de las capas).

- Espesores  $> 0,05$  y  $< 0,25$  m. (no se incluye a la potencia de las capas).

- Espesores  $> 0,25$  m. (se divide la capa en 2).

- El espesor total de los estériles debe ser  $<$  al  $30\%$  de la potencia integrada de las capas de carbón.

## *2. La viabilidad técnico-económica de explotación del yacimiento y posibilidades de su aprovechamiento industrial.*

Criterios de las reservas a considerar :

### *\* Reservas probadas*

Se cataloga como reservas probadas cuando los puntos de información reconocidos distan de 0 a 200 m, es decir tiene un radio de influencia de 100 m. Asimismo, se considerará 75 m laterales y 75 m hacia profundidad.

**\* Reservas probables**

Se considera como reservas probables cuando los puntos de información reconocidos distan de 200 a 600 m. Asimismo, se considerará 75 a 150 m laterales y 75 a 150 m hacia profundidad.

**\* Reservas posibles**

Se considera como reservas posibles a aquella parte del recurso que se infiere, que podría corresponder a los sectores más profundos del yacimiento no habiendo sido reconocidos en forma directa. Se localizan aledañas a las reservas probadas y probables.

**NOTA :** Las distancias señaladas para cada tipo de reservas, serán ajustadas de acuerdo a la mayor o menor complejidad tectónica que presenta cada yacimiento.

**IV.3. RESERVAS Y POTENCIAL POR CLASES DE CARBON EN EL PERU**

**INTRODUCCION**

Las reservas totales (Probadas, probables y posibles) de carbón para el conjunto de las diferentes cuencas con carbón existentes en el Perú reportados por diversos autores, son del orden de unos 1 000 a 1 110 Mt (Agramonte, 1978; Escudero, 1979; Horna, 1985, Oficina Nacional de Planificación del Ministerio de Energía y Minas, 1990). Otros autores consideran esta cifra subestimada e indican que las reservas son mayores y que pueden alcanzar los 1 880 Mt (Sánchez, 1985).

Estas variaciones en la estimación de las reservas se deben básicamente al desconocimiento general que existe, debido a que la mayor parte de las cuencas con carbón no han sido sistemáticamente evaluadas y por tanto, la definición de reservas que contienen es deficiente. En este sentido, solamente las cuencas de Oyón, y Alto Chicama (Kopex-Minero Perú, 1973, 1975) han sido parcialmente evaluadas y en menor grado la cuenca de Santa (Ingemmet, 1992).

Escudero (1979) estima las reservas totales de carbón en 1 110 Mt correspondiendo fundamentalmente al rango de antracitas (80%), bituminosos (12 %) y lignitos (8%).

De acuerdo a la información bibliográfica en el presente trabajo las

reservas totales de carbón en el Perú se estiman en unos 1 040 Mt de los cuales 922 Mt corresponden a las reservas posibles, 65,6 Mt a reservas probadas y 47 Mt de reservas probables. Sin embargo, hay que indicar que según el Ministerio de Energía y Minas (1999) las reservas probadas solo alcanzan los 55,9 Mt (año 1997).

## **ESTIMACION DE RESERVAS**

A continuación se resumen las reservas y potencial de carbón estimadas en base a la información recopilada de las diferentes cuencas, subcuencas, sectores y zonas de las cuencas más importantes del país.

La mayor parte de las cuencas no presentan una estimación de reservas, solo en casos puntuales, *por tanto las cifras que se dan son meramente referenciales producto de la recopilación de la información existente.*

Asimismo, hay que indicar que no se señalan los criterios con los cuales han sido estimadas las diferentes reservas, salvo en el caso del sector sureste (Coima-Callacuyan) de la cuenca de Alto Chicama (Kopex-Minero Perú, 1976-1978).

### **IV.3.1. CUENCAS PALEOZOICAS**

Hasta el presente no se tiene una evaluación de las reservas y potencial real de los carbones Paleozoicos. Solo se tienen datos puntuales como en el caso de los carbones de Paracas, donde se estima en unos 2,95 Mt de reservas (Tabla IV.1.1.1) de carbones sub-bituminosos.

En general, las capas de carbón Paleozoicas (Mississippiense) han sido poco exploradas, debido a que son delgadas, lenticulares y esporádicas, con contenidos elevados en cenizas, mostrando poca importancia económica.

En la Fig. IV.1.1. se presenta la distribución por tipos de reservas de carbón de la cuenca Paleozoica de Paracas.

### **IV.2.2. CUENCAS MESOZOICAS**

#### **CUENCA DE YURA**

La cuenca de Yura (Calloviense-Neocomiense) es muy extensa sin embargo, los datos sobre las reservas son muy restringidas. Solo se tiene datos

## RESERVAS DE LAS CUENCAS PALEOZOICAS

### CUENCA PARACAS

<b>Sector</b>	<b>R. Probadas (t)</b>	<b>R. Probables (t)</b>	<b>R. Posibles (t)</b>	<b>Totales (t)</b>	<b>Rango</b>	<b>Referencias</b>
Paracas	450 000	2 500 000		2 950 000	Sub-Bituminoso	Rasmuss (1926)
<b>Total Final</b>	450 000	2 500 000		<b>2 950 000</b>		

Tabla IV.1.1.1. Reservas estimadas de la cuenca de Paracas.

TOTAL RESERVAS = 2,95 Mt

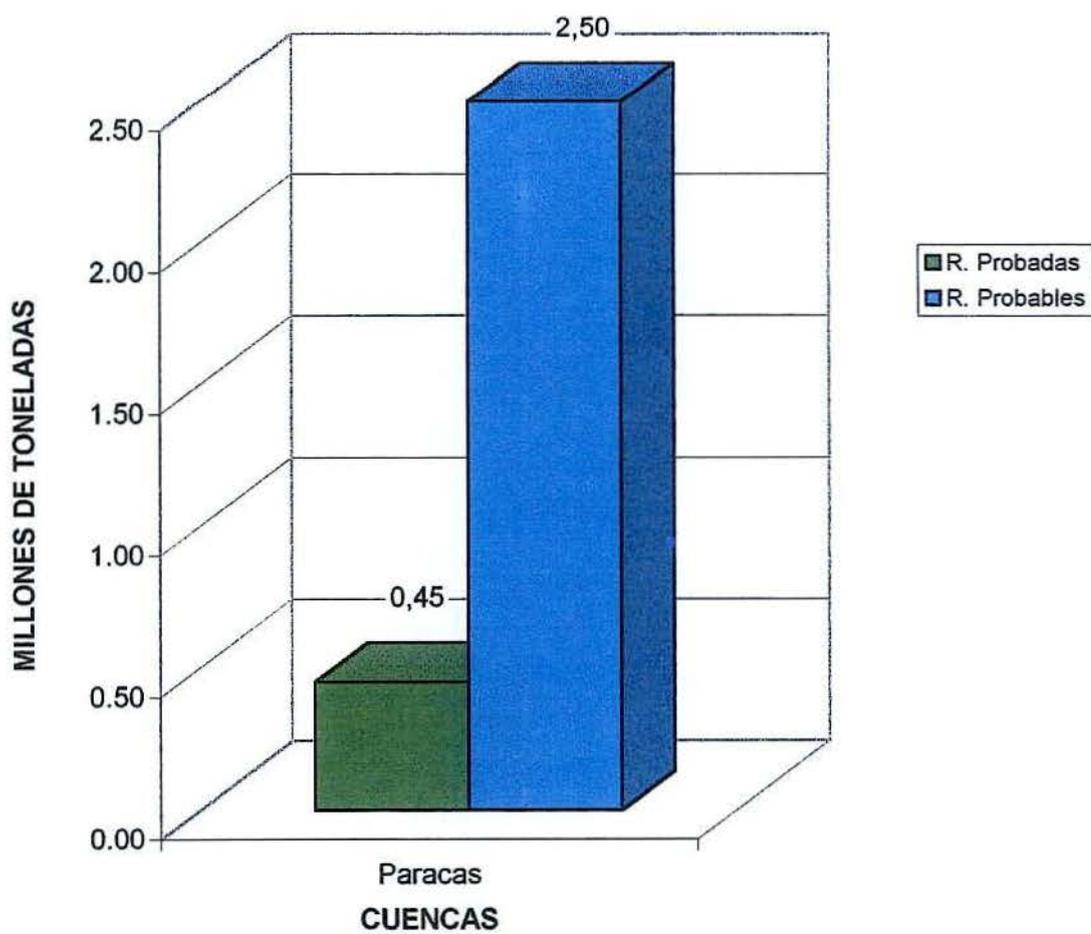


Fig. IV.1.1 Distribución por tipos de reservas de carbón de las cuencas Paleozoicas

del sector de Carumas el cual se encuentra dividido en las zonas : occidental, central y oriental.

Las capas de carbón se encuentran contenidas en la Formación Hualhuani y las reservas estimadas alcanzan los 2,892 Mt (Tabla IV.1.2.1) de carbones cuyo rango varía de bituminoso a antracítico.

### **CUENCA DE OYON**

La cuenca de Oyón (Berriasense) presenta subcuencas o sectores distribuidos y agrupados por su posición geográfica en : Gazuna, Saquicocha, Pampahuay, Cochaquillo y Checras-Parquín. Ha sido parcialmente evaluada los sectores de Gazuna, Pampahuay y Cochaquillo (Kopex-Minero Perú, 1973/74), siendo el sector de Pampahuay el mejor conocido.

Las reservas estimadas para esta cuenca alcanzan los 190,05 Mt y un potencial de 78 Mt (Tabla IV.1.2.2). El rango de los carbones varían desde bituminosos de bajos volátiles hasta antracitas.

### **CUENCA DE SANTA**

La cuenca de Santa también ha sido subdivida en varios sectores : Galgada-Cocabal, Esperanza-Alianza, Caraz-Fray Martín, Sihuas-Pasacancha y Chavín-Huallanca. Las capas se localizan tanto en la Formación Oyón y Chimú.

Los Yacimientos más conocidos son Cocabal, Galgada y Río Negro las cuales fueron explotadas en décadas pasadas.

Las reservas estimadas alcanzan los 151,72 Mt y un potencial de 62,60 Mt (Tabla IV.1.2.3) siendo los carbones de rango antracítico a meta-antracítico.

### **CUENCA DE ALTO CHICAMA**

La cuenca de Alto Chicama se encuentra subdividido geográficamente en los sectores : Baños Chimú-Peña del Gallo, Coina-Callacuyan, Gaby-Angamarca y además se incluye la zona de bajo Chicama (Cupisnique-Victor Manuel).

Esta cuenca constituye una de las cuencas mejor estudiadas y evaluadas. Así, el sector sureste (Coina-Callacuyan) ha sido evaluada en detalle por Kopex-

## RESERVAS DE LAS CUENCAS MESOZOICAS

### CUENCA DE YURA

Sector	Zona	R. Probadas (t)	R. Probables (t)	R. Posibles (t)	Totales (t)	Rango	Referencias
Carumas	Occidental		147 000	1 375 000	1 522 000	Bituminoso	Torres Vargas (1948)
	Central		50 000	500 000	550 000	Antracítico	
	Oriental		70 000	750 000	820 000	Bituminoso	
<b>Total Final</b>			<b>267 000</b>	<b>2 625 000</b>	<b>2 892 000</b>		

Tabla IV.1.2.1 Reservas estimadas del sector de Carumas, de la cuenca de Yura.

### CUENCA DE OYON

Sector	R. Probadas (t)	R. Probables (t)	R. Posibles (t)	Totales (t)	Potencial (t)	Rango	Referencias
Gazuna	26 000 000		80 000 000	106 000 000		Semi-antracitas	R. Mucho (1992)
Saquicocha			1 800 000	1 800 000		Bituminoso Bajos Volátiles	Dunin Borkowski (1999)
Pampahuay	10 000 000		24 000 000	34 000 000		Bituminoso Bajos Volátiles	R. Mucho (1992)
Cochaquillo			20 250 000	20 250 000		Semi-antracitas	Kopex-Minero Perú (1973-1974)
Checras-Parquín			28 000 000	28 000 000	78 000 000	Antracita	Escudero (1977) y Broggi (1927)
<b>Total Final</b>	<b>36 000 000</b>		<b>154 050 000</b>	<b>190 050 000</b>	<b>78 000 000</b>		

Tabla IV.1.2.2. Reservas estimadas de la cuenca de Oyón.

**CUENCA DE SANTA**

Sector	Zona	R. Probadas (t)	R. Probables (t)	R. Posibles (t)	Totales	Potencial (t)	Rango	Referencias
Galgada-Cocobal	La Galgada					1 200 000	Antracita / Meta-antracitas	Ingemmet (1992)
	Ruthy					1 000 000		R. Mucho (1992)
	Carbon WGC					2 500 000		R. Mucho (1992)
	Mano Poderosa	13 400		225 000	238 400	1 000 000		Ingemmet (1992)
	Vizcaya (Cocabal)	142 040		250 000	392 040	1 700 000		Ingemmet (1992)
	Centenario (Cocabal)					4 500 000		Ingemmet (1992)
	Rio Negro	233 040		5 227 500	5 460 540	2 000 000		Ingemmet (1992)
	Eclipse	30 120		1 260 000	1 290 120	1 600 000		Ingemmet (1992)
Esther	12 880		225 000	237 880	1 500 000	Ingemmet (1992)		
<i>Sub Total</i>		<i>431 480</i>		<i>7 187 500</i>	<i>7 618 980</i>	<i>17 000 000</i>		
N. Esperanza Alianza	Ferrol			1 000 000	1 300 000		Antracita / Meta-antracitas	R. Mucho (1992)
	Maria			103 500	140 000	10 300 000		Ingemmet (1992)
	San Pablo			3 000 000	3 200 000			R. Mucho (1992)
	Virgen de la Puerta			337 500	375 000	2 500 000		Ingemmet (1992)
	Los Ases			4 000	4 000	1 800 000		Ingemmet (1992)
	Nueva Eperanza	29 650		780 000	809 650	5 800 000		Ingemmet (1992)
	La Limeña					3 700 000		Ingemmet (1992)
	Betsy			4 000	4 000			Ingemmet (1992)
	Santa Julia					7 200 000		Ingemmet (1992)
	Flor de Adoneram			4 500 000	4 500 000			R. Mucho (1992)
<i>Sub Total</i>		<i>603 650</i>		<i>8 729 000</i>	<i>9 332 650</i>	<i>31 300 000</i>		
Caraz-Fray Martin	Huaylas			1 575 000	1 601 850		Antracitas	Ingemmet (1992)
	Condor			75 000	76 500	12 900 000		Ingemmet (1992)
	Carbonera Caraz			40 500	48 900	1 400 000		Ingemmet (1992)
	Ingenio			5 000	5 000			Ingemmet (1992)
	Fray Martin			2 000	2 000			Ingemmet (1992)
<i>Sub Total</i>		<i>36 750</i>		<i>1 697 500</i>	<i>1 734 250</i>	<i>14 300 000</i>		
Sihuas-Pasacancha				80 000 000	80 000 000		Antracita	Horna (1985)
<i>Sub Total</i>				<i>80 000 000</i>	<i>80 000 000</i>			
Chavin-Huallanca		40 000	3 000 000	50 000 000	53 040 000		Antracita	Horna (1985)
<i>Sub Total</i>		<i>40 000</i>	<i>3 000 000</i>	<i>50 000 000</i>	<i>53 040 000</i>			
<b>Total Final</b>		<b>4 111 880</b>		<b>147 614 000</b>	<b>151 725 880</b>	<b>62 600 000</b>		

Tabla IV.1.2.3. Reservas estimadas de la cuenca de Santa.

Minero Perú (1976-1978), siendo el yacimiento de Callacuyan objeto de exploraciones mediante labores subterráneas y perforaciones diamantinas.

Los criterios y principios de evaluación económica establecidos para el sector de Coina-Callacuyan por Kopex-Minero Perú (1976-1978) se basa en la utilización de las normas Polacas parcialmente adaptadas a las condiciones de los andes peruanos. Dividen el área en 8 sectores basados en criterios tectónicos, asume un nivel base tomando la cota más baja de los afloramientos de carbón.

Las reservas consideradas corresponden a :

*Reservas probadas* : (Cuando la distancia reconocida entre dos puntos es igual o menor a 500 m, se extienden 200 m laterales y 200 m de profundidad).

*Reservas probables* : (Cuando la distancia reconocida entre dos puntos es igual o menor a 1 000 m, se extienden 200 m laterales y 200 m de profundidad).

*Reservas posibles* : Se considera al inferido, en la parte no reconocida de la capa por debajo de los afloramientos cubiertos o en los sectores más profundos del yacimiento.

Además distingue las reservas económicas y no económicas.

*Económicos* : cuando la capa tiene  $> 0,80$  m de espesor y  $< 20$  % cenizas. La potencia debe ser  $> 1,0$  m cuando las cenizas se encuentran entre 20 % y 40 %.

*No económicos* : cuando el espesor tiene de 0,6 y 0,8 m y  $< 20$  % cenizas. Además, cuando las potencias sean de 0,8 a 1,0 m y las cenizas entre 20 y 40 %.

Kopex-Minero Perú (1976-1978) estima las reservas de cada sector hasta la profundidad de 1 000 m por debajo del nivel base, pudiendo alcanzar una profundidad de 2 000 m desde la superficie.

Las reservas totales determinadas por Kopex-Minero Perú (1974) para el sector sureste (Coina-Callacuyan) alcanzan los 281,78 Mt (Tabla IV.1.2.4) de carbones antracíticos.

Para toda la cuenca de Alto Chicama las reservas estimadas alcanzan los 339,55 Mt (Tabla IV.1.2.5) de carbón, de rango antracítico a meta-antracítico.

## **CUENCA DE GOYLLARISQUIZGA**

La cuenca se divide en los sectores : Goyllarisquizga, Quishuarcancha,

**CUENCA ALTO CHICAMA : Sector Coina - Callacuyan**

Sector	ECONOMICAS			NO ECONOMICAS			Rango	
	R. Probadas (t)	R. Probables (t)	R. Posibles (t)	R. Probadas (t)	R. Probables (t)	Posibles (t)		
A	NW de Capachique	1 660 019	3 421 734	17 009 345	12 719	13 272	14 378	Antracitas
B	Flanco NE del anticlinal Alto Chicama	720 765	1 749 305	6 396 314	68 256	137 420	218 190	Antracitas
E	Yanahuanca,Graciela	5 006 166	6 193 986	63 178 416	138 036	329 430	1 971 880	Antracitas
F	Los Andes,La Victoria Julio Cesar,Jose Antonio	5 549 489	7 475 842	64 465 849	34 839	225 071	3 157 235	Antracitas
G	Shulcahuanca	5 878 296	8 025 103	34 900 461	339 834	427 103	1 696 085	Antracitas
H	Tres Amigos,Callacuyan	6 408 006	7 612 794	25 186 749	243 604	394 834	1 526 280	Antracitas
<i>Sub Total</i>		<i>25 222 741</i>	<i>34 478 764</i>	<i>211 137 134</i>	<i>837 288</i>	<i>1 527 130</i>	<i>8 584 048</i>	
<b>Total Parcial</b>		<b>270 838 639</b>			<b>10 948 466</b>			
<b>Total Final</b>		<b>281 787 105</b>						

Tabla IV.1.2.4. Reservas estimadas del sector de Coina - Callacuyan, de la cuenca Alto Chicama.  
(Según Kopex-Minero Perú, 1974 )

### CUENCA DE ALTO CHICAMA

Sector	Zonas	R. Probadas (t)	R. Probables (t)	R. Posibles (t)	Totales (t)	Rango	Referencias
Nor-Oeste Baños Chimu-Peña del Gallo	Cesar II	600 000		2 000 000	2 600 000	Antracita / Meta-antracitas	R. Mucho (1992)
	San Juan Bautista	10 000		500 000	510 000		R. Mucho (1992)
	Ambara	200 000		3 000 000	3 200 000		R. Mucho (1992)
	Cerro Arenas	200 000		5 000 000	5 200 000		R. Mucho (1992)
	Peña del Gallo	400 000		2 900 000	3 300 000		R. Mucho (1992)
	Huayday	69 000	125 000	1 500 000	1 694 000		R. Mucho (1992)
<i>Sub Total</i>		<i>1 604 000</i>		<i>14 900 000</i>	<i>16 504 000</i>		
Sur-Este Coima-Callacuyan		26 060 029	36 005 894	219 721 182	281 787 105	Antracita / Meta-antracitas	Kopex-Minero Perú (1974)
<i>Sub Total</i>		<i>26 060 029</i>	<i>36 005 894</i>	<i>219 721 182</i>	<i>281 787 105</i>		
Extremo Sur-Este Gaby-Angasmarca	Gabi	300 000		3 000 000	3 300 000	Antracita	R. Mucho (1992)
	Shella	600 000		1 000 000	1 600 000		R. Mucho (1992)
	La Poderosa	200 000		1 000 000	1 200 000		R. Mucho (1992)
	San M. de Porras	300 000		1 300 000	1 600 000		R. Mucho (1992)
	Shona			2 000 000	2 000 000		R. Mucho (1992)
<i>Sub Total</i>		<i>1 400 000</i>		<i>8 300 000</i>	<i>9 700 000</i>		
Bajo Chicama Cuspinique-Victor Manuel	Cupisnique			24 000 000	24 000 000	Antracita	Horna (1985)
	Consuelo			1 000 000	1 000 000		R. Mucho (1992)
	Carbon FMB	360 000		2 000 000	2 360 000		R. Mucho (1992)
	San Marcos	200 000		2 000 000	2 200 000		R. Mucho (1992)
	Irma			2 000 000	2 000 000		R. Mucho (1992)
<i>Sub Total</i>		<i>560 000</i>		<i>31 000 000</i>	<i>31 560 000</i>		
<b>Total Final</b>		<b>65 629 923</b>		<b>273 921 182</b>	<b>339 551 105</b>		

Tabla IV.1.2.5. Reservas estimadas de la cuenca de Alto Chicama.

Pillao y Yanahuanca.

El yacimiento de Goyllarisquizga es la única que ha sido explotada intensamente por la Cerro de Pasco Corporation hasta 1971, año en que cerraron debido al agotamiento de las reservas (del distrito El Dorado) y a su alto costo.

En 1979 Centromin Perú asume el yacimiento, evaluándola y reabriendo la mina ese mismo año, explotando los pilares remanentes.

El yacimiento de Goyllarisquizga en 1985, tenía 242 198 t de reservas de carbón, con contenidos de 51,6 % de cenizas y 28,3 % en materias volátiles (Horna, 1985).

Las reservas totales estimadas para la cuenca de Goyllarisquizga alcanza los 9,51Mt (Tabla IV.1.2.6) de carbones de rango sub-bituminoso a semi-antracitas.

### **CUENCA DE JATUNHUASI**

La cuenca de Jatunhuasi se divide en las zonas de Riqueza, Célica, Negro Bueno, Cosmos, Insolina, Esperanza, Tucto, Cachi Norte y Sur, Llacsa, Chaucha y Estancia.

La cuenca de Jatunhuasi también ha sido explotada parcialmente en décadas pasadas. Centromín Perú (1978-1988) realiza exploraciones mediante labores subterráneas en las zonas de Cachi, Norte, Cachi Sur, Chaucha, Insolina y Cosmos estimando las respectivas reservas.

Las reservas totales estimadas para esta cuenca alcanzan los 62,36 Mt (Tabla IV.1.2.7) de carbones bituminosos de altos volátiles a bituminosos de bajos volátiles.

### **OTRAS CUENCAS MESOZOICAS**

Con respecto a las otras cuencas se tiene información muy puntual habiéndose incluido las cuencas de Cajamarca y Chiclayo.

En la cuenca de Cajamarca se estima 54,35 Mt de reservas totales y un potencial de 500 Mt (Tabla IV.1.2.8) de carbones sub-bituminosos a antracíticos.

### CUENCA DE GOYLLARISQUIZGA

Sector	R. Probadas (t)	R. Probables (t)	R. Posibles (t)	Totales (t)	Rango	Referencias
Goyllarisquizga	1 521 000	900 000	5 000 000	7 421 000	Sub- bituminoso	Horna (1985)
Quishuarcancha	5 500	50 000		55 000	Sub- bituminoso	Broggi (1927)
Pillao	12 000	2 000 000		2 012 000	Semi-Antracita	Horna (1985)
Yanahuanca	4 000	20 000		24 000	Semi-Antracita	Horna (1985)
<b>Total Final</b>	<b>1 542 500</b>	<b>2 970 000</b>	<b>5 000 000</b>	<b>9 512 000</b>		

Tabla IV.1.2.6. Reservas estimadas de la cuenca de Goyllarisquizga.

### CUENCA DE JATUNHUASI

Sector	R. Probadas (t)	R. Probables (t)	R. Posibles (t)	Totales (t)	Rango	Referencias
Celica	1 278 000			1 278 000	Bituminoso de Altos Volátiles a Bituminoso de Bajos Volátiles	J.S. Page (1962)
Cosmos	59 635	60 844		120 479		M. Roman, (1988)
Insolina	78 074	76 536		154 610		M. Roman, (1988)
Chaucha	22 827	21 040		43 867		M. Roman, (1988)
Cachi Norte	325 037	180 285		505 322		M. Roman, (1988)
Cachi Sur	141 722	118 550		260 272		M. Roman, (1988)
Toda la cuenca			60 000 000	60 000 000		Horna (1985)
<b>Total Final</b>	<b>1 905 295</b>	<b>457 255</b>	<b>60 000 000</b>	<b>62 362 550</b>		

Tabla IV.1.2.7. Reservas estimadas de la cuenca de Jatunhuasi.

### OTRAS CUENCAS MESOZOICAS

Cuenca	Sector	R. Probadas (t)	R. Probables (t)	R. Posibles (t)	Totales (t)	Potencial (t)	Rango	Referencias
<b>CAJAMARCA</b>	Piñipata y Tuco			50 000 000	50 000 000		Antracitas	Agramonte y Díaz (1982)
	Huasmin			4 000 000			Sub-bituminoso	Rómulo Mucho (1992)
	La Gloria	40 000		250 000			Antracitas	Rómulo Mucho (1992)
	El Ferrol 31			100 000			Antracitas	Rómulo Mucho (1992)
	Tayamac					500 000 000	Antracitas	Málaga Santolalla (1904)
<b>Total Final</b>		<b>40 000</b>		<b>54 350 000</b>	<b>54 390 000</b>	<b>500 000 000</b>		
Cuenca	Sector	R. Probadas (t)	R. Probables (t)	R. Posibles (t)	Totales (t)	Potencial (t)	Rango	Referencias
<b>CHICLAYO</b>	Motupe			400 000			Antracitas	Rómulo Mucho (1992)
<b>Total Final</b>				<b>400 000</b>	<b>400 000</b>			

Tabla IV.1.2.8. Reservas estimadas de las cuencas de Cajamarca y Chiclayo.

Para la cuenca Chiclayo se estima unas 400 000 t (Tabla IV.1.2.8) de rango antracítico

En la Fig. IV.1.2. se presenta la distribución por tipos de reservas de carbón de las principales cuencas Mesozoicas mientras que, en la Fig. IV.1.3. la distribución total de las reservas por cuencas y en la Fig. IV.1.4. la distribución por rangos de carbón.

### **IV.3.3. CUENCAS CENOZOICAS**

Las cuencas Cenozoicas han sido poco exploradas, teniéndose solamente algunas referencias globales sobre las reservas.

#### **CUENCA DE YANACANCHA**

Es la cuenca mejor estudiada, tiene una extensión reducida y sus reservas alcanzan los 25 Mt (Tabla IV.1.2.9) de carbones sub-bituminosos.

#### **CUENCA TUMBES-PIURA**

Las reservas estimadas para esta cuenca se localizan en la Formación Zorritos y son del orden de los 101 Mt (Tabla IV.1.2.9) de carbones de rango lignitos.

#### **CUENCA LORETO**

La cuenca Loreto (o cuenca del Oriente peruano) abarca una gran extensión sin embargo, no se tienen datos sobre sus reservas. La información que se dispone indican que las reservas estimadas alcanzan los 100 Mt (Tabla IV.1.2.9) de rango lignitos.

En la Fig. IV.1.5. se presenta la distribución por tipos de reservas de las principales cuencas Cenozoicas mientras que, en la Fig. IV.1.6. se da la distribución total de las reservas por cuencas y en la Fig. IV.1.7. la distribución por rangos de carbón.

### **RESERVAS TOTALES**

A nivel del país las reservas totales alcanzan los 1 040 Mt correspondiendo 810,9 Mt (78 %) a las cuencas Mesozoicas, 226 Mt (21,7 %) a

## RESERVAS DE LAS CUENCAS CENOZOICAS

Cuenca	R. Probadas (t)	R. Probables (t)	R. Posibles (t)	Totales (t)	Rango	Referencias
YANACANCHA			25 000 000	25 000 000	Sub-Bituminoso	Horna (1985)
<b>Total Final</b>			<b>25 000 000</b>	<b>25 000 000</b>		
Cuenca	R. Probadas (t)	R. Probables (t)	Posibles (t)	Totales (t)	Rango	Referencias
TUMBES		1 000 000	100 000 000	101 000 000	Lignitos	R. Mucho (1992) Horna (1985)
<b>Total Final</b>		<b>1 000 000</b>	<b>100 000 000</b>	<b>101 000 000</b>		
Cuenca	R. Probadas (t)	R. Probables (t)	Posibles (t)	Totales (t)	Rango	Referencias
LORETO			100 000 000	100 000 000	Lignitos	Horna (1985)
<b>Total Final</b>			<b>100 000 000</b>	<b>100 000 000</b>		

Tabla IV.1.2.9. Reservas estimadas de las cuencas Cenozoicas.

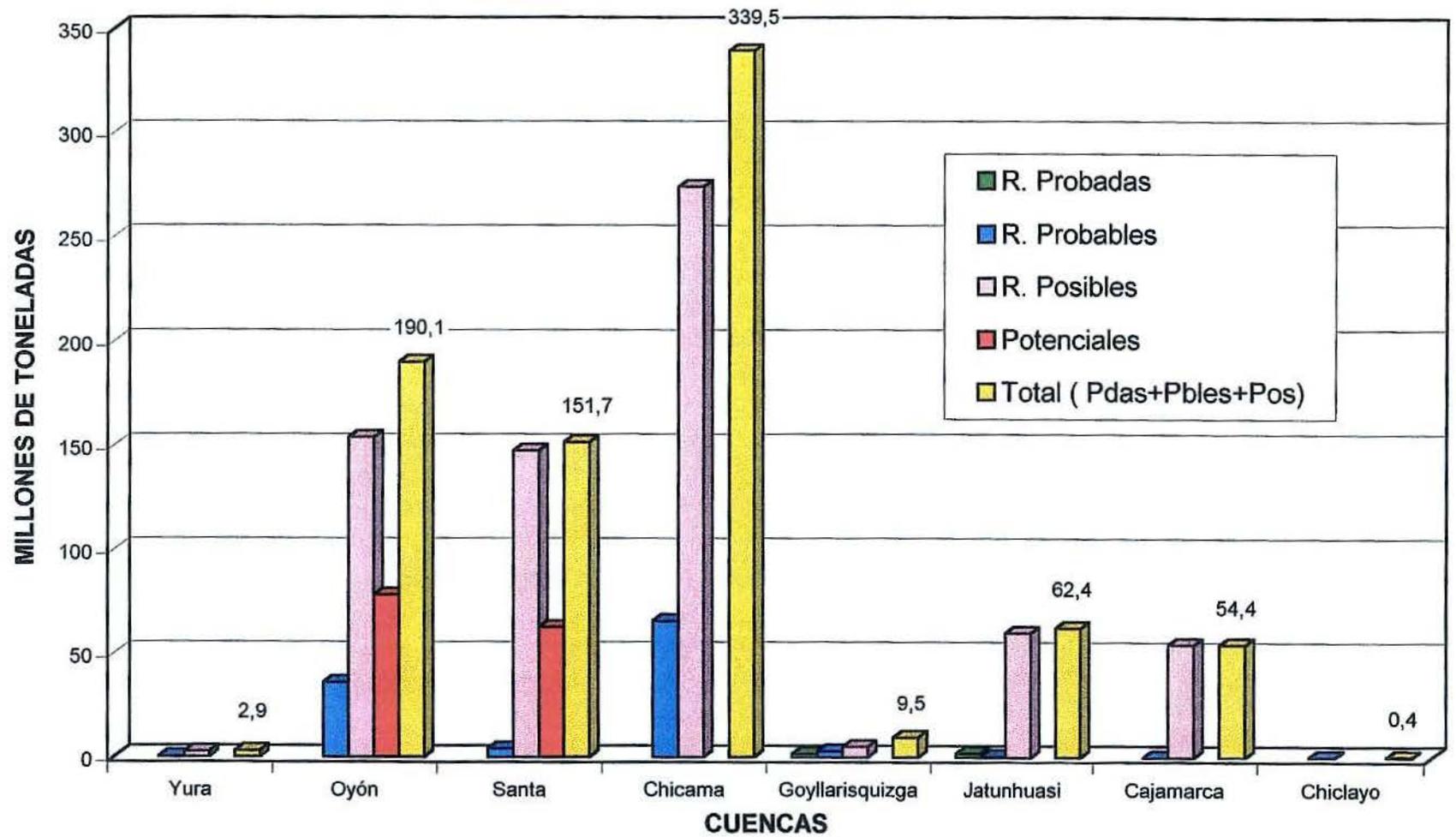


Fig.IV.1.2. Distribución por tipos de reservas de carbón de las principales cuencas Mesozoicas

TOTAL RESERVAS = 810,9 Mt

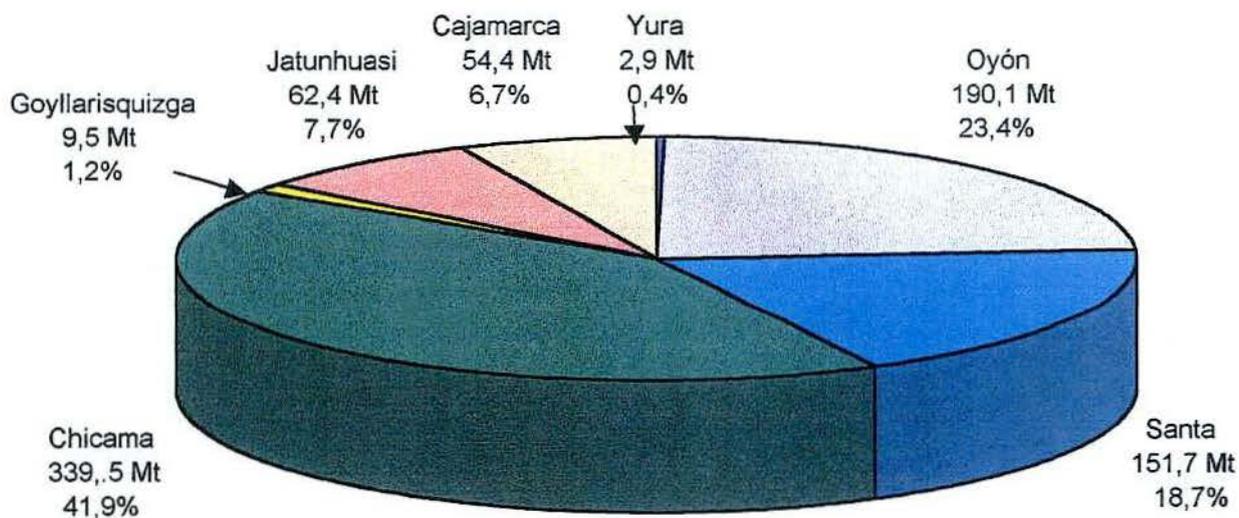


Fig.IV.1.3 Distribución de las reservas totales de las cuencas Mesozoicas.

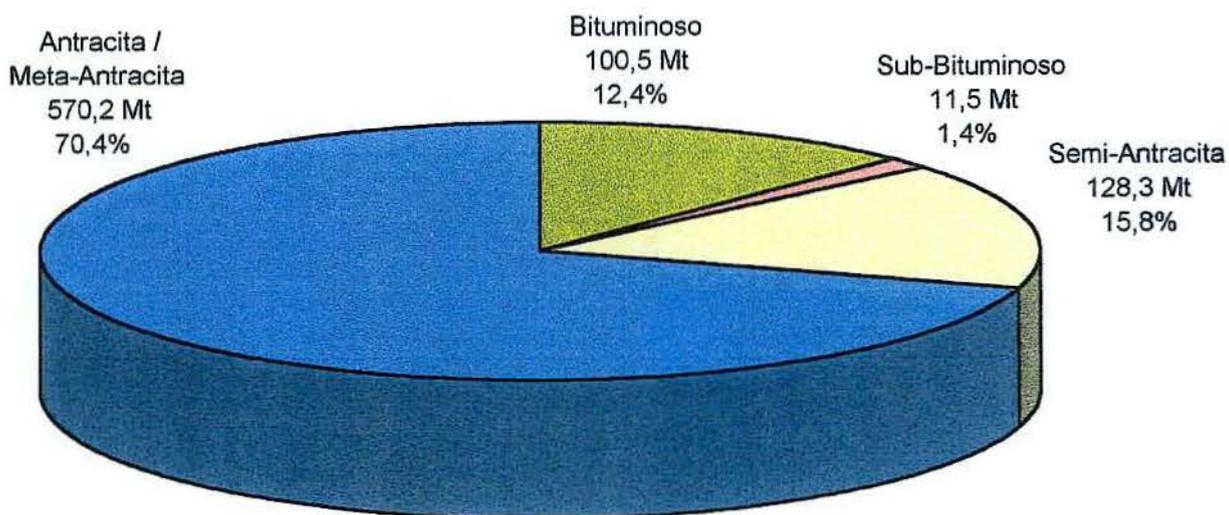


Fig.IV.1.4 Distribución de las reservas totales por rango de carbón de las cuencas Mesozoicas.

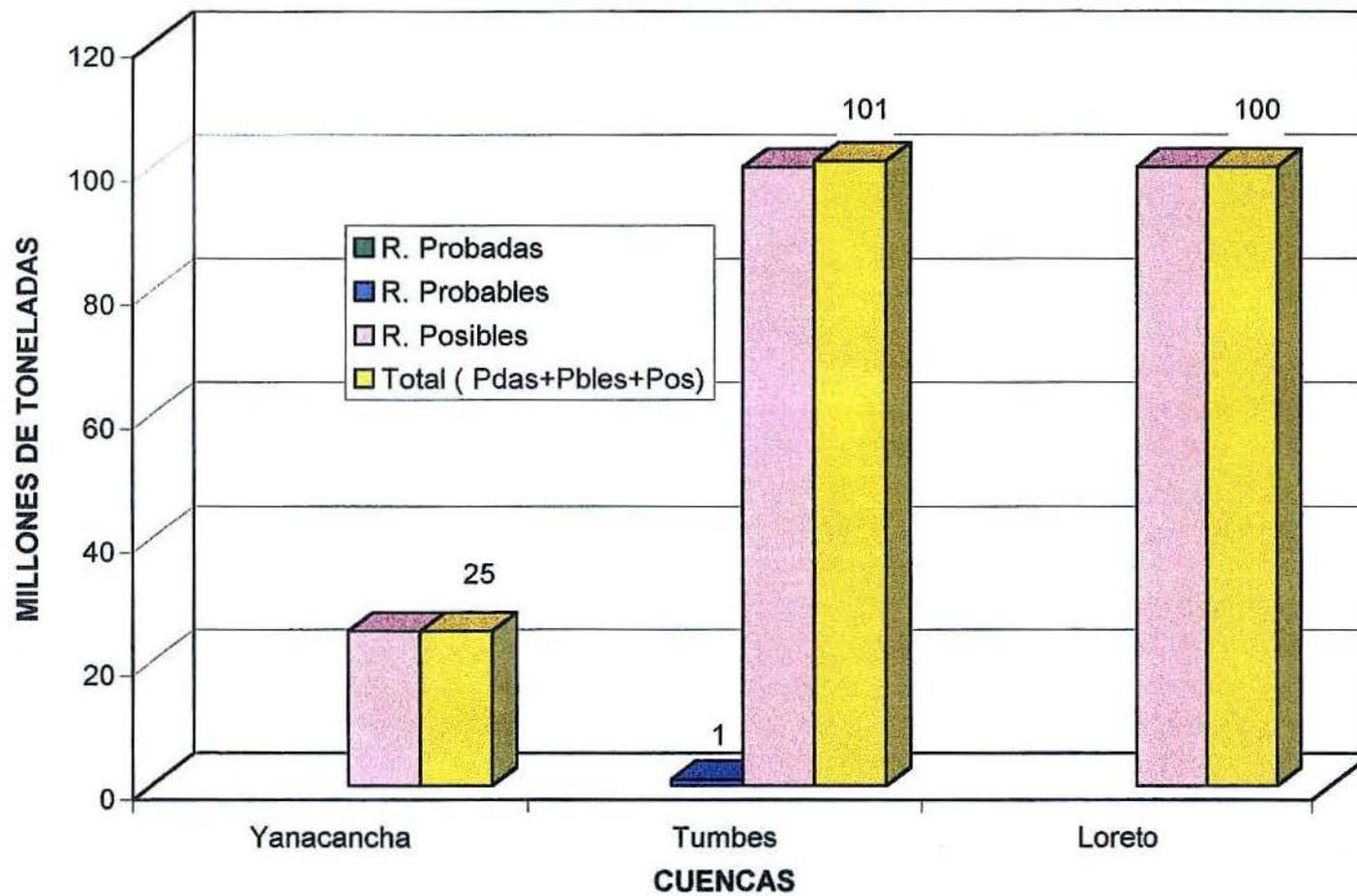


Fig. IV.1.5 Distribución por tipos de reservas de carbón de las cuencas Cenozoicas

TOTAL RESERVAS = 226 Mt

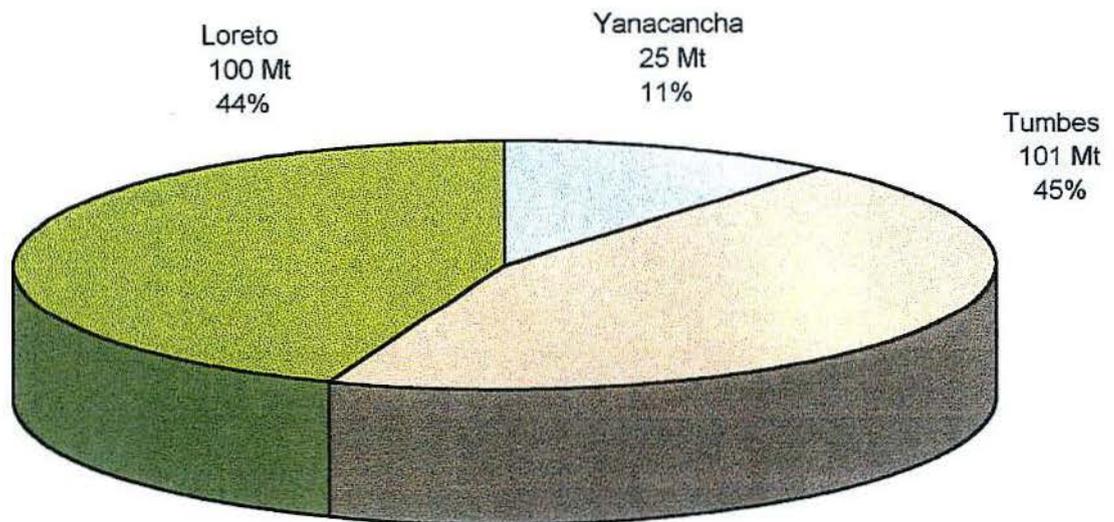


Fig. IV.1.6. Distribución de las reservas totales de las cuencas Cenozoicas.

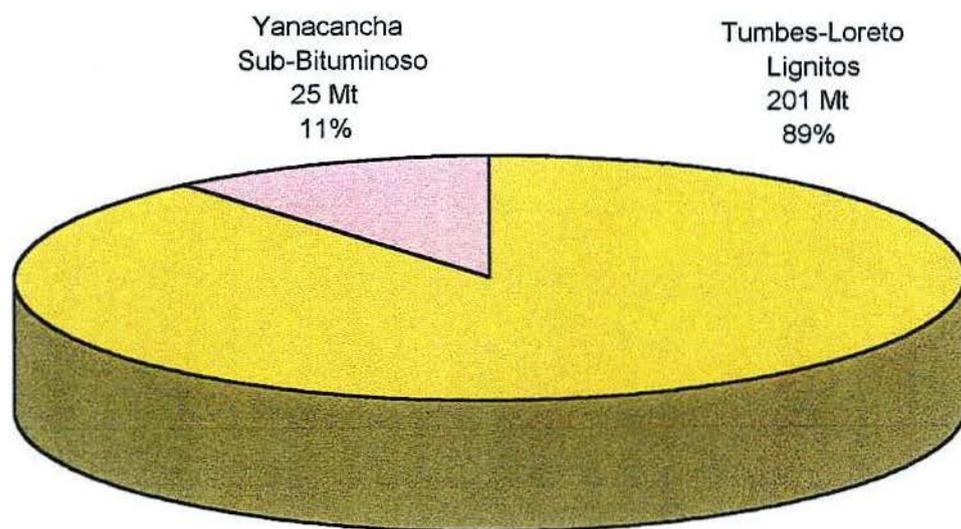


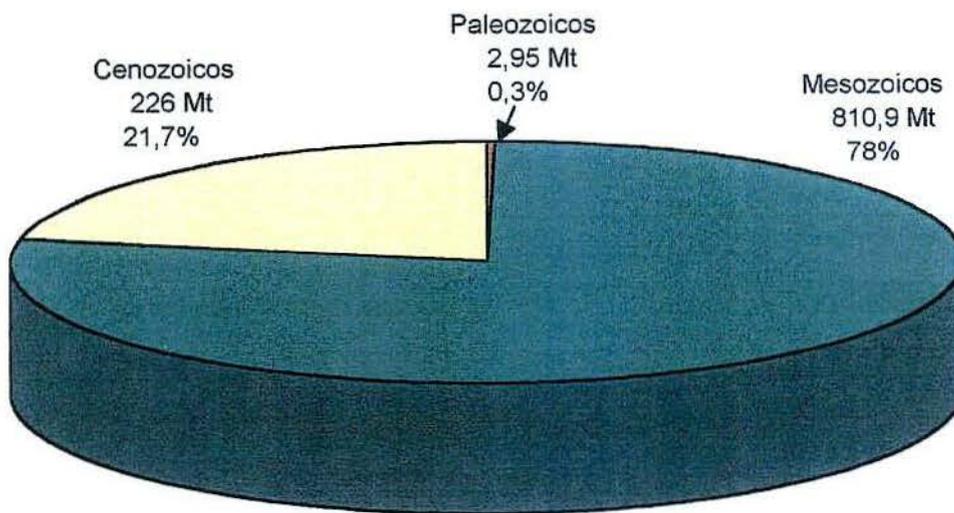
Fig. IV.1.7. Distribución de las reservas totales por rango de carbón de las cuencas Cenozoicas.

las cuencas Cenozoicas y 2.95 Mt (0.3 %) a las cuencas Paleozoicas (Fig. IV.1.8).

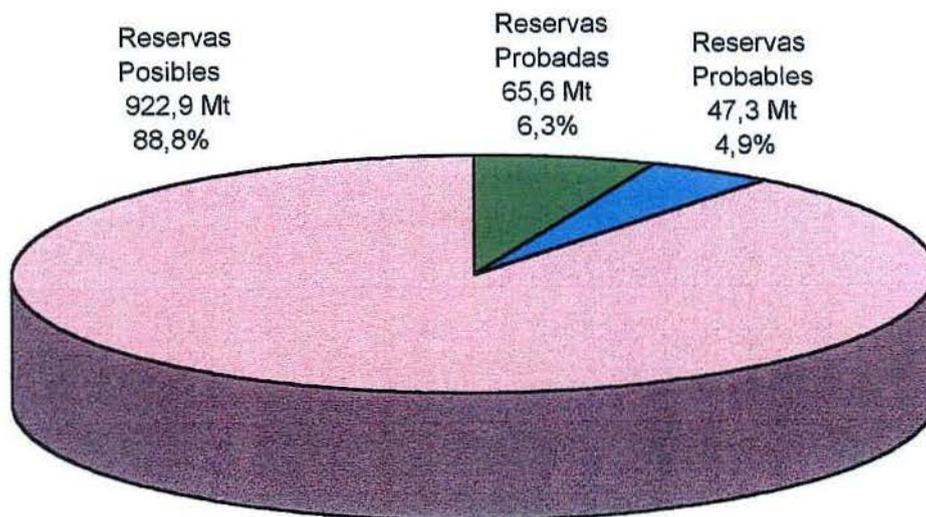
Por otro lado, la distribución por tipos de reservas muestran que las reservas probadas alcanzan sólo 65,6 Mt (6.3 %), las reservas probables 47,3 Mt (4.9 %) y las reservas posibles los 922,9 Mt (88,8 %)(Fig. IV.1.9) evidenciando claramente la escasa exploración sistemática de las cuencas con carbón.

Del total de las reservas 570,2 Mt (54,8 %) corresponden a carbones de rango antracítico/meta-antracítico, 128,3 Mt (12,4 %) a carbones semi-antracíticos, 100,3 Mt (9,7 %) a carbones bituminosos, 39,5 Mt (3,8 %) a carbones sub-bituminosos y 201 Mt (19,3 %) a carbones de rango lignitos (Fig. IV.1.10).

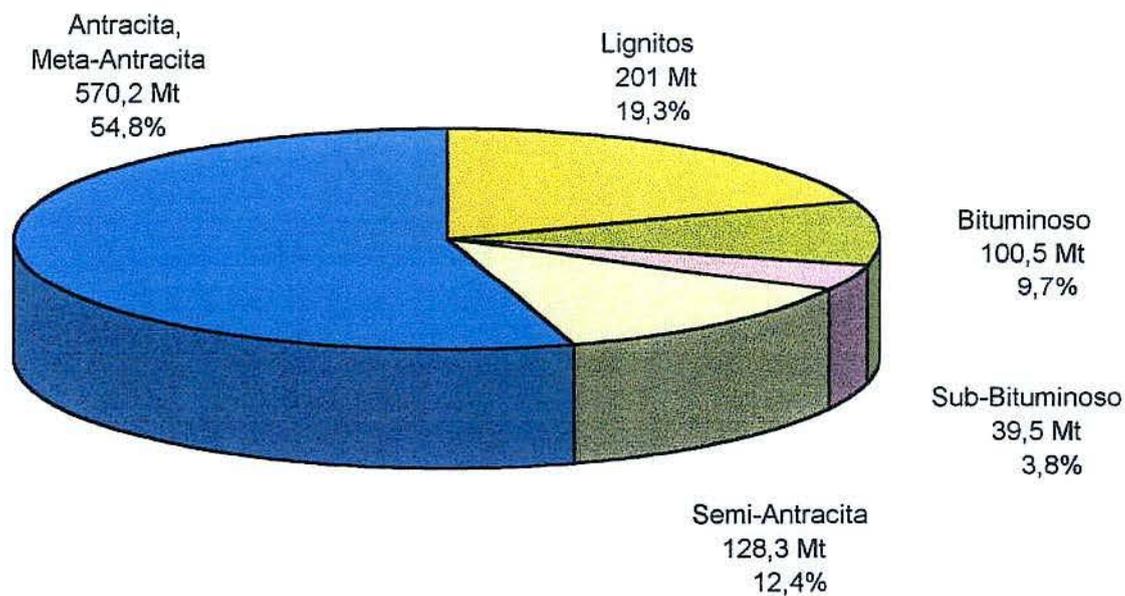
**RESERVAS TOTALES DEL PERU = 1 039,8 Mt**



**Fig. IV.1.8. Distribución de las reservas totales de carbón del Perú.**



**Fig. IV.1.9. Distribución por tipos de reservas de carbón del Perú.**



**Fig. IV.1.10. Distribución de las reservas totales del Perú por rangos de carbón.**

## CAPITULO V: ZONAS PROMISORIAS PARA LA EXPLOTACION Y EXPLORACION DE CARBON

### *V.1. ZONAS CON POSIBILIDADES DE EXPLOTACION ECONOMICA*

En la Fig.V.1. se propone la interpretación global de la distribución y zonación del rango de los carbones en el Perú.

En general, se puede indicar que las cuencas Mesozoicas localizadas en el centro y norte del país son las de mayor interés económico por sus volúmenes y rango de carbón, por tanto son las áreas donde se debería dirigir las explotaciones.

Así, de acuerdo al análisis de la distribución de las ocurrencias de carbón, la explotación realizada en décadas pasadas, su historia minera, las reservas probadas y probables, y accesibilidad, los sectores con mejores posibilidades para realizar una explotación económica corresponderían a las siguientes áreas :

La cuenca de **YURA** ha sido relativamente poca explorada, sin embargo la distribución de ocurrencias de carbón sugieren que el sector comprendido entre Omate y Carumas localizado en el departamento de Moquegua constituye una zona interesante por carbones de rango antracítico (Tabla V.1 y Fig.V.2).

La explotación de los carbones del sur del Perú, podrían abastecer las necesidades de carbón de la central térmica de Ilo, Cementos Sur y Aceros Arequipa.

En la cuenca de **OYON** los sectores más explorados y con proyecciones de realizar explotaciones económicas serían : Pampahuay, Gazuna y probablemente Checra-Parquín (Tabla V.1 y Fig.V.3), fundamentalmente por carbones bituminosos, semi-antracitas y antracitas respectivamente.

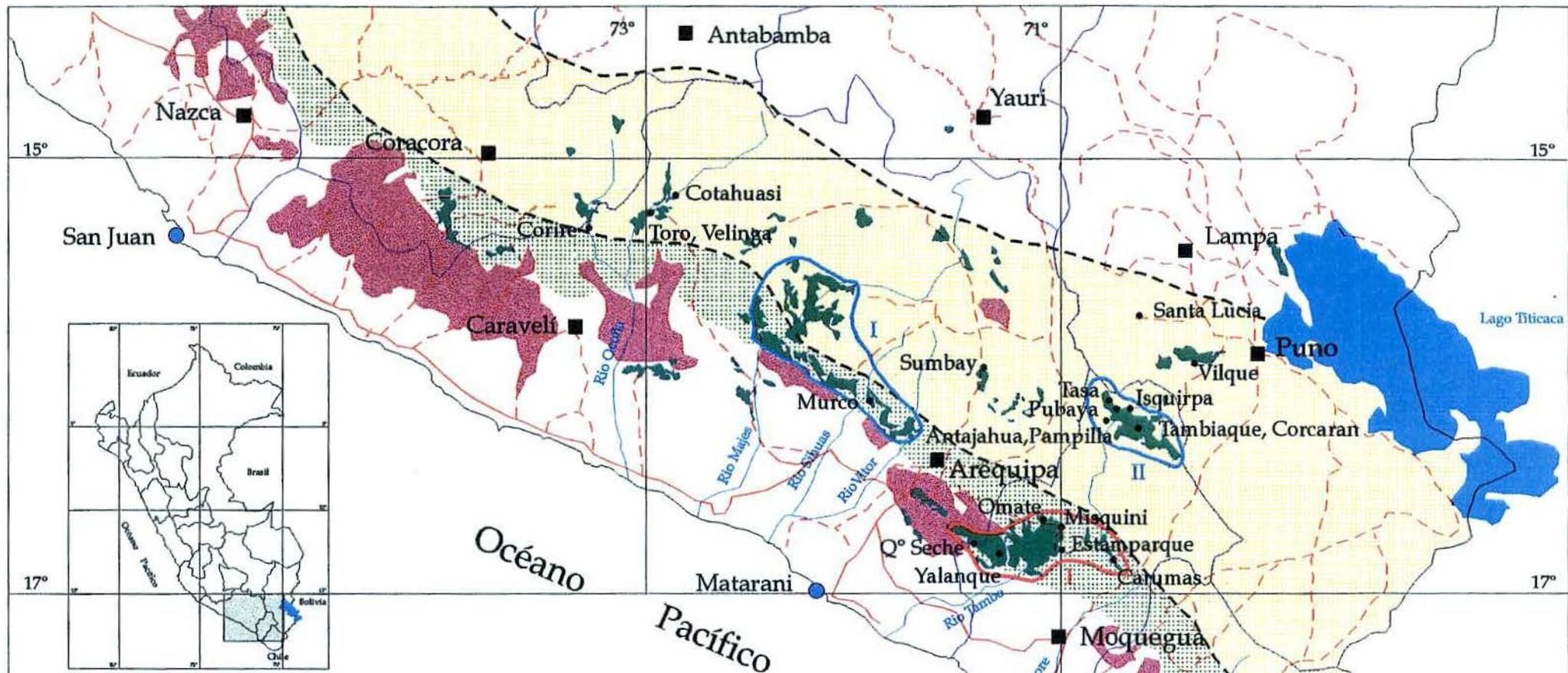
Los carbones explotados podrían abastecer a Cementos Andino (Tarma), Cementos Lima (Atocongo) y a las pequeñas industrias diversificadas en la capital.

Aunque, el yacimiento de **GOYLLARISQUIZGA** ha sido intensamente explotado, sin embargo las áreas aledañas como Quishuarcancha y Pillao-Yanahuanca (Tabla V.1 y Fig.V.3) constituyen zonas de gran interés por carbones bituminosos.

La explotación de estos carbones podrían ser utilizadas por Doe Run Perú en la fundición de La Oroya.

EDAD	CUENCA	ZONA - AREA	PRIORIDAD EXPLOTACION	RANGO CARBON	REFERENCIA
Mesozoico	Yura	Omate - Carumas	I	Antracita	Plano V.2
	Oyón	Pampahuay	I	Bituminoso B.v.	Plano V.3
		Gazuna	II	Semi-antracita	Plano V.3
		Checras-Parquín	III	Antracita	Plano V.3
	Goyllarisquizga	Quishuarcancha	I	Bituminoso	Plano V.3
		Pillao	II	Bituminoso	Plano V.3
	Santa	La Limeña-Ferrol	I	Antra	Plano V.4
		La Galgada-Cocabal	II	Antra	Plano V.4
		Sta. Julia-Virgen de la Puerta	III	Antra	Plano V.4
		Caráz-Ranrahirca	IV	Antra	Plano V.4
		Tarica-Pasacancha	V	Antra	Plano V.4
	Alto Chicama	Coina-Callacuyan	I	Antra	Plano V.4
		Huayday-Huaranchal	II	Antra	Plano V.4
		Gaby-Shona	III	Antra	Plano V.4
Víctor Manuel-Oro Negro		IV	Antra	Plano V.4	
Jatunhuasi	Cosmos-Esperanza	I	Bituminoso	Plano V.5	
	Tucto-Cachi	II	Bituminoso	Plano V.5	
	Calancho-Negro Bueno	III	Bituminoso	Plano V.5	
	Chaucha-Llacsá	IV	Bituminoso	Plano V.5	
Cenozoico	Tumbes	Los Pinos-Punta Pico	I	Lignitos	Plano V.6

Tabla V.1. Zonas con posibilidades de explotación económica de carbones peruanos.



**DISTRIBUCION DE AREAS PROMISORIAS PARA LA EXPLOTACION Y EXPLORACION DE CARBON EN LA CUENCA DE YURA**

( Calloviense - Neocomiense )

(Adaptado de los Cuadrángulos Geológicos Digitalizados de INGEMMET, 1999 y Dunin Borkowski, 1985)

Dr. Rolando Carrascal Miranda (2000)

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| Zonas con posibilidades de explotación económica | <b>Rangos de Carbón</b> |
| Zonas promisorias para la explotación            | Franja Bituminosa       |
| Afloramiento de carbón                           | Franja Antracítica      |

- |                             |
|-----------------------------|
| Carreteras de primer orden  |
| Carreteras de segundo orden |
| Rios                        |
| Puertos                     |
| Ciudades principales        |
| Poblados                    |

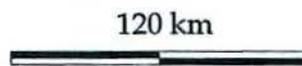
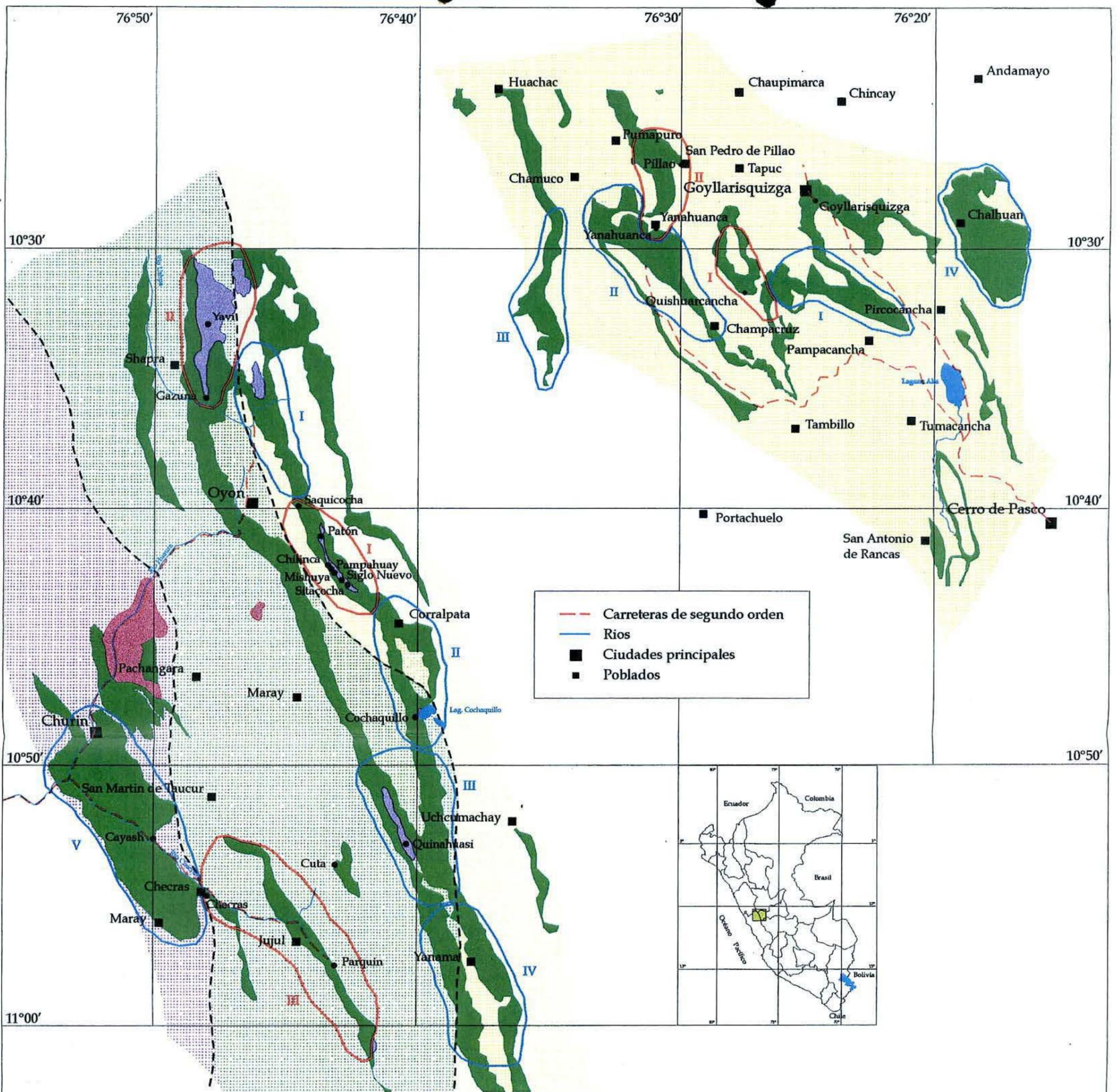


FIG. V.2



**DISTRIBUCION DE AREAS PROMISORIAS PARA LA EXPLOTACION Y EXPLORACION DE CARBON EN LAS CUENCAS DE OYON - GOYLLARISQUIZGA (Neocomiense)**

(Adaptado de los Cuadrángulos Geológicos Digitalizados de INGEMMET,1999)

Dr. Rolando Carrascal Miranda (2000)

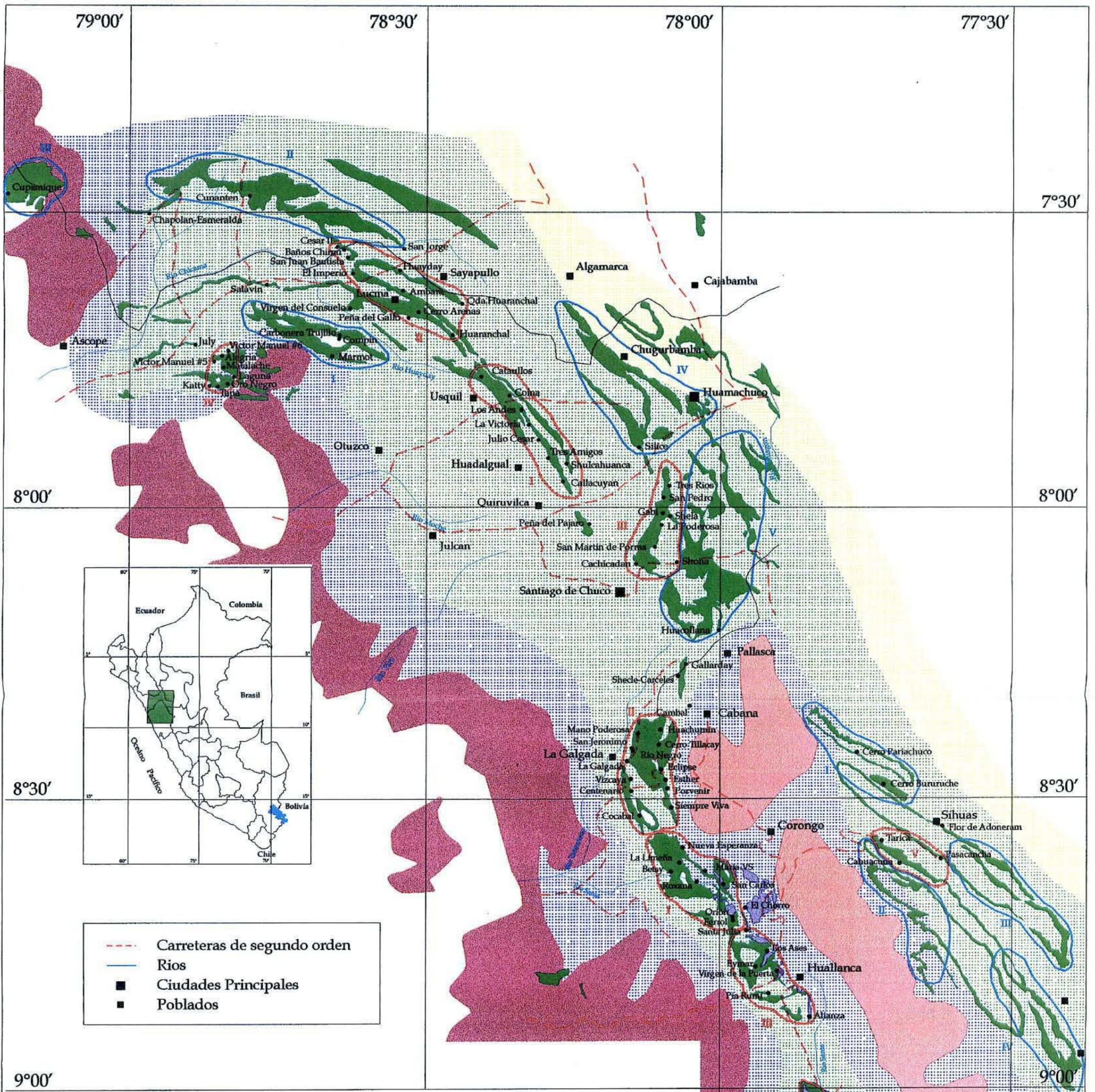
-  Zonas con posibilidades de explotación económica
-  Zonas promisorias para la exploración
-  Afloramiento de carbón

**Rangos de Carbón**

-  Franja Bituminosa
-  Franja Antracítica
-  Franja Meta-antracítica

10 Km

**FIG.V.3**



**DISTRIBUCION DE AREAS PROMISORIAS PARA LA EXPLOTACION Y EXPLORACION DE CARBONES EN LAS CUENCAS DE SANTA - ALTO CHICAMA ( Berriasense - Valanginiense )**

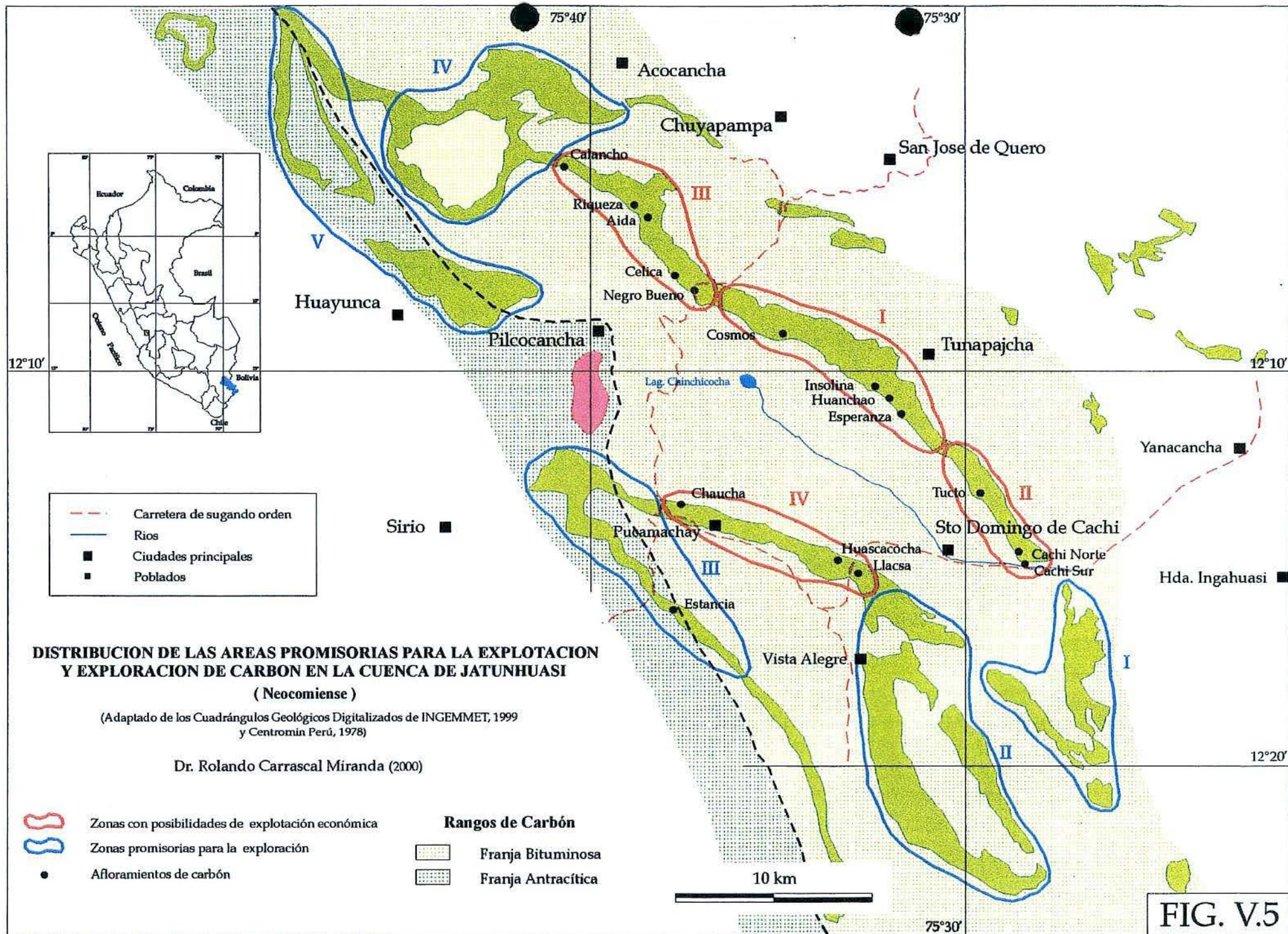
(Adaptado de los Cuadrángulos Geológicos Digitalizados de INGEMMET, 1999  
Kopex -Minero Perú,1975 y Dunin Borkowski,1996 )

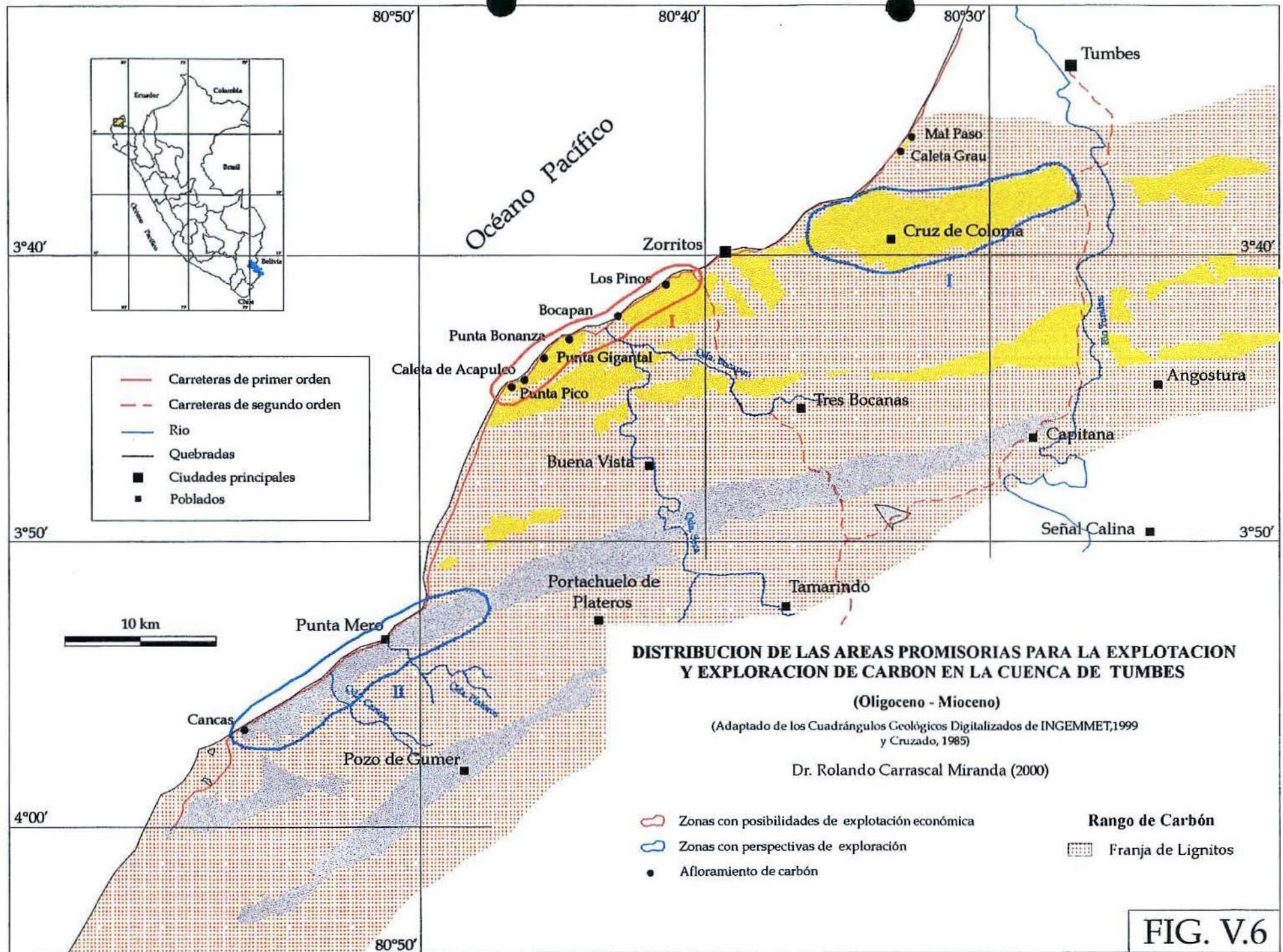
Dr. Rolando Carrascal Miranda (2000)

- |  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | Zonas con posibilidades de explotación económica |  | <b>Rangos de Carbón</b><br>Franja Bituminosa |
|  | Zonas prometorias para la exploración            |  | Franja Antracítica                           |
|  | Afloramientos de carbón                          |  | Franja Meta-antracítica                      |



**FIG.V.4**





clases (o rangos) de carbón, de acuerdo al interés del mercado y utilización de las industrias

Como se puede observar gran parte del territorio peruano falta aún explorar por este recurso orgánico.

Creo que los carbones bituminosos son los de mayor interés debido a la escasez de carbones coquificables y de carbones bituminosos de altos volátiles utilizados por las grandes cementeras peruanas. Por tanto, la "franja bituminosa" constituye una gran opción para la exploración.

Sin embargo, los carbones de alto rango antracitas y meta-antracitas también constituyen objetivos a tener en cuenta.

Teniendo en consideración la distribución de la zonación regional del rango de los carbones a nivel del país se desprende lo siguiente :

### **EXPLORACION POR CARBONES ANTRACITICOS/META-ANTRACITICOS**

Hacia el oeste de la cuenca de **YURA** se localizan áreas con posibilidades de encontrar carbones de rango antracítico como la zona de Murco (Tabla V.2 y Fig.V.2).

La parte oeste de la cuenca de **OYON** constituye la franja donde se exploraría por carbones de alto rango (antracitas/meta-antracitas) como la zona de Churin-Maray y hacia el sur de la cuenca en Quinahuasi (Tabla V.2 y Fig.V.3).

La Franja oriental de la cuenca de **SANTA** ha sido muy poca explorada, siendo la franja de gran interés para localizar carbones de rango antracítico como las zonas de: Pariachuco, sur de Cahuacocha, sureste de Pasacancha y Piscobamba (Tabla V.2 y Fig.V.4). Esta franja continúa hacia el sureste hasta la zona de Chavín prolongándose hasta el área de Huallanca en la provincia de Dos de Mayo.

En la cuenca de **ALTO CHICAMA** las zonas de interés por carbones antracíticos a meta-antracíticos son : Compín-Marmot, Cunanten, Cupisnique, este de Shela y Chungurbamba-Huamachuco (Tabla V.2 y Fig. V.2).

Las cuencas de **Cajamarca**, **Chiclayo** y **Alto Pativilca** constituyen zonas de gran interés para realizar exploraciones por carbones antracíticos.

EDAD	CUENCA	ZONA - AREA	PRIORIDAD EXPLORACION	RANGO CARBON	REFERENCIA
Mesozoico	Yura	Murco	I	Antra-Bituminoso	Plano V.2
		Tasa-Tambiaque	II	Bituminoso	Plano V.2
	Oyón	Saquicocha-Quiches	I	Bituminoso	Plano V.3
		Corralpata-Cochaquillo	II	Semiantracita-bituminoso	Plano V.3
		Quinahuasi	III	Antracita	Plano V.3
		Yanama	IV	Semiantracita-bituminoso	Plano V.3
		Churín-Maray	V	Antra/meta-antracita	Plano V.3
	Goyllarisquizga	Sur Goyllarisquizga	I	Bituminoso	Plano V.3
		Yanahuanca-Champacruz	II	Bituminoso	Plano V.3
		Sur Chamuco	III	Bituminoso	Plano V.3
		Chalhuan	IV	Bituminoso	Plano V.3
	Santa	Piniachuco	I	Antra	Plano V.4
		Sur Cahuacocha	II	Antra	Plano V.4
		Sureste Pasacancha	IV	Antra	Plano V.4
		Piscobamba	IV	Antra	Plano V.4
	Alto Chicama	Compín-Marmot	I	Antra/meta-antracita	Plano V.4
		Cunanten	II	Antra	Plano V.4
		Cupisnique	III	Meta antra	Plano V.4
Este Gabi-Shona		IV	Antra	Plano V.4	
Chungurbamba-Huamachuco		V	Antra	Plano V.4	
Jatunhuasi	Sur de Cachi	I	Bituminoso	Plano V.5	
	Vista Alegre	II	Bituminoso	Plano V.5	
	Estancia	III	Antracita-bituminoso	Plano V.5	
	Al noreste de Calancho	IV	Bituminoso	Plano V.5	
	Norte de Huayunca	V	Bituminoso-antra	Plano V.5	
Cenozoico	Tumbes-Piura	Cruz de Loma	I	Lignitos	Plano V.6
		Punta Mero-Cancas	II	Lignitos	Plano V.6

Tabla V.2. Zonas promisorias para la exploración por clases de carbón en el Perú.

### **EXPLORACION POR CARBONES BITUMINOSOS**

En la cuenca de **YURA** las zonas potencialmente interesantes para realizar exploración por carbones bituminosos se centraría en la "franja bituminosa" localizadas hacia el este, como la zona de Tasa-Tambique (Tabla V.2 y Fig. V.2).

En la cuenca de **OYON** la exploración de carbones bituminosos deberá orientarse hacia las zonas de Saquicocha-Quichas, Corralpata-Cochaquillo y Yanama (Tabla V.2 y Fig. V.3).

En la cuenca de **GOYLLARISQUIZGA** en las zonas : sur de Goyllarisquizga, Yanahuanca-Champacruz, Surchamuco y Chalhuanca (Tabla V.2 y Fig. V.3) todas ellas por carbones bituminosos.

En la cuenca de **JATUNHUASI** en las zonas : sur de Cachi, Vista Alegre, Estancia, noreste de Calancho y norte de Huayunca por carbones bituminosos (Tabla V.2 y Fig. V.5).

La cuenca del **GRUPO ORIENTE** poco conocida ofrece también perspectivas interesantes dado que existen afloramientos de carbones bituminosos, los cuales podrían abastecer a la cementera de Rioja.

### **EXPLORACION POR CARBONES LIGNITOS**

Las cuencas de **TUMBES** y **LORETO** ofrecen la posibilidad de localizar prospectos de carbones de rango de lignitos como en la zona Cruz de Loma y Punta Mero-Cancas (Tabla V.2 y Fig. V.6). Asimismo, la zona de Cajamarca donde probablemente contenga depósitos Terciarios de rango sub-bituminosos correlacionables con la cuenca de Yanacancha.

**PARTE II**

**MINERIA Y UTILIZACION DEL  
CARBON**

***MINERIA DEL CARBON EN EL PERU***

**MSc. CARMEN MATOS AVALOS**

## CAPITULO VI. MINERIA DEL CARBON EN EL PERU

### INTRODUCCIÓN

El carbon por sus características geológicas, debe ser considerado un elemento prioritario para el desarrollo de la infraestructura energética, y que debido a los avances tecnológicos de limpieza de carbón, su producción hoy en día puede ser mejorada con una reducción de impacto en el ambiente.

Su importancia y mérito no está restringido solo a la energía que puede producir sino también al rol vital que cumplen en la producción del acero del que dependen las industrias. Sus cualidades como la abundancia, limpieza, seguridad y económica fuente de energía, la califican como un combustible limpio.

La presencia mundial del carbón y su explotación se realiza en más de 50 países, su abundancia es extensa por lo que puede garantizar los suministros de los recursos y pueden durar hasta cuatro veces más que las reservas de petróleo y gas juntos, estas reservas resultan ser seguras por la estabilidad que manifiestan en el transporte, almacenamiento y usos. La disponibilidad de energía estable se dará tanto para países importadores como productores.

Actualmente la electricidad mundial es generada en 40% por el carbón, se estima que en el futuro se incrementará, por que ofrece una fuente energética sin problemas y económica.

Los parámetros físicos y químicos del carbón permiten conocer su calidad y cantidad (reservas). La clasificación de reservas se determina de acuerdo al grado y numero de mediciones que se efectúen (a mayor numero de mediciones la certeza se incrementará); pudiendo clasificarse reservas probadas, probables e inferidas, donde también se menciona el tonelaje que existe en el área a definir, los recursos carboníferos pueden probarse durante las exploraciones haciéndose accesibles a medida que se desarrolle mediante trabajos de explotación.

El Perú es un país donde la minería del carbón se ha visto restringida a una explotación a pequeña escala, a pesar de tener numerosos depósitos de carbón con calidades y potencial muy variado tal vez similares a los carbones importados.

Las antracitas peruanas son los carbones mejor reconocidos y considerados de buena calidad, se emplean en las fundiciones e industrias metalmeccánica, se venden y utilizan de acuerdo a su granulometria; las hullas en cambio son de mala calidad y en menor abundancia que requieren ser mezclados con carbones importados para producir el coque, las industrias cementeras

importan hullas no aglomeradas. el lignito de la selva baja no sera utilizado aun por encontrarse en una zona despoblada y con recursos alternativos de energia.

El potencial carbonifero se ha estimado entre 1 110 Mt de carbon de los cuales 80% son antracitas, 12% son hullas y 8% son lignitos (Escudero, 1979). La problematica del carbon nacional es compleja y es necesario desarrollar metodos que permitan explotar economicamente estos depositos.

## **VI.1. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LA MINERIA DEL CARBON EN EL PERU**

### **VI.1.1. ANTECEDENTES DE LA MINERIA DEL CARBON**

Los primeros años del siglo pasado el carbón era la principal fuente energética y metalúrgica del Perú; La Cerro de Pasco Corporation explotó hullas en la mina Goyllarisquizga, para preparar el coque requerido por la fundición de La Oroya; el carbón antracítico se explotó en las minas como Cocabal y La Galgada para abastecer a los requerimientos de las siderúrgicas; la mina Callacuyan fue explotada por la Northern Perú Corporation para cubrir sus necesidades.

El yacimiento del Alto Chicama ha sido descubierto y denunciado por pequeños mineros, quienes explotaban estos depósitos en forma artesanal; ellos evidenciaron un gran potencial en el yacimiento, lo que les indujo a obtener denuncios sobre esta área. La Northern Perú Corporation también adquirió derechos carboníferos como Callacuyan sobre el Alto Chicama, para abastecer las necesidades de su unidad minera Quiruvilca y las necesidades domesticas de sus obreros.

El yacimiento carbonifero de Oyón con carbón coquificable fue estratégico para el estado, para asegurar el abastecimiento de las siderúrgicas nacionales; el derechos que cubre la parte norte del anticlinal denominado Oyón y los derechos especiales denominados INIFOM (Pampahuay) fueron asignados a Mineroperú como derechos especiales del estado; posteriormente fue transferido el derecho Oyón de 15 400Ha a SiderPerú.

Este yacimiento se conoce desde la época de los españoles, los primeros derechos mineros datan de 1870 aproximadamente, estos derechos fueron comprados últimamente por Larcarbón, que desea asegurar la explotación de las hullas para cubrir sus requerimientos y no depender del Gas de Camisea.

El yacimiento carbonifero del Santa ha sido explotado durante decenios, la información de estos derechos se encuentran en los archivos del Banco

Minero y Procarbon, durante el año 1943 se abrieron minas de carbón a lo largo del Río Santa, La Galgada, Cocobal y otros, que están en manos de particulares y trabajan eventualmente.

El yacimiento carbonífero de Goyllarisquisga fue explotada por más de 50 años por la Cerro de Pasco Corporation, al igual que Jatunhuasi son de propiedad de Centromin.

La información existente sobre los yacimientos carboníferos son diversos, estos depósitos fueron denunciados y trabajados por pequeños mineros desarrollando minería artesanal sobre ellos. La utilidad de estas minas radicaban en la venta de los carbones gruesos que representaban sólo el 20% de la producción.

En capítulos anteriores se ha revisado la geología de las cuencas con carbón de modo Regional, clasificándolas como: Cuencas Paleozoicas, Mesozoicas y Cenozoicas.

Estas a su vez están distribuidas sobre áreas geográficas, las Cuencas Paleozoicas que están ubicadas en Paracas, Cordillera Oriental y otras cuencas; la Cuenca Mesozoica tiene áreas localizadas en Yura-Carumas, Oyón, Santa, Alto Chicama, Cajamarca, Goyllarisquisga, Jatunhuasi y otras; finalmente la Cuenca Cenozoica está distribuidas en Piura-Tumbes, Yanacancha, Cajamarca, Loreto y otras cuencas.

La ubicación geográfica de algunas de estas cuencas permitiría establecer un mercado potencial energético en áreas cercanas a ellas, la explotación de estas cuencas han sido a poco escala, debido al desconocimiento de las características de las calidades del carbón peruano o la diversificación de sus usos.

La localización de las reservas indicadas anteriormente y algunas fácilmente accesibles a centros industriales significarían una disponibilidad de energía estable y fácilmente explotable, previa evaluación económica.

La demanda del carbón está estrechamente relacionada con el crecimiento económico, actualmente se tiene un incremento de 2% anual de requerimiento energético; las diversas clases que presenta el carbón nacional hacen de su comercialización un medio de satisfacer necesidades específicas, como en el sector cementero, petroquímico, papelerero, cerámica, alimentos y otros.

## VI.1.2. ESTADO ACTUAL DE LA MINERÍA DEL CARBÓN

La presencia del carbón en el Perú sigue siendo para el país un recurso no explotado, o de explotación restringida a pequeña minería o minería artesanal, tal como lo indica Alberto Manrique (1988).

Probablemente se deba a la competencia del petróleo y sus derivados, a pesar de que la energía producida por el carbón es por lo menos 25% más económica que los producidos por los hidrocarburos, los precios del carbón no son competitivos por la política de precios que tiene el petróleo, donde se establece un precio subvencionado por el gobierno.

Esta política en los últimos años indujo a que las industrias cambiaran su fuente energética de carbón por la energía de hidrocarburos, y como consecuencia se produjo una baja en las demandas y el cierre de minas de carbón, restringiéndose a una producción a pequeña escala.

La infraestructura vial es también uno de los factores que inciden en la factibilidad de explotación de las minas de carbón y esta a su vez está relacionada a la geomorfología del yacimiento.

La mayoría de las minas de carbón se encuentra en la sierra y los consumidores potenciales en la costa; los caminos de acceso son difíciles de transitar por la geomorfología andina que es abrupta, a esto se suma la calidad de las carreteras que en el mejor de los casos es afirmada y que permiten sólo el tránsito de camiones de pequeña capacidad. Son pocas las minas que se encuentran cerca a carreteras asfaltadas de acceso. El sistema de transporte influye grandemente en la explotación del carbón puesto que determina la escala de producción que va a tener la mina.

El desconocimiento de las variedades y usos específicos del carbón nacional determinan un empleo reducido, haciendo que su mercado sea intermitente y se encuentre en desproporción con el potencial existente y la producción de carbón.

Todos estos factores no permiten una explotación sistemática y de mayor escala, restringiéndose sólo a pequeña minería o minería artesanal.

A continuación se señalan algunas referencias mineras de las cuencas.

### • CUENCA DE OYON

#### *Sector de Gazuna*

En este sector sólo el manto 5 ha sido reconocido aproximadamente 2,5km en la superficie por medio de trincheras y se dice que llega hasta la

Laguna Suca Saca. El manto 5 que tiene como características un espesor uniforme de 1,0m, el carbón es duro y a lo largo de las fracturas a veces es iridiscentes, dando la impresión de ser finísimas patinas de sulfuros transportados que recubren las fracturas del carbón. El rumbo de los mantos es N 10°E y su buzamiento 30° al SE.

El techo del manto está constituido por un paquete de areniscas arcillosas de aproximadamente 1,0m de espesor, caracterizado por la presencia de fragmentos redondeados de 0,2m a 0,3m de diámetro con fracturamiento concéntrico.

El carbón de este manto es duro, liviano, con pequeñas intercalaciones de pizarras. El techo presenta las características estructuras concéntricas y el anticlinal del que forma parte es relativamente suave de manera que no existe movimiento relativo entre el piso y el techo, lo cual evita problemas de minado en el futuro.

### ***Sector de Pampahuay***

En la región de Pampahuay las ocurrencias de carbón se ubica sobre una franja de la Formación Oyón, consistente de una serie de lutitas y areniscas interestratificadas de rumbo N 15°W y tiene 14km de largo por 500m de ancho aproximadamente a lo largo del núcleo de un anticlinal.

Sobre esta faja se han detectado 9 mantos de los cuales 4 mantos se consideran posibles de ser explotados económicamente denominadas: Grande, Papillon, California, Lutay. En los 5km centrales de esta faja de 14km de largo es donde se han efectuado la mayor parte de exploración y desarrollo por KOPEX-MINERO PERU.

Aún falta profundizar estudios sobre la correlación de los 4 mantos explotables económicamente, debido a la complejidad del plegamiento y la naturaleza plástica de la Formación Oyón en comparación con la Formación Chimú que la suprayace y es más competente. Los mantos de la serie productiva tiene entre 0,8 a 3,0m de espesor.

### ***Sector Checras-Parquín***

El manto superior aflora a menos de 1km aguas arriba del afloramiento descrito. Tiene un espesor aproximado de 1,0m y en la actualidad está siendo trabajado por métodos artesanales. Su producción es cargada directamente a los

camiones por intermedio de un "chute" con una pendiente aproximada de 30°, en la zona de Parquin a 35km de la carretera Huaura-Churin.

- **Cuenca del Santa**

### *Sector La Galgada*

La mina *Río Negro* es la más desarrollada y mecanizada, con mayor producción actual (250 t/d) y con las mayores reservas en toda la región del Santa (5 460 540t). La mina tiene 4 mantos denominados localmente como: "EL REY" con un espesor de 5,0m, "LA REYNA" con un espesor de 1,10m, "LA PRINCESA" con 2,50 m de espesor separado del manto anterior por 18,0m de cuarcita, y finalmente "EL PRINCIPE" con un espesor de 0,90m a 1,0m separados del manto anterior por 15m de cuarcita.

Estructuralmente es un anticlinal echado cuyo plano axial es casi horizontal, en el vértice del anticlinal el manto "EL REY" aumenta de espesor y permite ser trabajado a tajo abierto con mucha eficiencia.

La mina *Mano Poderosa* tiene un manto plegado en forma de anticlinal asimétrico recurrente, con un espesor de 1,5m. Esta reconocida por una galería de 50m de recorrido. Es difícil relacionar este manto con alguno de los presentes en la mina Río Negro, a pesar de estar distante a solo 1km aproximadamente en línea recta, debido al intenso plegamiento de la zona y a la falta de un mapa geológico estructural de la zona. El carbón in situ de esta mina es brillante y compacto, sin embargo cuando está depositado en canchas se torna opaco y pulverulento.

La mina *Centenario* está ubicada en la margen izquierda del Río Ancos, y ha sido trabajada intensamente en cinco niveles sobre el nivel del río que es el nivel de extracción. Existen 4 mantos denominados de piso a techo: "TORO" con 1,5m de espesor con intercalaciones de pizarra, solo 0,6m son de carbón; "RITA" con 0,4m de espesor y buzamiento casi vertical, está separada por 2,0m de cuarcita del manto "PINTA" de 1,8m de espesor con una intercalación de 0,1m de cuarcita cerca del piso; luego de 12m de cuarcita esta el manto "NIÑA" con un espesor de 0,8m, el nivel principal se encuentra en muy buenas condiciones.

La mina ha sido desarrollada 800m en el nivel "O" y los mantos continúan con mucha uniformidad. Por referencia, se sabe que la mina ha sido explotada sobre el nivel "1", ubicado a 40m del nivel "O" quedando por explotarse el carbón entre el nivel 0 y 1 y por desarrollar todos los niveles en el sentido del rumbo.

La mina *Vizcaya* se encuentra en la margen derecha del Río Ancos, geológicamente constituye una unidad con la mina Centenario, ya que la única separación entre ambas minas es el Río Ancos.

Existen 4 mantos, que se denominan de piso a techo: "NIÑA" con espesor de 1,2m paralela a este manto; a una distancia de 15m se encuentra el manto "PINTA" con un espesor de 1,8m a 2,0m, reconocido mediante galerías a lo largo de 1 500m. A pocos metros se encuentra el manto "SANTA MARIA" con un espesor de 0,6m a 1,0m.

En un crucero de 2,5m. al final del manto "NIÑA" se encontró un manto sin nombre, de 1,5m de ancho que se adelgaza a ambos extremos. Los otros mantos continúan con mucha uniformidad al igual que en la mina Centenario, se sabe por referencias que Vizcaya ha sido parcialmente explotada sobre del nivel 1, pero queda carbón por explotar entre el nivel 0 y el 1, además del que pueda ser desarrollado en el sentido del rumbo.

Los nombres dados a los mantos son locales y no coinciden con los de la mina Centenario, con excepción del manto "PINTA" a menos que la secuencia estratigráfica esté invertida.

La mina *Eclipse* consiste de un solo manto que está desarrollado en dos niveles a través de 3 galerías. Geológicamente se encuentra en la cresta de un anticlinal complejo.

El manto tiene un espesor de 5,0m en el vértice del anticlinal, sin embargo en áreas fuera de este lugar favorable, el manto alcanza 1,5m de espesor, con algunas intercalaciones de pizarra de menos de 0,05m de espesor hacia el techo del manto.

No existen labores de desarrollo que determine la geometría del manto, de manera que no se puede dimensionar el yacimiento. Produjo en décadas pasadas carbones de tres tamaños: 0 x 3/8", 3/8" x 1 1/2" y + 1 1/2". La producción total fue aproximadamente 500 t/mes.

### **Sector La Limeña**

La mina *Lord* se encuentra en la margen derecha del Río Santa, trabaja el mismo manto que Eclipse, los mantos tienen 1,5m. de espesor y 25° de buzamiento con abundantes intercalaciones de pizarras.

Entre los años 1943 y 1960, la mina ha sido objeto de intensa explotación en 6 niveles. A pesar que se reportan 4 mantos de carbón, solamente dos de ellos tienen labores de rehabilitación. En 1956 se estimó 507 000t de reservas probadas a través de trabajos detallados. Desde entonces esta mina se encuentra paralizada.

### *Sector Caráz-Pueblo Libre*

La mina *Carbonera Caraz* presenta un manto reconocido por 500m aproximadamente y tiene un buzamiento de 25° al NW. La mina tiene 4 productos definidos por tamaño: CISCO(5/16"), 5/16" x 1", 11"x2", fundición (trozos de + 2").

### • Cuenca de Alto Chicama

#### *Sector noroeste*

La mina *Ambara* se encuentra ubicada en la margen derecha del Río Lucma, ha sido trabajada en forma bastante organizada a pequeña escala, con una producción aproximada de 10t/día y está actualmente paralizada. Se estima que con más labores de desarrollo, esta mina podría producir 30 000 t/año. Las labores interceptaron al manto 4 y el rumbo del manto es N 60°W, el buzamiento 50° NE y el espesor promedio es 1,50m.

La mina *Huayday* desarrolló labores sobre un manto con contenidos de muy buena calidad, pero actualmente se encuentra paralizada por problemas de sostenimiento. Se trabajó en forma muy artesanal, por lo cual no se puede asumir potencial antes de recuperar la mina con labores de acceso y desarrollo.

La mina *Refinación* exploró 3 mantos, el manto inferior con un espesor de 2,0m a 3,0m, con carbón muy triturado (probablemente el manto 6). Los dos mantos restantes conocidos con el nombre de Trujillo 1 y Trujillo 2, con espesores de 2,0m cada uno intercalados por 5,0m de cuarcita. Probablemente pueden ser correlacionados con los mantos 4/1 y 4/2 de la región más al Sur.

Su producción no es conocida pero se sabe que es de buena calidad y dureza, se estima que esta mina puede producir 20 000 t/año, en la actualidad está paralizada.

La mina *Baños Chimú* (Leguía) se encuentra sobre la margen izquierda del Río Chicama. Se identificaron dos mantos, el 4/1 con 2,0m de espesor y el 4/2 con 0,6m de espesor. Sólo se ha desarrollado el 4/1 con más de 300m de galerías, el rumbo del manto es N 15°E y su buzamiento 40°SE; el carbón es duro con contenido de finos menor del 25%.

La mina está siendo trabajada por métodos artesanales y produce aproximadamente 8 t/d. El potencial es mucho mayor y se estima que, por lo menos, podría producir después de realizar labores de desarrollo y preparación, 30 000 t/año.

La mina *César Segundo* (Virgen de la Puerta), se encuentra sobre la margen derecha del Río Chicama. Sólo se ha desarrollado el manto 4/1 mediante

una galería de más de 500m a lo largo del manto, con un rumbo de N 10°E y un buzamiento de 40°SE. Esta mina podría producir 30 000 t/año.

Es indudable que tanto la mina Leguia como César Segundo, están desarrollando el mismo manto. Se piensa que, una vez determinada la estructura geológica y las labores de desarrollo y preparación, el potencial puede duplicarse.

### *Sector Sureste*

La mina *Callacuyán* está ubicada en el extremo sur del yacimiento carbonífero Alto Chicama, la mina tiene un crucero de 400m que atraviesa desde el manto 1 al manto 4. El manto 4 con rumbo NO 30°N y buzamiento 65° al NE es el que ha sido reconocido por una galería, tiene un espesor de 2,50m, los otros mantos tienen pocos centímetros de espesor.

Actualmente, las labores de producción están paralizadas y sólo existe actividades de limpieza y mantenimiento. Las condiciones de explotación son buenas, esta mina puede producir un mínimo de 30 000 t/año.

La Mina *Tres Amigos* está ubicada 4 km al noreste de Callacuyán. El rumbo del manto 4/2, que es el único activo, es de N 30°W, el buzamiento de 65° al NE y el espesor de 2,50m. En otro nivel distinto, el manto 4/2 ha sido reconocido por una galería de 250m. Tiene un crucero que intercepta los mantos 4/2 y 5, estos mantos han sido reconocidos por medio de galerías con recorridos de 100m cada una por nivel.

Las condiciones de explotación son las mismas que las de Callacuyán, y podría producir 30 000 t/año de ponerse a explotación.

En la Mina *José Antonio y Julio César* se han reconocido dos mantos, el manto 4/1 (manto principal) con 0,70m de espesor y el manto 4/2 (manto ovoidal) con 2,0m de espesor. La mina ha sido trabajada por métodos artesanales, las condiciones de minado son las mismas que para todas las otras minas de la región, podría producir 15 000 t/año.

La mina *Victoria* es una de las más desarrolladas en el área, está reconocida y desarrollada en dos niveles mediante cruceros y galerías de desarrollo con 1 000m de recorrido. Se han interceptado desde el manto 1 al manto 8 aunque sólo los mantos 4, 5 y 6 poseen espesores atractivos de 2,0m a 13,0 m.

El manto 4 tiene un rumbo de N 40°W con buzamiento de 70° al NE y un espesor total de 3,0m; se presenta carbón duro entre el piso con 1,0m a 1,4m de espesor, intercalado con horizontes de pizarras con espesores de 0,6m a 0,8m y los restantes 0,8m hacia el techo son nuevamente de carbón duro. El manto 5 es

paralelo al manto 4, distanciados por 50m y tiene un espesor de 2,4m, presenta carbón duro con intercalaciones de pizarra. El manto 6 es paralelo al manto 5, distanciados por 20m con un espesor de 13m, el carbón es muy fracturado con un contenido estimado de 90% de carbón menor de 3/18". La mina Victoria ha sido trabajada artesanalmente, las condiciones de minado son iguales a las de la región. Esta mina se estima podría producir 60 000t/año y que las  $\square$  partes de este material serian de material fino.

La mina *Los Andes* es la más septentrional de esta región; tiene tres niveles desarrollados que interceptaron 4 mantos, el manto 4/1 tiene 0,8m de espesor, el manto 4/2 con 1,5m de espesor, el manto 5 con 2,0m y el manto 6 con 9,0m de espesor. Se ha extraído carbón duro artesanalmente de los mantos 4/1, 4/2 y 5 mediante galerías que suman más de 600m de recorrido.

El manto 6, el igual que en la mina Victoria, tiene 9,0m de carbón triturado y no ha sido desarrollado. Esta mina también está siendo trabajada en forma artesanal y se estima que las condiciones de explotación minera son buenas.

La mina *La Fundición* ha sido explorada mediante dos cruceros de 30,0m cada uno y desarrollada por galería de 40,0m a lo largo del manto 5 de 1,0m de espesor. También se ha reconocido el manto 4/1 con espesor de 0,3m y el manto 4/2 con espesor de 0,4m. Se encuentra trabajando a muy pequeña escala, es necesario ejecutar labores de exploración y desarrollo para poder asumir un potencial.

La mina *Shumin* tiene tres galerías, dos galerías corren sobre el manto 4 que tiene un espesor de 1,5m a 3,0m; y otra galería corre sobre el manto 3 que tiene un espesor de 1,0m a 1,5m; ambos mantos contienen carbón duro probablemente con el 70% del volumen por encima de  $\frac{1}{4}$ ".

Actualmente produce 500t/mes y las condiciones de explotación son las mismas que para el resto del área. Se estima podría producir 10 000 a 15 000 t/año.

La mina *La Cruz* tiene un crucero de más o menos 20,0m a 30,0m que cortó un manto indeterminado de carbón con un espesor de 1,5m a 2,0m, sobre el cual se ha corrido una galería de más de 100m; el carbón es duro y parece no contener muchas cenizas. Se estima que la mina con labores de preparación y desarrollo puede producir 15 000t/año.

#### • CUENCA DE JATUNHUASI

La cuenca de Jatunhuasi es una de las más definidas del país. Geográficamente está ubicada cerca del pueblo de Jatunhuasi, a 45km al SW de la ciudad de Huancayo y 75km al Sur de la Oroya, fácilmente accesible por

carretera y por ferrocarril. Está circunscrita geológicamente a algunos estratos de la Formación Goyllarisquisga a lo largo de una faja bien determinada de rumbo predominantemente Noroeste.

El carbón proveniente de la cuenca de Jatunhuasi tiene características y naturaleza diferentes, entre las que se encuentran su rango, propiedades coquificables y cercanía a un mercado muy especial, como lo es el de CENTROMIN (hoy privatizado). Todas estas características juntas hacen que el yacimiento carbonífero de Jatunhuasi sea considerado como un proyecto con límites mucho más definidos que otros yacimientos de carbón del país.

De los seis mantos de carbón de los cuales solo tres son considerados aprovechables económicamente, ocurren en el miembro "Negro Bueno" de la Formación Goyllarisquisga. Este miembro tiene un espesor de 8m a 20m y se encuentra a una distancia aproximada de 65m debajo del techo de la Formación y se le conoce a lo largo de aproximadamente 20km en el sentido del rumbo desde la mina Fenix, en la zona denominada Cachi en el Sur, y hasta la mina Riqueza por el Norte.

### VI.1.3. MINAS DE CARBON QUE SE ENCUENTRAN OPERANDO

A pesar de la existencia de prospectos mineros de carbón interesantes y de yacimientos que podrían ser el futuro energético del Perú; las minas de carbón registradas, que operan actualmente son pocas y con una producción muy pobre en discordancia con la presencia potencial del carbón en los yacimientos, las siguientes empresas indicando el reporte de su producción en los tres últimos años:

#### PRODUCCIÓN POR EMPRESA

Empresa	Unidad	Ubicación	1997	1998	1999(*)
Carbonifera San Benito S.R.Ltda.	San Benito	La Libertad	6915	6 596	-
Cia. Minera Agregados Calcáreos	Huaylas A.C.	Ancash	-	-	0
CIA Minera Las Camelias S.A.	Las Camelias 6	Lima	0	0	-
Cia Minera Tripsa S.A.	Esther	Ancash	0	0	0
Delgado Ruiz Conejo, Efrain	Gazuna	Lima	2 075	2 075	990
Minera Gazuna S.A.	Minasa	Lima	1 834	1 749	308
Soc. Minera San Roque de Mancos S.R.L.	San Roque	Ancash	11 223	10 706	-
Minerales Andinos S.A.	La Gloria JF	Piura	0	0	-
<b>Total</b>			<b>22 046</b>	<b>21 031</b>	<b>1 198</b>

Fuente: DGM-MEM (\*) cifra preliminar

Del reporte consignado se observa que la producción de carbón en el Perú, ha sufrido un decremento significativo; debido a la manera informal de trabajar de las minas de carbón ya que su producción abastece las ladrilleras artesanales que se ubican en sus cercanías.

Estos reportes no muestran la verdadera producción que se da en el País puesto que algunas empresas artesanales de carbón no reportan la Declaración Anual Consolidada (DAC).

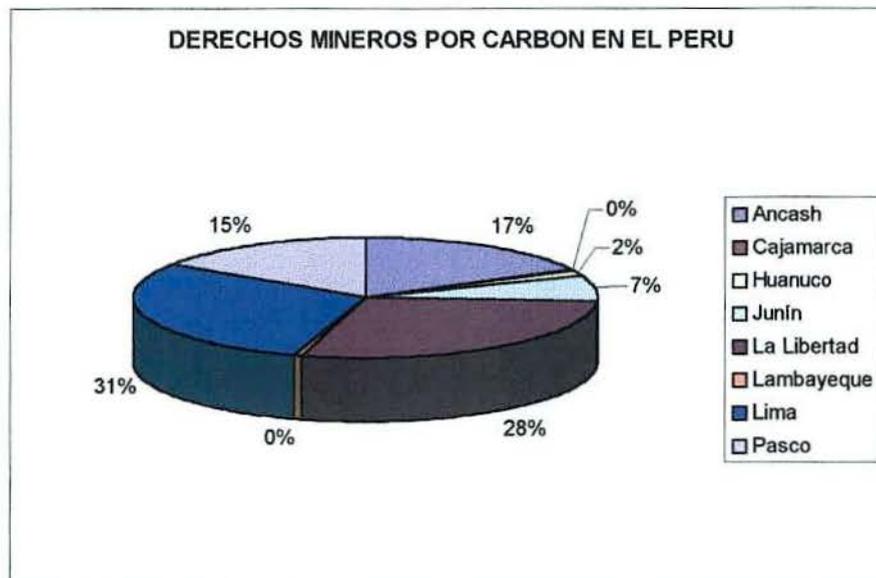
Existen 224 derechos mineros registrados para la explotación de carbón y posiblemente unos 87 derechos más registrados como No Metálicos, todas cubriendo áreas cercanas a los grandes yacimientos reconocidos de carbón; estos derechos en producción representan aproximadamente solo el 3,57% de los derechos denunciados a nivel nacional, concentrándose las operaciones en los departamentos de Ancash, La Libertad y Lima.

**DERECHOS MINEROS POR CARBON EN EL PERU**

UBICACION	DERECHOS REGISTRADOS	INCIDENCIA (%)
Ancash	45	20,1
Cajamarca	1	0,4
Huanuco	4	1,8
Junin	18	8,1
La Libertad	74	33,0
Lambayeque	1	0,4
Lima	77	34,4
Pasco	4	1,8
<b>Total</b>	<b>224</b>	<b>100,0</b>

Fuente: RPM-MEM

**DERECHOS MINEROS POR CARBON EN EL PERU**



## **VI.2. COTIZACIÓN DEL CARBÓN EN EL MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL**

El valor del carbón nacional, se debe exclusivamente a la calidad del material y a la distancia que exista entre el yacimiento de carbón y la industria consumidora, no se reporta precios internos por que la producción va directamente a cubrir necesidades de industrias adyacentes y estos no son estándares (cementeras, acerías, ladrilleras y otras), el precio puede variar entre US \$ 10 a US \$30 o tal vez más.

Probablemente también se deba a que existe una gran importación de carbón, a través de diversos mercados extranjeros que cubren las necesidades de las grandes empresas, que tienen consumos específicos y la previsión de que sea cubierta su requerimiento con seguridad.

En cambio la cotización internacional, se refleja de las importaciones totales de carbón que para el año 1998 tuvo un monto total de US\$ 21 311,184 por la importación de 437 041t de carbón de diversas fuentes, esto indica una cotización promedio CIF de mercado de US\$ 49/t.

## **VI.3. EVOLUCION Y PERSPECTIVAS DEL MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL DEL CARBON**

La demanda de energía está estrechamente relacionada con el crecimiento económico y los estándares de vida. Actualmente la demanda mundial de energía está incrementándose en un promedio de aproximadamente 2% anual. Se anticipa que este incremento ha de continuar, y por tanto, el consumo de energía será el doble del requerido en 1995 para el 2030 y el triple para el 2050.

A medida que el desarrollo económico se lleva a cabo, desde el punto de vista doméstico se comienza a cambiar de las fuentes tradicionales de energía (como la madera) a otras más modernas (como la electricidad). Parte fundamental para el proceso de desarrollo es la construcción de infraestructura (carreteras, ferrocarriles, puertos, etc.) al igual que el crecimiento de las ciudades. En general, el crecimiento económico ha dependido de la exportación de materia prima y bienes manufacturados. Todas estas actividades implican el rápido crecimiento en el uso de energía en las primeras etapas de la industrialización.

Los suministros adecuados de energía serán esenciales para que las naciones del mundo mantengan su expansión industrial y económica. En el mundo en desarrollo, la primera señal de mejoramiento de los estándares de vida

es la disponibilidad de electricidad. Inicialmente, ésta puede utilizarse solamente para proveer luz, pero es inmediatamente requerida para encender artefactos electrodomésticos de todo tipo para uso residencial e industrial. Las economías de los países en desarrollo, con su desarrollo industrial y el aumento en los estándares de vida, están consumiendo electricidad, a una tasa que aumenta rápidamente.

Se pronostica que la población mundial crecerá de 5 290 millones censadas en 1990 a 8 000 millones para el año 2020, teniendo su mayor concentración en los países en desarrollo, incrementando la demanda de energía a nivel mundial.

De acuerdo a los análisis realizados por la WEC, las reservas económicamente recuperables de crudo son alrededor de 138Bt y de gas alrededor de 118Bt, de los cuales el 65% de depósitos de petróleo y el 32% de depósitos de gas natural que están localizados en el Medio Oriente, regiones políticamente inestables

El World Energy Council (WEC) advierte la euforia por considerar prioritario las energías renovables y el gas natural, al mismo tiempo toman políticas que inducen a abandonar las energías fósiles dentro de un "clima de protección ambiental" a pesar de que existen tecnologías limpias para la explotación del carbón. En los años '50s y '60s se tuvo una similar comportamiento por la energía nuclear y ahora es el turno del gas natural.

En el Perú la energía requerida se dará en función de las calidades del carbón, es decir que se usará para satisfacer fines específicos de la industria; el desconocimiento de sus variedades y usos, es tal vez uno de sus factores que interfiere con el desarrollo de la minería en el país, a esto se suma el descubrimiento del Gas de Camisea que representa una alternativa energética más atractiva políticamente y que constituye uno de los factores más fuertes que impide el desarrollo de la minería del carbón.

### **VI.3.1. EVOLUCION MUNDIAL DEL CARBON**

La diversidad del comercio internacional del carbón es única. Los más grandes productores de carbón en el mundo son la República Popular China (1 375Mt) y los Estados Unidos de América (878Mt) para 1996 . Sin embargo, el más grande productor no es necesariamente el más grande exportador.

Para algunos países, tales como Australia y Colombia, la exportación de carbón es de mayor importancia para la economía nacional que el consumo interno. Por otra parte, los mayores productores (República Popular China,

Estados Unidos de América e India) también importan carbón, por razones de calidad y de logística.

Australia es el líder mundial en la exportación de carbón; en 1996 exportó 139Mt, de una producción total de 195Mt. Las exportaciones australianas fueron a más de 25 países. El carbón representa el sector de mayor importancia en las exportaciones de Australia. Otros grandes exportadores fueron los Estados Unidos de América, que exportaron 83Mt de un total de 878Mt producidas a 29 países, y Sudáfrica, que exportó 59,5Mt de un total de 208Mt producidas. Opuesto a esto, la República Popular China exportó sólo 29,5Mt en 1996, de su producción total de 1 375Mt, reflejando así un gran consumo interno. De todas maneras, al igual que en Indonesia, sus exportaciones están creciendo rápidamente.

El desarrollo global de la industria del carbón fue resumida en Brisbane-Australia en el Coal Forecast '99 como sigue:

Los Estados Unidos exportaba 27Mt hace algunos años y alrededor de 18Mt en 1997, aparentemente continua decayendo ya que en 1998 exportó 13Mt y menos de 10Mt para 1999.

Colombia pudo seguir manteniendo el nivel que alcanzó en 1998 e incrementó en solo 0,3Mt en 1999.

Grandes embarcaciones de Polonia acumularon depósitos de carbón en los puertos durante el invierno de 1997-1998, las exportaciones para 1999 fue menor.

Indonesia tiene una situación mixta, con el cierre y crecimiento de algunas minas, así como la apertura de nuevas operaciones.

Las exportaciones de South Africa tuvo un crecimiento de 1Mt a 2Mt expandiendo su exportación a 66,5 Mt para 1999.

El balance del crecimiento de la demanda de 13Mt-17Mt, deja la conclusión de que Australia debe cubrir lo requerido en el futuro.

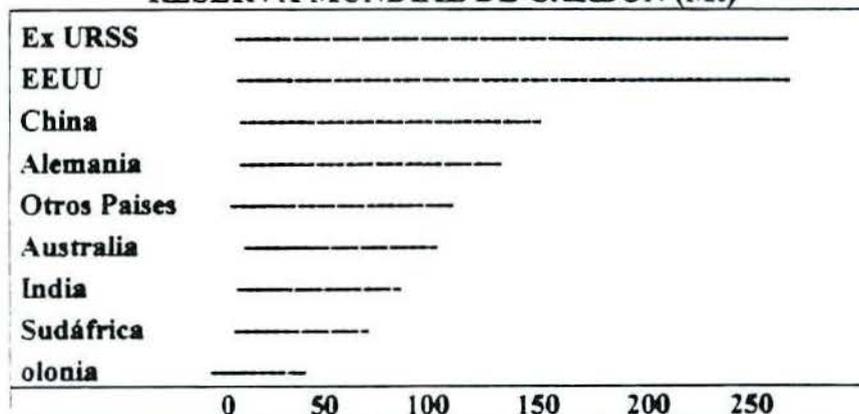
Normalmente los importadores de carbón se abastecen de varios proveedores. Por ejemplo, en 1996 Francia importó carbón de más de 15 países y los Países Bajos de más de 14 países diferentes, la razón de esta diversidad proveedores de carbón, tiene que ver con el hecho de la necesidad de usar diferentes calidades de carbón para satisfacer requerimientos específicos de los clientes.

## PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARBÓN ( Kt)

PAISES/REGIONES	1984	1988	1990	1992	1994
América del Norte	1 033	1 109	1 076	1 012	1 012
Estados Unidos	896	950	1 029	998	935
América del Sur Central	18	28	33	36	35
Brasil	8	7	4	5	5
Colombia	8	17	23	26	24
Europa Occidental	836	906	863	638	54
Alemania	560	549	504	346	259
Reino Unido	55	117	98	94	48
Grecia	35	51	57	61	56
Turquía	38	43	53	57	50
Este Europeo/Ex URSS	1 224	1 312	1 229	1 083	38
Cazaquistán	--	--	--	140	104
Rep Checa	--	--	--	--	74
Ex Checoslovaquia	143	137	119	99	--
Polonia	267	294	237	219	201
Rusia	--	--	--	375	271
Ucrania	--	--	--	147	95
Ex URSS	700	761	775	--	--
Medio Oriente	1	1	1	2	2
África	184	208	200	206	202
Sudáfrica	179	200	191	197	195
Extremo Oriente/Oceania	1 307	1 616	1 778	1 912	1 781
Australia	153	198	231	248	230
China	870	1 080	1 162	1 230	1 200
India	168	208	250	281	267
No especificado	--	--	--	--	127
Total Mundial	4 534	5 105	5 214	4 996	4 451

E&amp;MJ, Marzo 1996

## RESERVA MUNDIAL DE CARBÓN (Mt)



E&amp;MJ, Marzo 1996

## BALANCE DE CARBON PARA 1997 (kt)

	BELGICA	DINAMARCA	ALEMANIA	ESPAÑA	FRANCIA	GRECIA	IRLANDA	ITALIA	LUXEMBURGO	PAISES BAJOS	AUSTRIA	PORTUGAL	FINLANDIA	SUECIA	KINGDOM	EUR-15
Produccion			52 570	17 500	6 341		2								46 850	123 263
Recuperacion	550		500		419										1 000	2 469
Recep de ECSC	342	25	700	310	350		128	3	99	200		3			70	2 230
Importación otros países	12 055	11 000	18 500	11 690	14 250	1 800	2 572	17 057	100	16 800	3 402	5 837	6 590	3 125	19 590	144 358
Disponibles	12 947	11 025	72 270	29 500	21 360	1 800	2 702	17 060	199	17 000	3 405	5 837	6 590	3 125	67 500	270 090
Consumo Total	11 550	11 025	71 440	26 859	21 993	1 635	2 778	17 100	199	14 800	3 386	5 837	6 290	3 125	63 350	261 358
Energia para Minas			1 200		2 570											3 770
Estaciones de Energia	4 404	10 600	47 800	22 300	4 800	200	2 350	7 500		9 000	1 088	4 741	4 640	775	48 400	166 598
Planta de Coque	5 161		13 110	3 350	7 125			7 100		4 200	1 966	491	1 250	1 640	8 500	53 893
Ind. Acero	1 066		1 900		2 880	130	1	1 400	79	800				300	750	90 306
Otras Indus.	442	225	9 000	800	3 910	1 300	126	1 040	120	800	330	605	700	410	6 000	25 808
Uso domestico	475	100	1 100	300	950		300	60							2 200	5 485
Miscelaneous	2	100	430	100	268	5	1					2			1 100	2 000
Entrega a ECSC	841		400		137					2 150					1 500	5 028
Export. a otros		20		10		13		3		150					200	396
<b>Total entregas</b>	<b>12 411</b>	<b>11 025</b>	<b>71.850</b>	<b>26 850</b>	<b>22 143</b>	<b>1 635</b>	<b>2 781</b>	<b>17 100</b>	<b>199</b>	<b>17.100</b>	<b>3.386</b>	<b>5.837</b>	<b>6.290</b>	<b>3 125</b>	<b>65 050</b>	<b>261 754</b>
Movimiento de Stock	536		420	2 650	-783	165	-79	-40		-100	19		300		2 450	5 538

E&amp;MJ Marzo de 1998

## PRODUCCIÓN MUNDIAL CARBON/COMERCIO (Mt)

MECADO POR PAIS Y REGION	1992	1993	1994
Europa del Occidental	185	159	132
Norte America	855	810	880
Estados Unidos	823	775	845
Canada	32	35	35
CIS	468	417	390
China	1 138	1 142	1 155
Polonia	132	130	132
Sudáfrica	175	182	184
Australia	175	178	182
India	239	246	49
Japon	8	7	7
Latinoamerica	39	40	41
Colombia	24	24	24
Resto del Mundo	121	120	121
Produccion Total de Carbón	3 535	3 431	3 473

Los consumidores de carbón, independientemente de que dependan de suministros domésticos o importados, pueden confiar que la generación de electricidad para uso industrial o doméstico puede ser garantizada, a precios estables y competitivos, en comparación con otros combustibles fósiles.

### **VI.3.2. PERSPECTIVA MUNDIAL DEL CARBÓN**

La diversidad y abundancia de las reservas de carbón en el ámbito mundial, sugiere que el carbón puede afrontar el desafío estratégico de contar con energía segura. Se prevé que una vez que las reservas económicas de petróleo y gas se hayan agotado, habrá todavía muchas reservas de carbón ampliamente disponibles para satisfacer las necesidades de energía del mundo.

En el futuro previsible no existe alternativa práctica distinta al carbón, que genere la energía adicional requerida por la mayor parte de los países en desarrollo para su crecimiento económico y para mejorar su estándar de vida.

Es reconocida que la electricidad es un elemento básico para una mejora de la calidad de vida y el desarrollo económico de un país. Esto debe darse dentro de un desarrollo sostenible, la transferencia de tecnología es requerido para facilitar el manejo eficiente de los recursos y para asegurar el acceso a las tecnologías de carbón limpio de que se dispone ahora para la protección ambiental.

Desde el punto de vista económico y político, el carbón es la fuente de energía clásica con grandes reservas, los cuales están distribuidos igualmente en todas las regiones. En el 17th WEC Congress, se indicó que la energía debe ser "accesible, explotable y ambientalmente aceptable". El reemplazo del carbón por el gas natural en la generación de energía es considerado por muchos expertos como un error.

En el reporte del Department of Energy (DOE), respecto al mercado del carbón indica que la demanda de carbón del Asia se vera incrementado en 59% y el de Europa será de 21% (217,8Mt para el 2015).

Para 2015, Australia continuará siendo el mejor abastecedor de carbón para el Asia, abastecerá en más de la mitad del total de la region. China e Indonesia se estima abasteceran el 23% de las necesidades de Asia. South Africa esta proyectada a exportar cerca de 50,4Mt de carbón, los que representaría un incremento de 250% con respecto al nivel de 1995 que alcanzó 21,3 Mt. Estados Unidos exportará a Asia con un incremento de 20% y Cánada tendrá un incremento de 9% en sus exportaciones.

## PERSPECTIVA DEL MERCADO MUNDIAL DEL CARBÓN (Mt)

	DEMANDA		PRODUCCIÓN		IMPORTACION		EXPORTACION	
	1990	2010	1990	2010	1990	2010	1990	2010
ECE Region	1 821	1 798	1 830	1 771	199	278	208	251
Europa del Oeste	355	317	219	106	157	212	11	1
Europa del Este	715	574	719	610	26	38	70	75
Norte America	751	907	891	1 054	17	28	127	175
Mundial	3 508	3 982	3 548	3 994	396	566	395	578

## IMPORTACIONES DE CARBÓN DE OTROS PAISES (kt)

1997	Estados Unidos	Canada	Australia	Sud Africa	Polonia	CIS	China	Colombia	Otros	Total Importaciones
Bélgica	4 500	400	2 000	4 000	350	190	250	175	190	12 055
Dinamarca	1 300	--	500	4 000	2 500	500	--	2 000	200	11 000
Alemania	3 200	100	700	5 500	3 700	100	--	1 900	3 300	18 500
España	3 600	400	900	4 800	50	40	--	700	1 200	11 690
Francia	3 900	750	2 800	2 400	750	20	400	2 300	930	14 250
Grecia	300	--	--	850	--	400	--	250	--	1 800
Irlanda	998	--	114	219	290	--	--	8	943	2 572
Italia	7 040	1 147	2 550	3 727	218	800	400	700	475	17 057
Luxemburgo	--	--	--	100	--	--	--	--	--	100
Países Bajos	4 500	400	800	2 900	1 200	100	100	4 000	2 800	16 800
Austria	--	--	--	77	1 565	123	--	--	1 137	3 402
Portugal	1 407	165	250	1 866	--	--	--	1 410	739	5 837
Finlandia	600	--	--	130	3 300	1 550	--	670	340	6 590
Suecia	938	--	625	--	1 094	313	--	--	155	3 125
Kingdom	7 260	1 600	4 150	2 090	450	100	30	3 600	300	19 580
EUR-15	39 543	4 962	15 389	32 659	15 467	4 236	1 180	17 713	13 210	144 358

## VI.3.3. EVOLUCION NACIONAL DEL CARBÓN

La producción del carbón nacional ha alcanzado niveles del orden de 200 000 en los años 50 y luego descendió a niveles de 30 000 toneladas que aún no ha sido superada, se proyecta que el consumo de energía será el doble en el 2030 y el triple en el 2050.

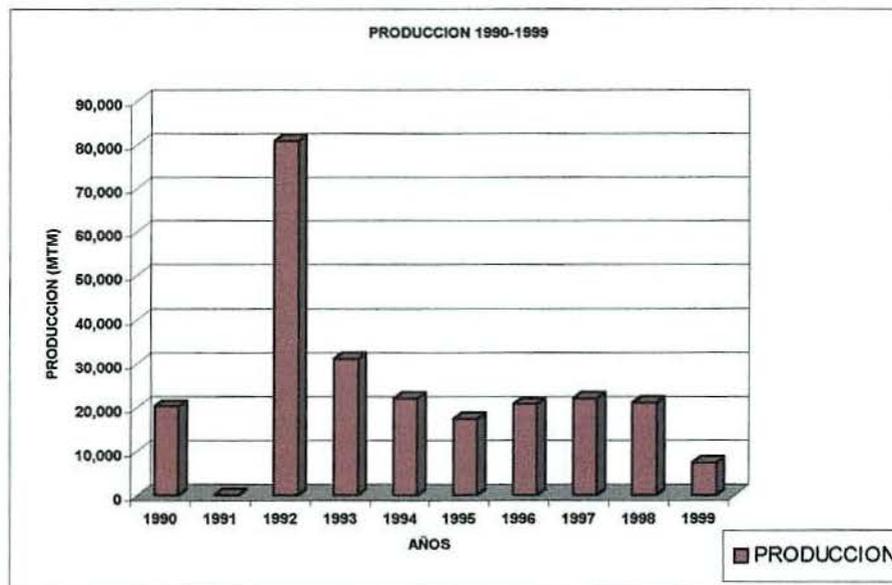
Las características geológicas y la ubicación del carbón en gran parte del territorio nacional, permiten el fácil acceso al carbón antracítico producido en el país que representa el 97% de la producción Nacional cuyas reservas probadas de carbón mineral fueron 55,9 MTM para el año 1997.

La evolución de producción de carbón en la última década fue la siguiente:

PRODUCCIÓN 1990-1999  
(t)

PRODUCTO	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Carbón	20,201	10.790	80,980	31,095	22,024	17,416	20,699	22,046	21,031	7,384

Fuente: DGM-Ministerio de Energía y Minas

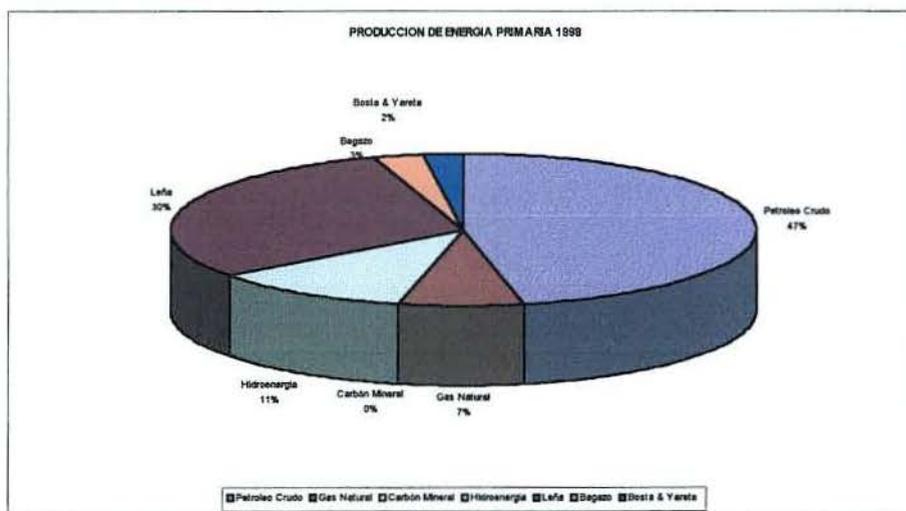


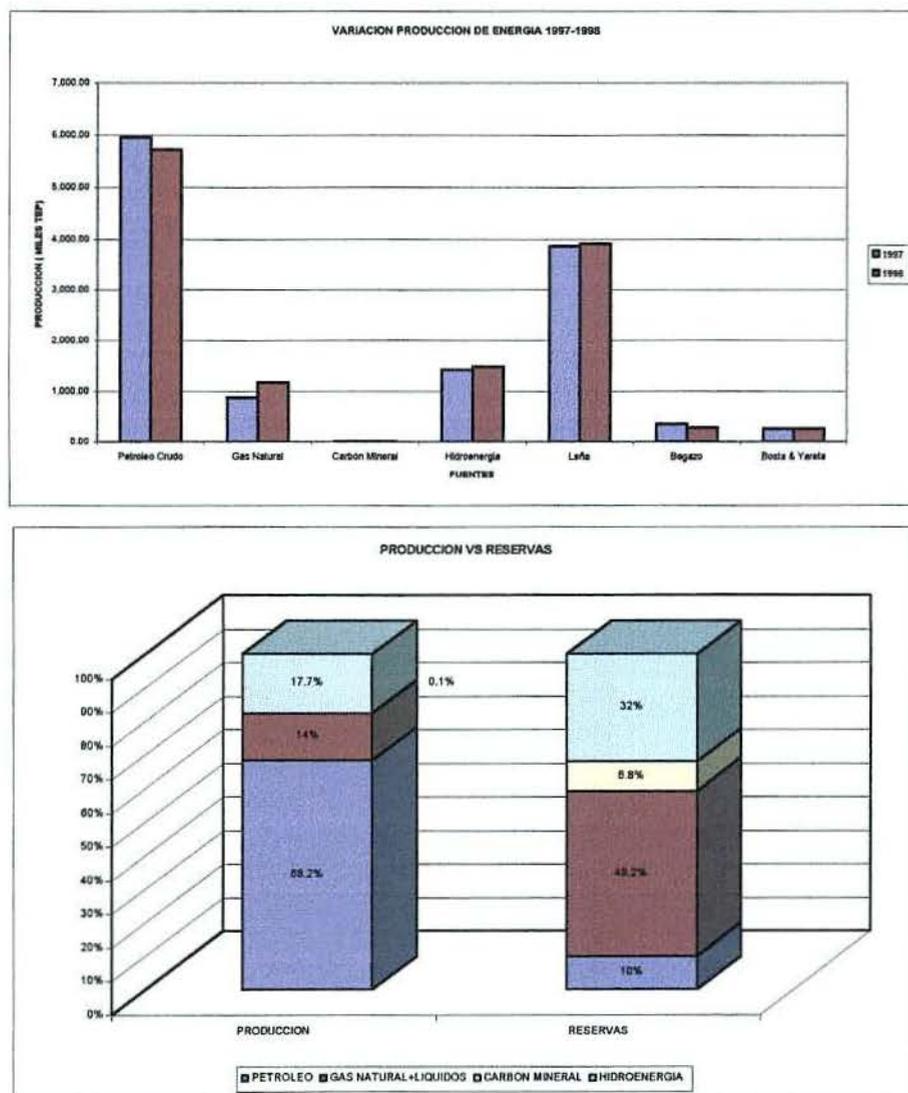
### VI. 3.3.1. Producción del Carbón

De Acuerdo a lo reportado en 1997, la producción fue de 22 046t y para 1998 fue de 21 031t, observando los reportes de producción de estos años no se puede decir que hubo un incremento significativo de lo que se demanda en el país.

**PRODUCCIÓN DE ENERGIA 1998(10<sup>3</sup> TEP)**

Fuente	1997	1998	Variación (%)
Energía Comercial			
Petróleo Crudo	5,956	5,716	-4.00
Gas Natural	882	1,171	32.90
<b>Carbón Mineral</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>-3.10</b>
Hidroenergía	1,421	1,484	4.50
Subtotal	8,273	8,386	1.40
Energía No Comercial			
Leña	3,861	3,913	1.30
Bagazo	366	294	-19.50
Bosta & Yareta	268	269	0.40
Subtotal	4,495	4,476	-0.4
<b>TOTAL</b>	<b>12,768</b>	<b>12,863</b>	<b>0.70</b>





### VI. 3.3.2. Importación de Carbón

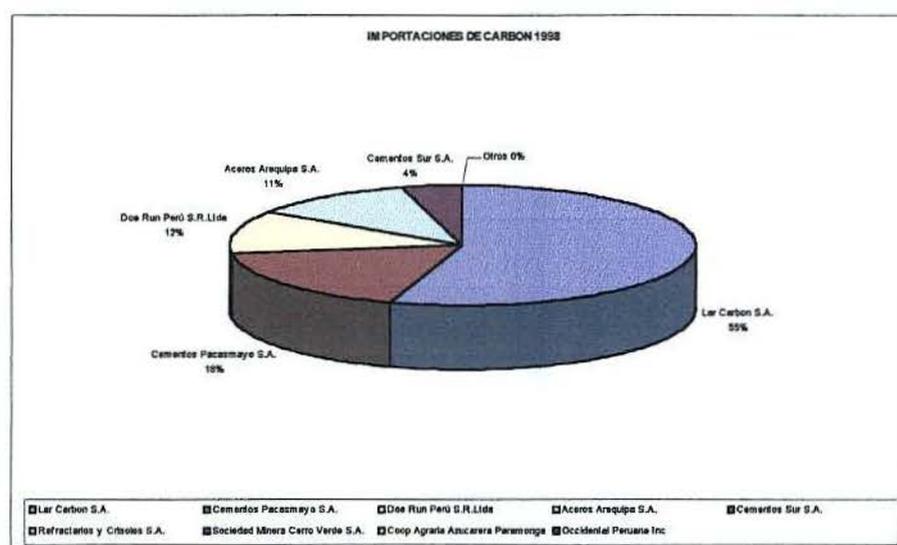
Las principales empresas importadoras de carbón bituminoso en 1998, han incrementado este rubro a comparación de 1997, en un 35,1%; teniendo como proveedores a países cercanos como Colombia, Venezuela, Brazil, EEUU y otros mas lejanos como Australia, España, y otros.

Las empresas que más importaron carbón mineral en 1997 fueron Lar Carbón con un 87,3% y Centromin con un 12,3%, en 1998 se identifica a cementos Pacasmayo, Aceros Arequipa y Cemento Sur como los nuevos importadores de carbón.

El decremento en las importaciones de Lar Carbón fueron ampliamente cubiertas y superadas por los nuevos importadores.

## IMPORTACIONES DE CARBON 1998

EMPRESA	PROCEDENCIA	1997	1998
Lar Carbon S.A.	Venezuela/ Colombia	282,400	240,580
Cementos Pacasmayo S.A.	Venezuela/ Colombia	No Registra	77,727
Doe Run Perú S.R.Ltda	EEUU/Australia/otros	41,198	50,400
Aceros Arequipa S.A.	Colombia	No Registra	50,217
Cementos Sur S.A.	Venezuela/ Colombia	No Registra	18,090
Refractarios y Crisoles S.A.	España/EEUU	No Registra	13
Sociedad Minera Cerro Verde S.A.	EEUU	No Registra	9
Coop Agraria Azucarera Paramonga	Brazil	No Registra	5
Occidental Peruana Inc	EEUU	No Registra	0
<b>TOTAL</b>		<b>323,598</b>	<b>437,041</b>



## VI.3.3.3. Consumo de Carbón por Sectores

Para 1998 el consumo total alcanzado de carbón mineral fue de 471 560t, superando en 12% a lo registrado para 1997 que fue de 419 666t de carbón, a este volumen corresponde un 90,70% de carbón importado donde los principales y únicos consumidores fueron el sector minero-metalúrgico y el sector industrial, el 4,9% corresponde al consumo de carbón antracítico y un 4,4% al carbón bituminoso.

Se han considerado los siguientes sectores de consumo de carbón:

- **Sector Residencial y Comercial**

Estos sectores son abastecidos de briquetas de carbón nacional utilizados para uso domestico y pequeños negocios, el consumo total de este sector para

1998 fue de 8 658t de carbón antracítico que representa el 1,8% del consumo total, con un pequeño incremento de 1% con respecto a 1997.

- **Sector Minero Metalúrgico**

La aparición de nuevos importadores como es el caso de Aceros Arequipa y el aumento de producción de algunas fundiciones, han registrado un aumento de consumo alcanzando un volumen de 105 226t de carbón importado y que corresponde a 145% en este rubro, respecto a 1997.

- **Sector Industrial**

El sector industrial es el principal consumidor de carbón mineral ocupando en 1998 un 73,9% de la producción nacional, dentro de este sector se encuentran las cementeras y las ladrilleras. A pesar de que este sector tiene un incremento de su producción, el consumo de carbón ha disminuido en un 24%, esto se debe a que el suministro energético por carbón ha sido reemplazado por energía de petróleo.

**Cementeras:** este subsector alberga a todas las cementeras que están registradas como consumidoras, las cementeras más importantes para 1998 son: Cementos Lima con un 33% de consumo, Cemento Andino con 14,36%, Cementados Pacasmayo 18,63% y Cementos Sur con 3,84%.

Se tiene un decremento de consumo de carbón, existe un desplazamiento del carbón por petróleo.

**Ladrilleras:** los consumos que se registran son de ladrilleras informales ubicadas preferentemente en los departamentos de La Libertad, Ayacucho y en Lima, estas trabajan y comercializan sus productos en completa informalidad; las grandes ladrilleras han optado por la energía a petróleo residual por consideraciones técnicas de acabado de sus productos.

Para 1998 se tuvo 17 612t que evidencia una disminución sustancial con respecto a 1997 que alcanzó un consumo de 45 684t de carbón.

- **Sector Pesquero**

Este sector considera a las plantas conserveras y harineras de pescado, registró un consumo de 6 000t de carbón bituminoso para 1998.

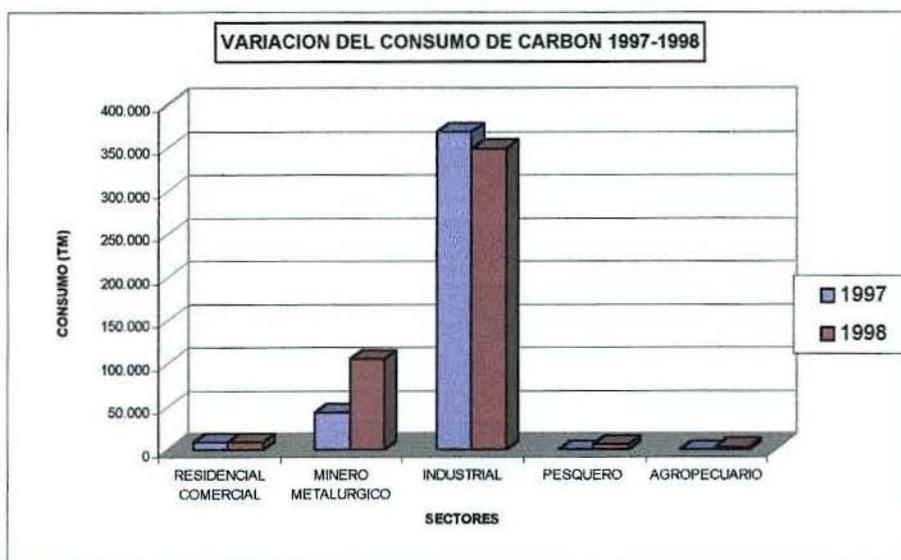
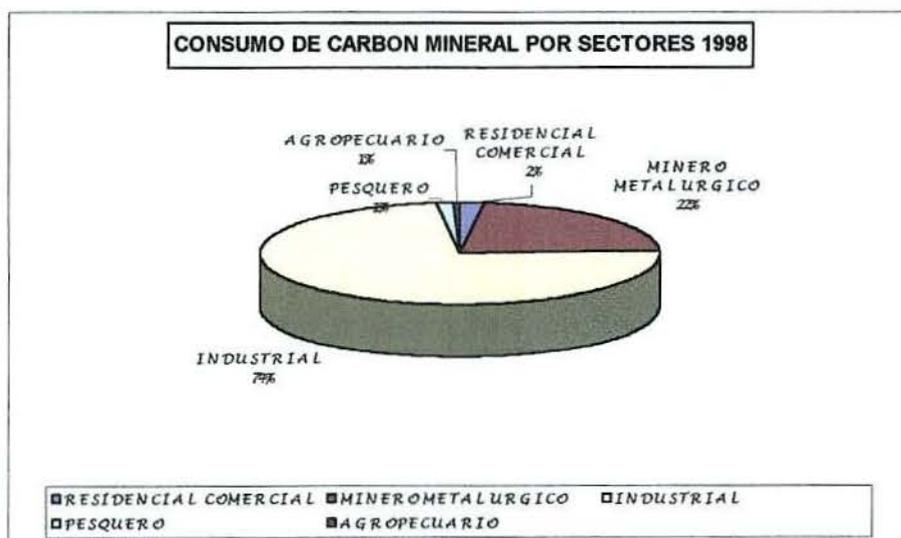
• **Sector Agropecuario**

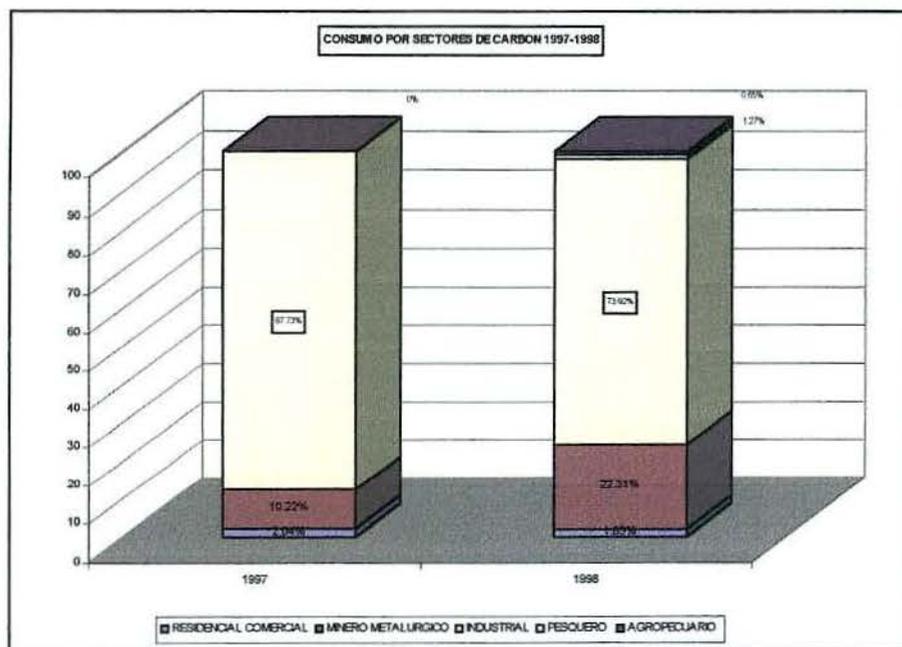
Se considera en este sector a las granjas avícolas y porcinas, el uso del carbón es básicamente para calefacción, registró un consumo de 3 082t para 1998, correspondiéndole el 1% del consumo total.

**CONSUMO DE CARBON MINERAL POR SECTORES 1998**

TIPO DE CARBON	ANTRACITA	IMPORTADO	BITUMINOSO	TOTAL
<b>1. RESIDENCIAL COMERCIAL</b>				
• Briquetas de Carbón	1 458	0	0	1.458
• NorPerú S.A.	7 200	0	0	7.200
<b>Subtotal</b>	<b>8.658</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8.658</b>
<b>2. MINERO METALÚRGICO</b>				
• Doe Run Perú (Division Oroya)	0	38 491	7 587	46.078
• Soc. Minera Cerro Verde S.A.	0	9	0	9
• Aceros Arequipa S.A.	0	50.217	0	50.217
• Fundición el Sol S.A.	0	0	60	60
• Fundiciones Varias	0	8.862	0	8.862
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>97.579</b>	<b>7.647</b>	<b>105.226</b>
<b>3. INDUSTRIAL</b>				
• Briquetas de Carbón	820	0	0	820
• Cementos Lima S.A.	0	156.407	0	156.407
• Cemento Andino S.A.	0	67.753	0	67.753
• Cemento Pacasmayo S.A.A.	0	87.894	0	87.894
• Cemento Sur S.A.	0	18.090	0	18.090
• Refractarios y Crisoles S.A.	0	13	0	13
• Occidental Peruana Inc.	0	0,1	0	0,1
• Corporación Agraria Paramonga	0	5	0	5
• Ladrillera Lark S.A.	0	0	565	565
• Ladrilleras Infor. y art. La Libertad	10.714	0	0	10.714
• Ladrilleras Infor. y art. Ayacucho	0	0	2.571	2.571
• Ladrilleras Infor. y art. Lima	0	0	3.762	3.762
<b>Subtotal</b>	<b>11.534</b>	<b>330.162</b>	<b>6.898</b>	<b>348.595</b>
<b>4. PESQUERO</b>				
• Pesqueras	0	0	6.000	6.000
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>
<b>5. AGROPECUARIAS</b>				
• Briquetas de carbón	3 082	0	0	3.082
<b>Subtotal</b>	<b>3.082</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.082</b>
<b>TOTAL</b>	<b>23.274</b>	<b>427.741</b>	<b>20.545</b>	<b>471.560</b>

OTERG-MEM 1998





## VI.4. ASPECTOS TÉCNICOS MINEROS DE LA EXPLOTACIÓN DEL CARBÓN

La Industria del carbón al igual que los metales u otros no metálicos tiene técnicas similares para su exploración, explotación y usos.

### VI.4.1. EXPLORACIÓN

La exploración se considera en etapas, para pasar de una etapa a otra se evalúa y se toma decisión antes de pasar a una siguiente, las etapas.

Las etapas corresponden a los estudios de geología (superficial, subsuelo y económica).

Asimismo, se evalúan las reservas económicas de acuerdo a los criterios de clasificación de los recursos de carbón, señalados en el Capítulo IV.

### VI.4.2. METODOS DE EXPLOTACION

La minería del carbón data de tiempos de los romanos de manera artesanal pero sólo en gran escala desde el Siglo 18. El carbón se extrae por dos métodos principales: la minería de superficie y la minería subterránea.

La elección del método está determinada principalmente por la geología del depósito; la mayoría de las reservas de carbón en el mundo son recuperables

por minería subterránea. Actualmente casi dos terceras partes de la producción mundial de carbón provienen de minas subterráneas, pero esta proporción es significativamente menor en algunos importantes países productores de carbón, tales como los Estados Unidos de América y Australia.

#### **VI.4.2.1. LA MINERÍA DE SUPERFICIE**

Este método incluye dentro de sus operaciones la remoción de material estéril hasta exponer los mantos de carbón, su profundidad está relacionada a los factores económicos de explotación.

La minería de superficie es conveniente y económica sólo cuando el manto de carbón está cerca de la superficie, y recupera una cantidad mayor de los depósitos de carbón que la minería subterránea.

En el caso de del Perú sólo se explotó la mina de Shela en Cachicadan donde se utilizó el método de contorno, que explotaba el mineral de los afloramientos y con mantos de más de 6m de espesor, el arranque se hacía con explosivos lo que hacía que se produzca gran cantidad de finos; la mina era mecanizada y tenía una producción de 50 a 100 t/d ,su relación de sobrecarga-carbón era de 4:1, su producción era mayor a las minas subterráneas ya que ellas reportaban sólo producción de 10 a 30 t/d.

#### **VI.4.2.2. LA MINERÍA SUBTERRÁNEA**

El método de explotación subterránea depende de las propiedades geomecánicas del mineral y de las rocas encajonantes.

En el Perú se ha explotado las minas de carbón mediante métodos de explotación subterránea considerando fundamentalmente al espesor angosto de los mantos y del alto ángulo de buzamiento.

Las mayoría de las minas trabajaron en forma artesanal e intermitente, preferían trabajar de esta manera porque producían menos dilución que los métodos mecanizados pero que no excedían una producción de 2 000 t/mes.

Inicialmente en Cocabal se utilizó el método de Shrinkage o almacenamiento, dejando al carbón en los tajeos almacenados luego de ser minados, debido a que producía muchos finos y afectaba directamente al precio este método fue cambiado.

Se implementó el método de corte y relleno de gradines invertidos, que consiste en escalones a manera de escalera invertida, la perforación se da en los

frentes que a su vez es techos de otro, la voladura es simultanea en todo el tajo, el acarreo se realiza mediante un plano que se ubica sobre el relleno; este método fue utilizado en Cocabal, La Galgada.

En zonas tectónicamente disturbadas se empleo el método de gradines descendente (Cocabal),

También se ha utilizado el método pensilvaniano Long Hole (Taladros Largos) que es una modificación del método de subniveles, donde se tiene perforaciones de taladros largos en el techo y en el piso, para luego vaciar el tajeo sin necesidad de rellenarlo esto se aplicaba a mantos anchos, tenia el inconveniente de producir dilución del carbón con las rocas encajonantes en los mantos delgados que obtienen bajos precios en el mercado, se empleo en la mina Cocabal.

Los mantos sub-horizontales se explotaba en La Limeña, Baños Chimú y otras minas, con el método de cámaras y pilares.

Es importante también el seleccionar las zonas menos tectonizadas, debido a que en las zonas de fuerte tectonismo es muy difícil seguir un método de minado, ya que requerirá mucho sostenimiento encareciendo la explotación. La perturbación tectónica también muele el carbón mezclándolo con el estéril produciendo un material de poca aceptación en el mercado.

### **VI.4.3. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

El carbón extraído desde la mina, necesita un medio de transporte al lugar de uso. Dependiendo de las distancias el transporte se realizará por medio de fajas, camiones, trenes, barcos o tuberías.

El polvo puede ser controlado usando agua, compactando el carbón y protegiendo los patios de almacenamiento. Se pueden utilizar sistemas sellados, bien sea transportadores neumáticos o bandas cubiertas, para llevar el carbón de los patios a la planta de combustión. La escorrentía de agua contaminada se limita mediante el diseño apropiado de las instalaciones de almacenamiento. Toda el agua debe ser cuidadosamente tratada antes de volverse a usar o botar. Es necesario tomar medidas preventivas en cada etapa del transporte y almacenamiento para reducir potenciales impactos ambientales. El lavado industrial que se implementó en las minas de la cuenca del Rio Santa (Ancos y La Galgada), dieron resultados satisfactorios permitiendo al yacimiento ser económicamente explotable.

En el Perú las industrias se encuentran centralizadas en la costa y las minas en la cordillera andina; es el transporte el rubro determinante porque

asume el mayor porcentaje del precio de cotización, debido a la geomorfología abrupta y las deficientes vías de acceso que a la distancia.

El transporte se realiza normalmente por camiones cuyo tamaño está limitado a las dimensiones y diseño que tiene la carretera; al no contar con buena infraestructura vial se utilizan camiones pequeños que requieren de manipuleo y hacer transbordos a medios de mayor capacidad, este manipuleo desmenuza el carbón afectando el precio de cotización por el producto.

#### **VI.4.4. TECNOLOGIAS LIMPIAS DEL CARBON PARA LA MINERIA**

La minería hoy en día viene usando tecnologías limpias para la explotación de recursos. Los métodos modernos de exploración minimizan cualquier impacto ambiental y mejoran el planeamiento de la mina, como por ejemplo la geofísica, la sísmica, etc., reducen la incertidumbre y son técnicas no destructivas y ambientalmente aceptables.

El carbón puede ser quemado limpia y efectivamente en todo el mundo, usando tecnologías que están permanentemente mejorando. Se han desarrollado tecnologías para mejorar el desempeño ambiental de los procesos del carbón, por ejemplo, el uso de precipitadores electrostáticos y/o filtros de mangas para que las plantas no emitan más humo y polvo negros. Las modernas tecnologías que se desarrollan en la actualidad permiten aún mayores reducciones de emisiones durante las distintas etapas de combustión ó gasificación.

Las tecnologías limpias de carbón se definen como "las tecnologías diseñadas para mejorar tanto la eficiencia como la tolerancia ambiental en la extracción, preparación y uso de carbón". Estas tecnologías reducen las emisiones, disminuyen pérdidas y aumentan la cantidad de energía aprovechada de cada tonelada de carbón.

La mayoría de las tecnologías limpias de carbón se concentran en la producción de electricidad a partir del carbón, puesto que más del 50% del carbón que se produce se utiliza para este efecto. Existe un abanico grande de tecnologías con viabilidad comercial, además de que otros desarrollos tecnológicos estarán disponibles en el futuro cercano.

El uso de estas tecnologías para la preparación de carbón puede lograr reducir los contenidos de ceniza y limpiar las impurezas tales como el lodo y el azufre. Se desarrollan también nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y el costo de estas operaciones de limpieza, al mismo tiempo que se mejora la calidad del agua de desecho.

Dado que en el Perú no se ha desarrollado la minería del carbón es conveniente tomar en cuenta estas nuevas tecnologías para el mejor aprovechamiento de los recursos carboníferos dentro de un marco de desarrollo sostenible.

#### **VI.4.5. SEGURIDAD Y SALUD**

La carbonización de la materia orgánica produce un fuerte desprendimiento de los gases inflamables, esto es muy común en las minas de hulla donde su acumulación pueden provocar explosiones , como por ejemplo en la mina Goyllarisquizga.

Los aspectos sobre seguridad y salud han sido desde hace mucho tiempo una preocupación importante para la industria del carbón. Los avances tecnológicos en la explotación durante este siglo han conducido a mejoras en la productividad y seguridad.

La extracción moderna del carbón alcanza estándares en seguridad y salud más altos que muchas otras industrias. La seguridad es de primordial importancia para cada uno de los involucrados en la minería, para los obreros, inversionistas y finalmente para el consumidor.

En muchos países, los mineros reciben regularmente cursos de entrenamiento en habilidades laborales y en seguridad. Las compañías de carbón reconocen que el entrenamiento previene accidentes y que hay una estrecha relación entre una mayor seguridad y una más alta productividad.

Alrededor del mundo, el carbón es transportado en barcos, desde grandes cargueros hasta pequeños barcos de cabotaje. En tierra, el transporte de carbón se hace por medio de correas transportadoras, carreteras o tren, es esencialmente más seguro que en el caso de otros combustibles fósiles. Igualmente lo es su almacenamiento y utilización, tanto en la industria como en los hogares. El polvo de carbón que se produce en las pilas o durante su manejo, también se puede reducir al mínimo ahora gracias a un diseño apropiado de las instalaciones de manejo.

***PREPARACION, CONVERSION Y  
UTILIZACION INDUSTRIAL DEL  
CARBON***

**MSc. OSCAR SILVA CAMPOS**

## **CAPITULO VII : PREPARACION, CONVERSION Y UTILIZACION INDUSTRIAL DEL CARBON**

### **VII.1. ESTADO ACTUAL DEL CARBON**

Se ha estimado que, hasta 1996, había más de 1 billón ( $1 \times 10^{12}$ ) de toneladas de reservas totales de carbón accesibles de forma económica, mediante el uso de tecnologías de explotación actualmente disponibles; de ellas aproximadamente la mitad es carbón duro. No solamente existen grandes reservas, sino que también están geográficamente esparcidas en más de 100 países en todos los continentes.

La abundancia de las reservas significa su disponibilidad para suministro durante mucho tiempo. A los niveles de producción de 1996, las reservas de carbón son suficientes para los próximos 250 años.

Adicionalmente, se continúan haciendo avances significativos para mejorar la utilización eficiente del carbón, de tal manera que pueda obtenerse más energía útil de cada tonelada de carbón.

Las relaciones actuales de reservas de carbón son aproximadamente 4 veces las reservas de petróleo (45 años aproximadamente) y gas (70 años aproximadamente).

### **VII.2. PREPARACIÓN DEL CARBON PARA SU USO INDUSTRIAL**

Las tecnologías fundamentales deberán armonizar la competitividad económica con una utilización segura y ecológica; los temas de especial interés son los siguientes:

- Control en línea de las propiedades físicas y químicas del carbón y sus mezclas en relación con los procesos de preparación y manipulación del carbón,
- Desmineralización avanzada del carbón,
- Secado avanzado.

Los consumidores de carbón lo requieren de una calidad consistente; el carbón tal como es extraído es una mezcla de fracciones de diferentes tamaños, en ocasiones con impurezas no deseadas tales como roca y lodo. La preparación del carbón, también conocida como beneficio del carbón, es la etapa de producción de carbón en la cual el carbón bruto, como sale de la mina, se procesa a un rango de productos de carbón limpio, gradado y de calidad uniforme, adecuados para el mercado comercial. En algunos casos el carbón como sale de la mina es de tal calidad que cumple las especificaciones del usuario sin necesidad de prepararlo, en cuyo caso sólo necesita ser triturado y tamizado, para entregar el producto especificado.

Se utilizan varias tecnologías de separación física en el lavado y beneficio del carbón. Después que se tritura el carbón tal como sale de la mina, se separa en varias fracciones de distintos tamaños para óptimo tratamiento. El material grande (fragmentos de 10-150 mm) se trata usualmente usando una separación de "medio denso"; el carbón es separado de otras impurezas haciéndolo flotar a través de un tanque, el cual contiene un líquido de gravedad específica adecuada, usualmente una suspensión de magnetita finamente molida. Al ser el carbón más liviano, flota y se separa de las rocas y otras impurezas las cuales se hunden y se remueven como desecho.

La magnetita que se mezcla con el carbón se separa usando chorros de agua y se recupera luego por medio de tambores magnéticos, para su reutilización.

Las fracciones pequeñas son tratadas de varias maneras, usualmente basadas en diferencias de gravedad (por ejemplo en espirales ó en centrifugas de densidad media). Otros métodos alternativos utilizan las propiedades de la superficie del carbón y de los desechos. En el método de "flotación por burbujas", las partículas de carbón son removidas en burbujas producidas al soplar aire dentro de una solución de agua que contiene agentes reactivos químicos. Las burbujas atraen el carbón pero no el desecho; y son despumadas para retirar los finos de carbón. Después del tratamiento, las fracciones son tamizadas y secadas y luego recombinadas antes de ir al proceso final de muestreo y calidad.

Algunas plantas de generación de electricidad son alimentadas con una sola fuente de carbón del mismo país. En el mercado internacional, muchas compañías compran carbones de diferentes proveedores y algunos los mezclan para dar una alimentación uniforme a la planta eléctrica. La mezcla también permite la compra selectiva de diferentes tipos de carbón, Los más caros y de calidad superior pueden ser cuidadosamente mezclados con los de menor calidad para así producir una mezcla promedio que cubra las necesidades de la planta a un costo óptimo.

Una efectiva preparación del carbón antes de la combustión mejora su homogeneidad, reduce los costos de transporte, mejora la eficiencia en su utilización, produce menos cenizas y puede reducir las emisiones de oxido de azufre.

### **VII.3. PROPIEDADES QUIMICAS, FISICAS Y TECNOLOGICAS QUE DEBEN REUNIR LOS CARBONES PARA SU USO INDUSTRIAL.**

#### **VII.3.1. PROPIEDADES DE LOS CARBONES**

##### **Poder calorífico o valor térmico**

La propiedad más importante de los combustibles es su poder calorífico, es decir, la cantidad de calor desarrollado por 1 kg de combustible en su

combustión en el hogar. También es muy importante para la relación comprador – vendedor. Se han propuesto varios métodos pero habitualmente el más usado es el calorímetro Adiabático de Bomba (ASTM D2015).

El valor térmico se determina quemando una muestra de carbón en la bomba de oxígeno y midiendo la elevación de la temperatura se convierte a Kcal/kg o BTU/lb, (1 Kcal/kg = 1.8 BTU/lb) mediante la comparación algebraica, con el valor térmico del ácido benzoico. Se aplican correcciones para tener en cuenta el calor producido por el alambre de ignición y los calores de formación del ácido nítrico y ácido sulfúrico.

### **VII.3.2. PROPIEDADES QUÍMICAS**

El carbón presenta una estructura química predominante aromática y 20% de carbón hidroaromático.

Las redes estructurales del carbón son similares a la del grafito, donde los átomos se presentan en capas paralelas pero con ligazones químicas entre los planos, representados principalmente como puentes metileno, enlaces éter, sulfito, disulfito y bifenil. Por este tipo de arreglo el carbón presenta una estructura altamente plana y laminada con poros pequeños que ocupan un volumen entre 8 y 20%.

La composición del carbón es bastante variable; es difícil encontrar dos carbones que tengan la misma composición, aunque pertenezcan al mismo rango. La composición típica del carbón incluye: 25 – 95% de carbono, 2 – 7% de hidrógeno, hasta 25% de oxígeno y 10% de azufre., así como de 1 a 2% de nitrógeno. La materia mineral inorgánica puede alcanzar valores tan altos como el 50% pero con un rango entre 5 – 15% es más típico. El contenido de humedad comúnmente varía desde el 2 al 10%.

El azufre asociado al carbón es de dos tipos: orgánico e inorgánico, donde el tipo orgánico proviene de proteínas, de materia vegetal original; el azufre inorgánico tiene su origen en las piritas de hierro, sulfatos de calcio y hierro.

En general cerca del 50% del azufre puede ser pirítico, particularmente cuando el contenido de éste es alto.

La materia volátil es el producto gaseoso que se produce cuando la muestra de carbón es calentada hasta 900°C en un medio inerte, el carbono fijo se determina restando del 100% el porcentaje de humedad, de materia volátil y de cenizas.

A continuación se muestran los valores entre los cuales varían los constituyentes principales:

Constituyente	Antracita	Bituminoso	Sub-bituminoso	Lignito
Hidrógeno (b)	1,8 – 3,4	3,9 – 5,9	3,8	2,8 – 3,1
Oxígeno (b)	0,7 – 2,2	1,8 – 10,6	12,2 – 13,2	12,1 – 12,4
Nitrógeno (a)	0,6 – 1,5	0,9 – 2,0	1,0 – 1,3	0,7 – 0,8
Azufre (b)	0,5 – 1,7	0,5 – 4,3	0,3 – 0,4	0,5 – 0,7
Agua ©	2,1 – 5,5	1,4 – 14,1	19,6 – 23,2	33,7 – 34,8
Ceniza ©	6,9 – 19,6	2,8 – 13,9	3,8 – 4,0	6,2 – 7,3

a : Análisis hecho sobre carbón

b : Porcentaje análisis completo

c : Porcentaje análisis inmediato.

### VII.3.3. PROPIEDADES FÍSICAS

La densidad, apariencia física, abrasividad, cohesión, friabilidad, molturabilidad y finura de molienda son las propiedades físicas que resultan de mayor importancia en la preparación y utilización de los carbones. La densidad varía entre 1.3 – 1.5 teniendo la antracita densidades más elevadas que los carbones bituminosos. Los métodos más comúnmente utilizados para el lavado de carbones están basados en la separación por diferencia de densidades.

Apariencia física.- Incluye color, lustre o brillo, porosidad, resistencia y reflectancia.

Abrasividad.- La abrasividad viene marcada por las impurezas más que por el carbón mismo, como elementos más abrasivos se encuentran la pirita, sílice y arenisca, que pueden acompañar al carbón según su naturaleza. Es una propiedad que tiene una gran significancia económica, ya que los elementos abrasivos que acompañan al carbón pueden influir notoriamente en el desgaste de las piezas metálicas o tolvas, molinos, conductos, quemadores, etc.

Cohesión, friabilidad y fragilidad.- Marcan la degradación, es decir, el paso a granulometrías menores por impacto o rozamiento.

Molturabilidad.- Es una propiedad con la cual puede pulverizarse un carbón, para su uso en quemadores. Para ello se utiliza el método Hardgrove, que sirve para determinar la facilidad relativa de pulverización del carbón por comparación de una serie de carbones estándar. Una cantidad pesada de carbón, cernido con mallas del número 16 al número 30, pasa a ser molida durante un tiempo dado en un molino de anillo de bolas. El índice se calcula partiendo de la cantidad de polvo malla menos N°200 que se produce (ASTM D409), en general la molturabilidad depende del contenido de volátiles.

Finura de molienda .- Se valora haciendo pasar una muestra de carbón pulverizado por un tamiz de un determinado ancho de malla. El residuo retenido en el tamiz se denomina rechazo y se expresa en tanto por ciento del peso total

de la muestra. La finura óptima de molienda, depende del contenido de materias volátiles del carbón.

El esfuerzo a la compresión, la resistividad eléctrica, la plasticidad, el poder de aglomeración, la acción abrasiva de las partículas y su resistencia a la intemperie, la temperatura de fusión de las cenizas, son propiedades características que deben ser elegidas según la manipulación y el proceso de conversión a elegir.

### **VII.3.2. CARACTERISTICAS FISICO – QUIMICAS REQUERIDAS PARA LA COMBUSTIÓN DEL CARBÓN**

Los factores que deben considerarse son:- Tamaño de carbón, especificando los tamaños límites de la malla.

- Análisis aproximado: Análisis inmediato que corresponde a la determinación de humedad, materia volátil, carbono fijo, cenizas, azufre y reblandecimiento de las cenizas.
- Análisis elemental que corresponde a la determinación de carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, azufre y cenizas. Este se utiliza para el balance de materia combustible y cálculo de eficiencia.
- Características físicas: friabilidad – resistencia a desmenuzarse, molturabilidad, medida por el patrón Hardgrove u otro, distribución por mallas.
- Características de almacenamiento; desintegración, disminución del poder calorífico y el riesgo de combustión espontánea.
- Características de funcionamiento; tendencia a coquizarse (aglomerarse) a la combustión libre y completa.
- Tendencia a formar escoria que depende de la temperatura de fusión de la ceniza mínima aceptable y el contenido de hierro.
- Características corrosivas, expresado en el contenido de azufre.
- Características de combustión, presencia de ciertos minerales de bajo punto de ignición en los volátiles. Potencia calorífica mínima aceptable.

### **VII.3.3 COMBUSTION DEL CARBON MINERAL**

La combustión se produce cuando un átomo de combustible y uno o más átomos de oxígeno se unen por medio de sus electrones. Luego de la combustión, estas moléculas poseen el mismo número de electrones que los elementos en combinación tenían inicialmente, siendo diferente su configuración electrónica.

Esta energía se desprendió de la molécula como radiación electromagnética, pero rápidamente cambió en la actividad de alta velocidad de las moléculas que la rodean con las que choca, convirtiéndose en calor, antes de la combinación, los átomos del combustible y del oxígeno deben estar muy bien

mezclados, en un estado de agitación externa, el cual, externamente, es la temperatura de ignición.

Los factores que implican para una buena y eficiente combustión son:

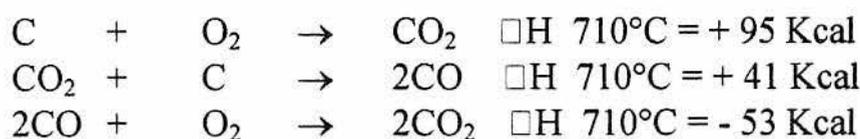
- 1) Mezcla de aire – combustible en las condiciones que se asegure una combustión completa.
- 2) Superficie de contacto de las partículas de combustible y el oxígeno por el intervalo de tiempo suficiente para su combustión.
- 3) Una zona de combustión mantenida a una temperatura superior a la ignición del combustible.

Al quemarse un carbón absorbe el calor necesario para producir la volatilización de los hidrocarburos, incluyéndose el calor sensible y latente para eliminar la humedad del carbón, posterior a destilación de hidrocarburos volátiles, queda un residuo coque, una mezcla de carbón fijo y cenizas. Los hidrocarburos bien combustionados producen una combustión completa y libre de humo.

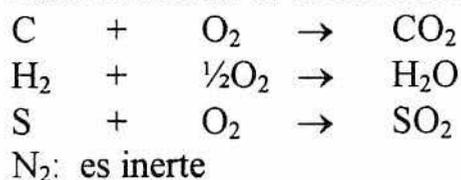
En cualquier equipo o instalación para quemar carbón se deberá mezclar en proporción adecuada el aire con las materias volátiles y mantener el tiempo necesario para lograr la combustión completa.

La combustión del carbón es complicada, conceptuándose como una oxidación incompleta formando monóxido de carbono, si se mezclara en la cantidad suficiente aire este se transformaría en bióxido de carbono.

Las reacciones de importancia industrial son:



La eliminación de la humedad presenta las siguientes reacciones:



La combustión completa da como productos gaseosos el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  provenientes del exceso de aire y  $\text{SO}_2$ . El vapor de agua proviene de la humedad del carbón, vapor producido por la combustión del hidrógeno, el vapor de agua del ambiente. La combustión incompleta produce  $\text{CO}$  e hidrocarburos en forma de gases.

La cantidad de aire a mezclar debe calcularse como el requerido para suministrar oxígeno que se combine con los átomos de combustible y el exceso para completar la combustión en caso sea necesario. El aire atmosférico se

compone de 21% de oxígeno y 79 % de N<sub>2</sub>, este gas es inerte y absorbe calor, produciendo un decremento en la eficiencia térmica.

1 m<sup>3</sup> de oxígeno produce 1m<sup>2</sup> de bióxido de carbono, tratándose de un carbón puro, o sea 21% en volumen.

En la práctica este porcentaje es menor. Se considera un 14% de producción de CO<sub>2</sub> eficiente.

## **VII.4. PERSPECTIVAS DE UTILIZACION INDUSTRIAL: INDUSTRIA DEL CEMENTO, SIDERURGIA, CENTRALES TERMICAS**

### **VII.4.1 INDUSTRIA DEL CEMENTO**

El primer paso en la fabricación del cemento es la mezcla de buen número de materias primas, de las cuales la caliza es la mayoritaria, seguida por arcilla, o el caolín en el caso del cemento blanco, y en menores proporciones por márgas, arenas silíceas y piritas u otros minerales de hierro. La calcinación del crudo en grandes hornos rotatorios produce el clínker. Éste, una vez molido y mezclado con yeso (que actúa como retardante del fraguado), escorias, y/o cenizas, da lugar al cemento

Los aspectos técnicos más importantes a considerar en una conversión (carbón reemplazando el petróleo) se pueden resumir en:

- Características del carbón a utilizar.
- Innovaciones y reformas a efectuar en las fábricas.
- Repercusiones del uso del carbón en el proceso.

### **USO DEL CARBON MINERAL**

Para el uso del carbón mineral se recomienda tener en cuenta los siguientes cambios para su realización :

- a) Almacenamiento: Será necesario un sistema adecuado, el que involucra mayor espacio disponible y un equipo especial para el transporte.
- b) Preparación mecánica: Será necesario un sistema especial para pulverizar el carbón, es decir, se requiere de un equipo de molienda (malla 170 ASTM), es indispensable un equipo de pre-secado y otro de aire para pulverizar y atomizar el carbón en polvo.
- c) Sistema de inyección al horno: Será necesario el cambio de l sistema de inyección al horno, así como el tipo de quemador.

Cuadro N° : MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN 1998

Materia prima	TM Utilizadas
Caliza	950.000
Arcilla	73.000
Arena	105.000
Hierro	13.000
Yeso	49.000
Carbón	93.000

Fuente: Cementos Norte Pacasmayo

### CARBON COMO COMBUSTIBLE

El carbón como combustible en la fabricación de cemento tiene dos puntos de utilización básicos:

- 1.- En hogares para producir gases calientes o emplear en el secado de la materia prima en molinos de crudo.
- 2.- En los hornos, tanto en el mechero principal como en los mecheros de los precalcinadores.

Las plantas de cemento en el Perú, utilizan como fuente de energía para el quemado y formación del clinker en el horno, petróleo R 6.

Este combustible se ha utilizado desde la creación de las plantas. En términos generales es de calidad aceptable, así pues tiene un poder calorífico neto de aproximadamente 9.700 Kcal/kg. petróleo y un porcentaje de azufre menor al 3%.

### CALIDAD DEL PRODUCTO REQUERIDO

Es necesario que el carbón tenga un grado de homogenización suficiente. La entrada en fábrica de un carbón ya homogenizado evitaría unas elevadas inversiones en planta o bien alteraciones constantes en la dosificación del crudo. Se han utilizado carbones muy variados en la industria del cemento, además del citado grado de homogenización, es aconsejable que el carbón cumpla con ciertas exigencias, las mismas se detallan en la siguiente tabla.

Tabla N° : EXIGENCIAS MINIMAS DE UN CARBON EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

PROPIEDAD	CARACTERISTICAS / RANGOS
Potencia calorífica	Debe ser la máxima posible. Valor mínimo aceptable: 6000 Kcal/kg
Humedad	Valor medio: 1400 Kcal/kg de agua evaporada
Triturabilidad	Mínimo: 55 Indice de Hardgrove Ideal: 70
Granulometría	En la entrada, tamaño máximo : 60 mm En la salida: - en malla ASTM 170, 15% de rechazo, - en malla 70 ASTM posible ningún rechazo
Volátiles	Limite inferior: 18%
	Limite superior: 22%
Cenizas	La variación en su composición debe ser mínima
Azufre	Valores máximos: 1,5 – 1,8% sobre muestra seca

Es conveniente que cada fábrica de cemento tenga su propia planta de tratamiento de carbón, por las características tan riesgosas que presente el carbón pulverizado y resultando su transporte muy costoso, debido principalmente a la localización de dichas fábricas a lo largo del país.

El Perú posee un potencial carbonífero considerable, pero fatalmente su explotación en la actualidad es reducida y poco técnica.

#### SELECCION DEL CARBON A USARSE

Todos los carbones pueden ser empleados como combustible para la producción de clinker en los hornos de las fábricas de cemento. El contenido de volátiles debe estar comprendido entre: 17 y 24%; en la práctica se usa valores entre 10 y 35%. En el uso de carbones con un contenido extremadamente alto de cenizas, este puede ser adicionado de otro de alta calidad de proporción variable.

#### VII.4.2 INDUSTRIA SIDERURGICA

La producción mundial de acero es actualmente de alrededor de 750 millones de toneladas por año y se espera un incremento constante. Casi el 70% de la producción total se basa en la fundición de mineral de hierro en altos hornos para luego refinarlo y convertirlo en acero predominantemente en hornos de refinación de mineral a base de oxígeno. Un alto horno utiliza mineral de hierro, coque (hecho a partir de carbón), pequeñas cantidades de caliza y, en los casos en donde se utiliza la inyección de carbón pulverizado (PCI), se utiliza carbón térmico pulverizado o granulado.

El mineral de hierro, explotado en muchos países, contiene óxidos de hierro.

Las concentraciones comerciales del mineral contienen normalmente porcentajes de hierro o de compuestos ferrosos de al menos 58%. La mayoría del mineral que alimenta el horno es finamente pulverizado y luego mezclado y calentado con finos de coque para así formar un producto sinterizado. Luego se agregan pequeñas cantidades de mineral natural o granulado.

El carbón es procesado en baterías de hornos de coque. La mezcla de carbón, triturada a un tamaño de 3 mm, se agrega por la parte superior de los hornos y se calienta sobre 12000C durante un periodo de 18-20 horas. El contenido de volátiles del carbón sale como gas de coque, el cual es primero limpiado para remover las impurezas y obtener subproductos tales como alquitrán y benzol; los gases se usan para el calentamiento de los mismos hornos y como combustible de procesos asociados con la fundición. El coque calentado al rojo es empujado fuera de los hornos, enfriado y tamizado para remover los tamaños menores. El material de mayor tamaño, por encima de los 30 mm. va a los altos hornos donde: - Suministra carbono como agente reductor, removiendo el oxígeno del mineral; - Suministra el calor para fundir el hierro; - Actúa como una capa de apoyo permeable que soporta la carga y a la vez permite que los gases reductores pasen a través de éste.

El hierro fundido ó metal caliente es periódicamente tomado del fondo del alto horno y llevado directamente al horno de refinación del mineral a base de oxígeno. Al metal líquido, el cual tiene 93-95% de hierro puro en esta etapa, se le agregan desechos de acero y piedra caliza y se le inyecta oxígeno. La reacción con el oxígeno eleva la temperatura a 1600-16500C y oxida las impurezas para dejar acero líquido casi puro.

Cerca de 30% de la producción mundial de acero, se lleva a cabo en hornos de arco eléctrico, los cuales funden los desechos de hierro y acero. Mucha de la electricidad usada en los hornos de arco eléctrico es generada por plantas a base de carbón.

Se están desarrollando nuevos procesos para la reducción directa de hierro (RDH), con lo cual se eliminan los altos hornos y los hornos de coque, así como la necesidad del costoso carbón coquizable.

### **SIDERURGICA DE CHIMBOTE (ACERCO)**

Según el experto de Naciones Unidas Dr. Roccatagliata (1986) las antracitas peruanas son ligeramente peores de las pensilvanianas debido a su granulometría mas fina, menor contenido de hidrógeno y mayor de oxígeno lo que incrementa la temperatura de ignición. Estas diferencias según dicho experto no deberían impedir la utilización de tecnología norteamericana.

Una de las pocas experiencias de la utilización semi - industrial de la antracita ha sido el gasógeno Wellman-Galusha que se instaló en la Siderúrgica de Chimbote.

La planta piloto para la reducción directa de SIDERPERU utilizaba el carbón granulado y el cisco (finos).

La antracita nacional podrá resultar competitiva siempre y cuando, se logre prepararla para los procesos requeridos y asegure su suministro masivo a un precio razonable. En el caso de cumplir estas condiciones se podrá reducir el precio de la energía y bajar los costos del hierro esponja. Asimismo, se demostrará que el potencial carbonífero de los yacimientos cercanos a Chimbote cubrirán las necesidades ampliadas de SIDERPERU (ACERCO) durante decenios y que la calidad de la antracita será alta y el precio bajo.

### **VII.4.3 LAS CENTRALES TERMICAS Y SU PROBLEMÁTICA MEDIOAMBIENTAL**

Nosotros nos centraremos en las centrales térmicas convencionales o clásicas. Nos referimos mediante este término a las centrales que utilizan combustibles fósiles como materia prima, es decir, carbón, fuel y gas natural. En términos de producción de energía eléctrica, la única diferencia entre las centrales nucleares y las térmicas convencionales es la manera de generar el vapor para activar las turbinas. En las centrales nucleares el calor se produce por la fisión nuclear en un reactor, mientras que en las centrales convencionales el vapor se genera por la combustión del carbón o de derivados del petróleo.

(Figura N° 1.- Central térmica convencional accionada con carbón)

En las centrales térmicas convencionales, la energía química ligada por el combustible fósil (carbón, gas o fuelóleo) se transforma en energía eléctrica. Se trata de un proceso de refinado de energía. El esquema básico de funcionamiento de todas las centrales térmicas convencionales es prácticamente el mismo, independientemente de que utilicen carbón, fuelóleo o gas. Las únicas diferencias sustanciales consisten en el distinto tratamiento previo que sufre el combustible antes de ser inyectado en la caldera y el diseño de los quemadores de la misma, que varía según el tipo de combustible empleado.

En el caso de una central térmica de carbón, el combustible se reduce primero a un polvo fino y se bombea después dentro del horno por medio de unos chorros de aire precalentados. Si es una central térmica de fuelóleo, el combustible es precalentado para que fluidifique e inyectado posteriormente en quemadores adecuados a este tipo de derivados del petróleo. Finalmente, si se trata de una central térmica de gas, tenemos otro tipo de quemadores específicos. En definitiva, la energía liberada durante la combustión en la cámara de la caldera, independientemente del tipo de combustible, hace evaporarse el agua en los tubos de la caldera y produce vapor.

El vapor de agua se bombea a alta presión a través de la caldera, a fin de obtener el mayor rendimiento posible.

Este vapor entra a gran presión en la turbina a través de un sistema de tuberías. La turbina consta de tres cuerpos; de alta, media y baja presión respectivamente. El objetivo de esta triple disposición es aprovechar al máximo la fuerza del vapor, ya que este va perdiendo presión progresivamente. Así pues, el vapor de agua a presión hace girar la turbina, generando energía mecánica. Hemos conseguido transformar la energía térmica en energía mecánica de rotación.

El vapor, con el calor residual no aprovechable, pasa de la turbina al condensador. Aquí, a muy baja presión (vacío) y temperatura, el vapor se convierte de nuevo en agua, la cual es conducida otra vez a la caldera a fin de reiniciar el ciclo productivo. El calor latente de condensación del vapor de agua es absorbido por el agua de refrigeración, que lo entrega al aire del exterior en las torres de enfriamiento.

#### **VII.4.3.1. CENTRAL TERMOELECTRICA EN EL PERU**

El primer proyecto energético independiente integrado al sistema eléctrico interconectado del sur peruano será la ejecución de una planta de energía termoeléctrica a carbón en la ciudad de Ilo., esta planta alcanzará una capacidad total de generación de 464 megavatios, lo que la convertirá en una de las principales fuentes energéticas de la mayor región minera del país.

Enersur, la subsidiaria de la multinacional belga Tractebel, construirá la central termoeléctrica a carbón Ilo II, a 25 kilómetros al sur del puerto de Ilo, y que se estima permitirá reducir el costo de las tarifas eléctricas en 9%.

Las operaciones en estas unidades tienen el siguiente cronograma:

La primera unidad entrará en operación comercial en octubre del año 2000, la segunda en abril del 2002 y la tercera también en el 2002. Cada una tendrá una potencia efectiva de 125 MW, calculados en base a las proyecciones sobre la demanda.

#### **VII.4.3.2 PROBLEMAS MEDIO AMBIENTALES EN LAS CENTRALES TÉRMICAS**

En las Centrales Térmicas nos podemos encontrar, en lo que a medio ambiente respecta, los siguientes inconvenientes:

- Extracciones.- En el caso de utilizarse carbones, el número de interacciones con el medio ambiente es mayor que en el caso del fuelóleo o del gas natural.

Este hecho se debe a los problemas que el carbón añade para su extracción, almacenamiento y la utilización de residuos de dicho combustible fósil. Tanto las explotaciones a cielo abierto como las subterráneas presentan repercusiones medio ambientales.

Algunos de estos problemas son:

- Descenso del nivel de agua subterránea alrededor de la explotación.
- Desescombrados de las capas situadas por encima del carbón.
- Daños a tierras de cultivo.
- Daños a bosques.
- En ocasiones, es necesario destruir poblaciones.

Sin embargo, estas repercusiones a menudo se tratan de minimizar. Las acciones a realizar por parte de los explotadores, en conjunto a veces con la Administración, suelen ser programas de recultivo y reforestación, así como un adecuado plan urbanístico si existen poblaciones que se ven afectadas, como puede ser el caso de la Central Térmica Weisweiler en Alemania (Fig. N°2). Esta instalación, es un claro ejemplo de una central que ha tenido que dar soluciones al problema de la extracción de carbón, concretamente de lignito.

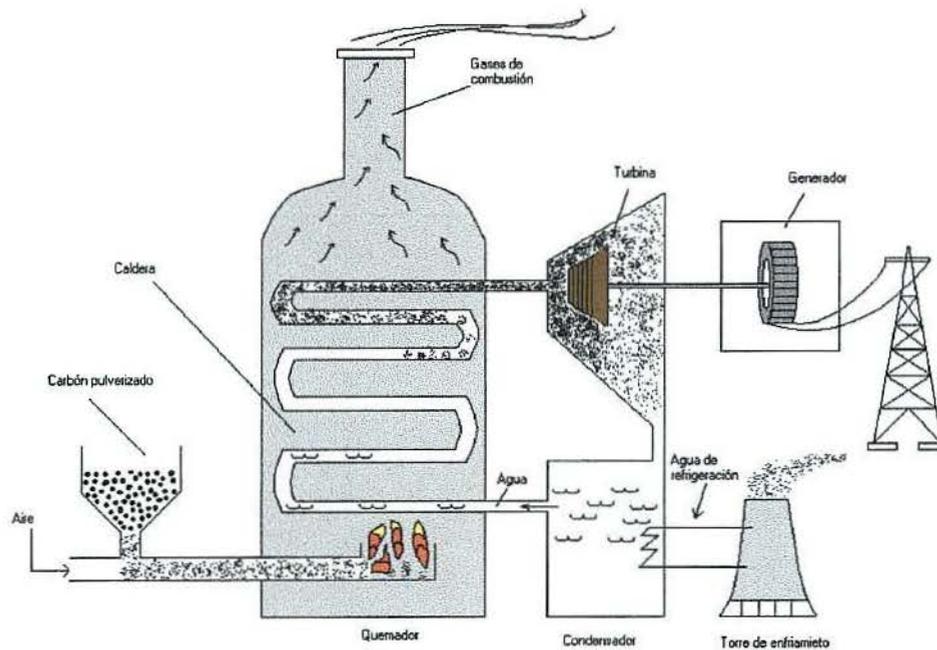


Fig. N°1: Esquema de una Central térmica a carbón



**Fig. N°2: Central térmica de Weisweiler en Alemania**

- Emisiones, causa principal de la contaminación.- El aspecto más importante de la incidencia de una central térmica en el medio atmosférico consiste en las emisiones de partículas y gases. En concreto, las emisiones son de:

Óxidos de Azufre ( $\text{SO}_2$  y  $\text{SO}_3$ ).

Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ).

Óxidos de Carbono ( $\text{CO}$  y  $\text{CO}_2$ ).

Partículas en suspensión y sedimentables.

- Contaminación Térmica.- La mayor parte del calor residual producido es eliminado en el condensador mediante el agua de refrigeración.

En las Centrales Térmicas se producen descargas de tipo térmico. Es decir, efluyen aguas residuales que podrían ocasionar una eventual contaminación térmica del medio hídrico receptor.

- Contaminación Acústica.- La aplicación de las mejoras de limitación sonora, no se ha hecho de manera generalizada, sino que cada central ha realizado modificaciones de mayor a menor extensión, dependiendo de sus condiciones específicas.

- Vertidos Químicos.- Las procedencias son de la generación de vapor, de la refrigeración ya comentada, del tratamiento y depuración del agua de alimentación, del manejo de cenizas por vía húmeda, etc.

También se producen efluentes líquidos con otros usos del agua, de forma intermitente. Las procedencias son de la generación de vapor, de la refrigeración, del tratamiento y depuración del agua de alimentación, del manejo de cenizas por vía húmeda, etc.

#### **VII.4.4 CONSUMO DE CARBÓN MINERAL EN LA INDUSTRIA LADRILLERA**

Según estudios efectuados en la última década de los años 90 el consumo de carbón, considerando las principales ladrilleras el tonelaje de petróleo se encuentra en una relación de 1:1.5 del tonelaje de carbón antracita.

El mayor consumo se ubica en la ciudad de Lima.

El consumo en ladrilleras artesanales es mayor.

La demanda proyectada para el año 2000 determina un consumo potencial de petróleo (TM) sustituido y equivalente a 1,5 veces del tonelaje de carbón lográndose con la expansión de la tecnología utilizada, su mejoramiento y optimización en la utilización.

#### **PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS DEL CARBÓN MINERAL REQUERIDAS PARA LA QUEMA DE LADRILLOS DE ARCILLA**

Las características físicas y químicas del carbón mineral, se determinaron de acuerdo a su aplicabilidad.

A continuación se describe los métodos y técnicas utilizadas para sus determinaciones analíticas, para tal efecto los análisis están adaptados a los carbones peruanos según normas A.S.T.M.

- Ensaye granulométrico para la determinación del tamaño más adecuado.- La industria ladrillera de hornos abiertos, por sus sistema de distribución manual, requiere de un carbón de tamaño específico.

El tamaño de carbón a utilizarse debe presentar gránulos de ½" (1,27 cm) y finos menores de 0,01 mm., siendo el tamaño que combustiona bien, bajo ciertas condiciones y a la vez económico.

Los ladrillos quemados con carbones de ½" se cuecen bien aparentemente, para tal efecto se realizan ensayos de resistencia a la compresión.

Los carbones mayores de ½" no combustionan completamente.

- Ensaye del carbón o carbones como materia combustible.
- Mezcla de carbones para optimizar su calidad.
- Fijar los términos de calidad de carbón partiendo de sus propiedades fisico-químicas.
- Determinación del consumo de aire por kg de carbón a combustionar.

#### **VII.5. LAS NUEVAS TECNOLOGIAS ENERGETICAS Y PERSPECTIVAS DEL GAS**

Dentro de las nuevas tecnologías energéticas, destacan las técnicas de uso "limpio" del carbón. Comprenden diversos sistemas avanzados de combustión y

de optimización en el aprovechamiento de la energía resultante. La aplicación de estas técnicas conduce a una reducción significativa de las emisiones.

### VII.5.1 COMBUSTION DE LECHO FLUIDO.

Es una tecnología que permite una utilización más eficiente y limpia del carbón en las **centrales térmicas**.

Consiste en efectuar la combustión del carbón en un lecho compuesto por partículas de este combustible, sus cenizas y un absorbente alcalino, generalmente caliza, que se mantiene suspendido por la acción de una corriente de aire ascendente. De esta forma, el conjunto tiene la apariencia de un líquido en ebullición. Con ello, se obtiene un mejor rendimiento en el proceso de combustión, al haber una mayor superficie de contacto entre el aire y las partículas reaccionantes. El aspecto más positivo es que se produce una fuerte reducción de las emisiones de gases a la atmósfera.

Hay dos tipos fundamentales de combustión en lecho fluido: la tecnología de lecho fluido atmosférico y la tecnología de lecho fluido a presión.

Por un lado, con la tecnología de lecho fluido atmosférico se logra unos niveles de reducción de emisiones de  $\text{SO}_2$  de entre un 60% y un 90%, así como disminuciones apreciables en las de  $\text{NO}_x$  y  $\text{CO}_2$ . Vemos que tiene una alta capacidad para la retención del azufre.

Por lo que se refiere a la tecnología de lecho fluido a presión, las emisiones de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$  son también inferiores a las que se generan en una central convencional. Dadas las limitaciones fijadas por las leyes de la termodinámica, el rendimiento en las centrales térmicas no puede sufrir una mejora substancial. Actualmente, menos del 40% de la energía producida por combustión se transfiere finalmente como energía eléctrica. El resto se desperdicia principalmente como calor residual. Con la tecnología de lecho fluido a presión se pueden conseguir niveles de eficiencia superiores al 40%.

### VII.5.2 GASIFICACIÓN.

Se trata de una tecnología avanzada mediante la cual el carbón u otros combustibles, como biomasa, madera, fuelóleo, se convierten en un gas combustible limpio con un poder calorífico bajo o medio.

En general, puede efectuarse de dos formas. La primera opción consiste en transformar el carbón en gas una vez que éste es extraído de la mina, para lo cual se inyecta en un reactor oxígeno junto con el carbón para generar un gas apto para ser quemado en una central. La segunda opción es una gasificación "in situ" o subterránea, es decir, inyectando oxígeno directamente en el yacimiento.

### **VII.5.3 CICLO COMBINADO DE GAS NATURAL Y CARBÓN**

Consiste básicamente en alimentar a una caldera de carbón pulverizado con los gases de descarga de una turbina de gas natural. Aparte de aprovechar la potencia generada por la turbina de gas, utilizamos los gases de escape de la turbina de gas para introducirlos en la caldera de carbón y así, mejorar el rendimiento del conjunto. Es posible su explotación con gas natural, con carbón o con el uso combinado de ambos combustibles.

La tecnología de gasificación de carbón está consiguiendo en los últimos años resultados muy positivos cuando se encuentra acoplada a un ciclo combinado, es decir, a sistemas que permiten el aprovechamiento de una turbina de vapor y una turbina de gas. Este sistema se conoce con el nombre de Ciclo Combinado con Gasificación de Carbón Integrada (IGCC), que constituye una tecnología de combustión limpia de carbón con una elevada eficiencia energética.

Las ventajas medioambientales de la generación de electricidad por IGCC consisten en la obtención de unas emisiones muy bajas de  $\text{SO}_2$  y de partículas, lo que hace posible consumir carbones de alto contenido en azufre y baja calidad.

## **CONVERSIÓN DEL CARBÓN**

### **VII.6. ELABORACION DE COQUE METALURGICO CON CARBONES PERUANOS**

#### **VII.6.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

El coque es un residuo poroso que se obtiene al someter carbones bituminosos de tipo adecuado, a un proceso de carbonización a alta temperatura fuera del contacto con el aire, hasta alcanzar el desprendimiento de casi todas las materias volátiles, quedando un producto final constituido en su mayor proporción por carbono fijo, con adición de pequeñas cantidades que no exceden de 2 – 3 %, de hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, y además las sustancias incombustibles que formarán las cenizas; también el coque contiene agua en proporciones que varían según el método seguido durante la manufactura para el apagado a la salida de los hornos. Los poros que dan aspecto intumesciente al coque, se deben al desprendimiento de gases de la masa pastosa que se prepara en las primeras fases de su elaboración.

Los constituyentes más nocivos en el coque son las cenizas, el azufre y las materias volátiles, incluyendo el agua; como el rendimiento en coque es solo de 2/3 a 3/4 del carbón empleado en su manufactura, el contenido original de cenizas aumenta proporcionalmente, por tal razón se hace preciso depurar el carbón antes de coquizarlo, triturándolo y lavándolo, para remover en lo posible las

partículas de pizarra, piratas y demás materias extrañas, procurando que las cenizas en el coque no excedan el 10% al final.

Cuando el coque es producido mediante un proceso rápido y a temperatura relativamente baja como cuando se trata de producir gas, el coque resultante es de un color negro mate de apariencia esponjosa y de textura semejante a la piedra pómez; se enciende con relativa facilidad, aunque menos pronto que el carbón bituminoso y puede ser quemado en hogares abiertos, pero cuando se obtiene mediante la aplicación del calor en forma continua y prolongada, como sucede cuando se trata de producir coque metalúrgico, el producto es más duro y denso, afectando a veces la estructura prismática; en los coques de mejor calidad de este tipo, el producto es de color gris plateado brillante, con lustre semi-metálico, es buen conductor del calor y electricidad y solo puede ser quemado en hogares de fuerte tiro.

El coque es un carbón parcialmente grafitizado, siendo su densidad intermedia entre la del carbón y la del grafito, por tal razón debería ocupar menos espacio que el carbón, pero debido a su naturaleza esponjosa, un volumen dado de coque es menos pesado que un volumen igual de carbón.

Se debe considerar en el coque, su densidad aparente y su densidad verdadera. La densidad aparente del coque se determina por medio del conocido aparato llamado hidrómetro; deben observarse ciertas precauciones para medir la densidad aparente del coque, las pruebas deben efectuarse sobre trozos del mismo tamaño y de la misma forma aproximadamente; al sumergirse las muestras en el hidrómetro, deben ser movidas varias veces de arriba a abajo, para remover las burbujas; las muestras de coque por su gran porosidad no deben permanecer más de 5 minutos en el agua y deben someterse a un secado previo antes de realizar las pruebas de densidad. Para determinar la densidad verdadera del coque, se usa el picnómetro, también muy conocido, en el que se opera pulverizando previamente la muestra. Es esta combinación de propiedades que le da al coque la importancia especial que tiene en la fundición de minerales de fierro, por ser sustancia suficientemente densa para resistir la oxidación por el bióxido de carbono en las partes más elevadas del horno, en tanto que su estructura vesicular le da una extensa superficie para la acción del aire calentado y facilita su ingreso por las toberas.

El rendimiento en coque puede variar mucho según la clase de carbón en bruto que se use como materia prima y también según el método seguido en su manufactura; en condiciones muy desfavorables y empleando carbón de inferior calidad, el rendimiento puede alcanzar tan solo a 25%, mientras que en otros casos puede obtenerse 50% y hasta 75% de coque.

La composición del coque varía dentro de los límites siguientes:

Carbono fijo.....	90 a 95%
Cenizas.....	2,5 a 5,0%
Agua.....	5,0 a 10,0%

La mayor parte de los elementos minerales constituyentes del carbón permanecen en el coque, incorporados en las cenizas; entre dichos elementos queda el residuo de azufre que no se desprendió en forma gaseosa durante la carbonización; se considera que generalmente queda en el coque la mitad del azufre contenido en el carbón original, que puede encontrarse en la forma de sulfuro mineral, como la pirita o bien como azufre orgánico proveniente de los vegetales que originaron el carbón o por último en la forma de sulfatos, en pequeñas cantidades.

### **VII.6.2. CARBONES COQUIZANTES Y NO-COQUIZANTES**

No todos los carbones bituminosos son susceptibles de producir coques de buena calidad al ser sometidos a los procesos especiales de carbonización que se emplean en la elaboración de dicho producto; carbones de constitución química muy semejante acusada por sus análisis, difieren en los resultados correspondientes en sus respectivas pruebas de coquización, de manera que no hay relación directa entre la composición elemental de un carbón y su capacidad de ser coquizado; la aptitud para producir coque de calidad aceptable se determinaba antes para cada tipo de carbón según su procedencia.

Se ha llegado a explicar el diferente comportamiento de carbones correspondientes al mismo tipo según su clasificación química, pero que difieren en cuanto a la constitución petrográfica de sus elementos componentes, lo que permite ya en algunos casos, aumentar la gama de los carbones aprovechables, mediante procedimientos de preparación mecánica y mezclas de las diversas fracciones en proporciones adecuadas para obtener pastas, en las que se han corregido previamente las condiciones adversas de los carbones brutos y que después de ser briqueteados, pueden ser sometidos al proceso de coquización en hornos, y rendir productos de buena calidad.

La resistencia y las propiedades cohesivas del coque, están también íntimamente relacionadas con la naturaleza de los carbones que se emplean en su elaboración, pudiendo ser o no conglutinantes ("caking" or "no caking" coals), según sea el grado de compacticidad o fragmentación del coque que producen.

Los carbones aparentes para coquización, son los que se caracterizan por sus buenas propiedades aglutinantes y bajo contenido en cenizas; los mejores carbones para coque, son los que tienen de 20 á 30% de materias volátiles cuando se destilan a 900°C. Los carbones de coque al ser calentados se hinchan y después de pasar por un estado muy marcado de intumescencia, dejan un residuo poroso muy coherente, que es lo que constituye el coque.

Otros carbones que al contrario no presentan señal de intumescencia al ser calentados y dejan un residuo incoherente, son los carbones del tipo "no-

coquizante” y pueden ser ricos en oxígeno y arden con llama larga, o bien ricos en carbono y entonces arden con llama corta y sin humo; entre estos extremos, hay tipos intermedios que pueden tener propiedades más o menos “coquizantes”.

Solo los carbones que dan un coque resistente a las presiones y sacudidas pueden ser considerados en la categoría de buenos carbones “coquizantes”.

### **VII.6.3 COQUE FLUIDO**

El coque fluido (fluid coke) es una materia combustible derivada de los residuos pesados que se producen en las refinerías de petróleo y que es enteramente diferente del producto conocido convencionalmente con el nombre “coque de petróleo”. El coque fluido está constituido por partículas duras, redondeadas de tamaños bastante uniforme, resistentes al rozamiento, que se asemejan a las “arenas negras”. El nombre de coque fluido, se debe a que en su elaboración se emplea una técnica llamada de “sólidos fluidificados” (fluidized solids), que permite a los sólidos fluir en una corriente de aire o de vapor de petróleo, de la misma manera que fluyen los líquidos. El coque fluido también se caracteriza por ser muy limpio, en comparación con la mayoría de las sustancias carbonosas.

## **VII.7. EL CARBON EN EL AMBIENTE**

Aunque actualmente la industria del carbón es más limpia, eficiente y con mayor conciencia ambiental, continúa la lucha para dejar la falsa imagen que viene del pasado. El carbón carga el estigma injustificable de ser un combustible sucio, contaminante, al recordar las nubes de humo negro de las chimeneas. Hoy, sin embargo, esto debe quedarse en los libros de historia. El carbón puede ser quemado limpia y efectivamente en todo el mundo, usando tecnologías que están permanentemente mejorando.

El desarrollo del mundo moderno está basado en la disponibilidad de energía calórica, electricidad y el mejoramiento de los medios de transporte. Se han desarrollado tecnologías para mejorar el desempeño ambiental de los procesos que usan carbón, por ejemplo, el uso de precipitadores electrostáticos y/o filtros de mangas para que las plantas no emitan más humo y polvo negros.

Las modernas tecnologías que se desarrollan en la actualidad permiten aún mayores reducciones de emisiones durante las distintas etapas de combustión ó gasificación.

El incremento en los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera puede ser atribuido a la combustión de combustibles fósiles, a la deforestación, la industria de cemento y a cambios en las prácticas de labores agrícolas.

Sin embargo, el CO<sub>2</sub> no es el único gas que contribuye al incremento del efecto invernadero. La concentración atmosférica de metano es hoy más del doble que la de hace 200 años.

## **VII.8. EL CARBON PARA USO DOMESTICO - BRIQUETAS DE CARBON**

En 1980 la Pontificia Universidad Católica del Perú - PROCARBON (empresa estatal promotora de carbón) - USAID (Agencia Interamericana de Desarrollo de los Estados Unidos) inician el Proyecto Carbón.

Este proyecto de utilización de la antracita fue para ampliar el mercado para el cisco, la tarea principal era la introducción en el Perú de las briquetas "tipo coreano", hechas con finos de antracita aglomerados bajo presión por arcillas, de forma cilíndrica de 150 mm de diámetro y 75 mm de altura con 22 agujeritos para facilitar la combustión. A pesar que se logró elaborar este tipo de briquetas con los finos de antracita peruana, su éxito comercial ha sido muy magro.

La gran ventaja de este proyecto es la gran tolerancia con respecto a las cenizas.

Los primeros trabajos de difusión se llevaron a cabo en el Callejón de Huaylas, zona productora de carbón luego se extendió a Villa El Salvador y Puente Piedra.

El Proyecto Carbón a partir de 1989 pasó a ser un Programa de Desarrollo Tecnológico de equipos domésticos, comerciales e industriales que emplean carbón como combustible; se busca que el año 2000 se alcancen las siguientes metas:

- Cubrir el 25% de los requerimientos energéticos del sector industrial y el 30% de los requerimientos del sector residencia y comercial con equipos que funcionen empleando carbón como combustible.
- Incluir el empleo eficiente de los residuos de carbón o finos mediante la aplicación de técnicas de aglomeración.

## CAPITULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### VIII.1. CONCLUSIONES

#### GEOLOGIA DE LOS CARBONES PERUANOS

##### *- Geología y paleogeografía de las series con carbón*

\* En las cuencas Paleozoicas la serie sedimentaria que contiene carbón es la del Grupo Ambo (Mississippiense) de origen continental, en el cual se ha reconocido una serie productiva de unos 100 m de potencia, conteniendo 8 horizontes con carbón de 0,10 a 1,3 m de espesor (zona de Paracas).

\* Los carbones Mesozoicos se originaron en las subcuencas de la "Cuenca Oeste Peruana" durante los periodos de emergencia en el Jurásico Superior y Cretácico Inferior. El desarrollo de las cuencas tuvo lugar de sur a norte, como la cuenca de Yura (Calloviense) y los más jóvenes al norte en el Grupo Goyllarisquizga (Neocomiense).

\* Las facies del Grupo Goyllarisquizga (Neocomiense) son las que contienen las series productivas con carbón. Así, las "facies occidentales" conformado por las Formaciones Oyón y Chimú contienen tres serie productivas definidas. La primera serie de unos 250 m de potencia conformada por areniscas blancas intercaladas con lutitas contiene hasta 9 niveles carbonosos de 0,3 a 3,0 m de espesor, localizados en la parte media-superior de la Formación Oyón (Berriasense) distribuidas en las cuencas de Oyón y Santa. La segunda serie de unos 500 m de potencia constituidas por cuarcitas, limolitas y pizarras contiene 5 niveles importantes con carbón de 0,8 a 4,0 m de espesor, situados en la parte inferior de la Formación Chimú (Valanginiense Inferior) en las cuencas de Santa y Alto Chicama. La tercera serie de 400 m de potencia conformado por cuarcitas y pizarras, también de edad Valanginiense Inferior, contiene 10 niveles carbonosos de 0,2 a 4,0 m de espesor, encajonados en la parte media-superior de la Formación Chimú identificado en la cuenca de Alto Chicama.

\* En general, las cuencas con carbón de las "facies occidentales" del Grupo Goyllarisquizga (Oyón, Santa y Alto Chicama) corresponden a una sola gran cuenca que progresa del centro hacia el norte del Perú.

\* En las "facies orientales" del Grupo Goyllarisquizga se han reconocido 2 series productivas conteniendo capas de carbón. Una serie constituida por areniscas blancas cuarzosas intercaladas con lutitas contiene 4 horizontes de

carbón importantes de 1 a 3 m de espesor, localizado en la parte inferior del Grupo (cuenca de Goyllarisquizga). La segunda serie constituida por 20 m de intercalaciones de areniscas, limolitas y lutitas contiene 6 capas carbonosas de 0,2 a 1,7 m de espesor, localizados en la parte superior del mismo Grupo (cuenca de Jatunhuasi).

\* El Grupo Goyllarisquizga se habría originado por la progradación de un gran delta que se iniciaba en el borde oeste del "Geoanticlinal de Marañón" y que avanzaba hacia la "Cuenca Oeste Peruana". Los sedimentos que formaban este delta procedían del "Geoanticlinal del Marañón" y en menor grado del Escudo Brasileño y de la Guayana. Las "facies occidentales" presentan mayor subsidencia y las "facies orientales" menor subsidencia, generadas próximas al "Geoanticlinal del Marañón".

\* Las cuencas Cenozoicas se habrían generado en cuencas tipo "traspáis" (cuencas Tumbes y Piura) y "antepaís" (cuenca Loreto) de carácter parálicas mientras que otras, en cuencas intramontañosas límnicas (cuenca Yanacancha).

\* La cuenca de Yanacancha presenta un único horizonte carbonoso de 8 m de espesor donde se distribuyen capas de carbón inferiores a 0,5 m de espesor intercaladas con lodolitas, chert y tobas arcillosas.

\* En la cuenca de Tumbes la serie productiva de 10-15 m de potencia constituida por areniscas y lutitas contiene de 4 a 5 capas de lignitos de 0,1 a 1 m de espesor, encajonados en la Formación Zorritos (Mioceno).

#### ***- Tipo, origen y ambiente deposicional de los carbones***

\* En general, los carbones Paleozoicos, Mesozoicos y Cenozoicos son de tipo húmico y de origen autóctono a alóctono.

\* Por su posición paleogeográfica, las cuencas Paleozoicas corresponderían a cuencas de carácter límnicas, las Mesozoicas y Cenozoicas parálicas, a excepción de algunas cuencas Cenozoicas de carácter intramontañosa límnic.

\* Las series productivas con carbón de las cuencas Paleozoicas, Mesozoicas y Cenozoicas se habrían originado fundamentalmente en ambientes deltaicos con influencia de aguas salobres y dulces en condiciones climáticas húmedas.

\* En general, los carbones de las cuencas Paleozoicas, Mesozoicas y Cenozoicas están conformados principalmente por el grupo maceral vitrinita seguido en menor proporción por el grupo liptinita e Inertinita. Los vegetales que dieron origen a los carbones peruanos corresponden a plantas terrestres constituidos por restos de árboles, tallos y material herbáceo.

**- Rango de los carbones y su distribución**

\* Los carbones de las cuencas Paleozoicas y Mesozoicas han alcanzado un alto rango desde bituminosos hasta antracitas/meta-antracitas. Los carbones de las cuencas Cenozoicas son de bajo rango de lignitos a sub-bituminosos.

\* La distribución del rango de los carbones a nivel regional muestra una zonación bien definida en franjas paralelas a los andes. Una "franja antracítica/meta-antracítica" próxima a las grandes intrusiones ígneas en el borde oeste de los andes, donde se localizan los carbones de las cuencas de Santa, Alto Chicama y del sector oeste de Oyón y Yura. La otra franja paralela a la anterior, es la "franja bituminosa" que se sitúa hacia el este y en ella se localizan los carbones del sector este de las cuencas de Oyón y Yura y los carbones de las cuencas de Goyllarisquizga y Jatunhuasi.

\* El alto rango de los carbones Mesozoicos es consecuencia de un metamorfismo térmico que provocó una carbonificación regional el cual se sobreimpuso a una evolución inicial de los sedimentos por subsidencia normal. Este metamorfismo se originó por la influencia térmica de los emplazamientos de los grandes cuerpos intrusivos del "Batolito de la Costa" y del "Batolito de la Cordillera Blanca" durante la orogenia andina, como consecuencia de la colisión y de los subsecuentes procesos de subducción de la placa de Nazca debajo del continente Suramericano.

\* La actuación de la presión durante el proceso de carbonificación viene confirmado por la estrecha relación existente entre el rango y el grado de anisotropía óptica y el estadio de semigrafitización de los carbones más evolucionados (cuencas de Santa y Alto Chicama).

\* Los carbones de las cuencas Cenozoicas evolucionaron por subsidencia normal de las cuencas.

**- Perspectivas de explotación, exploración y reservas de carbón**

\* Las áreas promisorias para desarrollar una explotación económica corresponden básicamente a las cuencas Mesozoicas debido a que han sido más

explorados, por contener mayores reservas y mejor calidad de carbón, y en menor grado las cuencas Cenozoicas.

\* Las diversas áreas corresponden fundamentalmente a las zonas aledañas a los yacimientos reconocidos y explotados parcialmente en las cuencas de Oyón, Santa, Alto Chicama, Goyllarisquizga y Jatunhuasi.

\* A nivel del país las reservas totales se estiman en 1 040 Mt de los cuales el 78 % (810 Mt) corresponde a las cuencas Mesozoicas, el 21 % (226 Mt) a las Cenozoicas y el 0,3 % (3 Mt) a las Paleozoicas.

\* Del total de las reservas, el 88 % (922 Mt) corresponde a las reservas posibles, el 6 % (65,6 Mt) a las reservas probadas y el 5 % (47 Mt) a las reservas probables.

\* El 54 % (570 Mt) del total de las reservas, corresponden a carbones de rango antracítico/meta-antracítico, el 12 % (128 Mt) a carbones semi-antracíticos, el 9 % (100 Mt) a sub-bituminosos y el 19 % (201 Mt) a lignitos.

## **MINERIA DEL CARBON PERUANO**

\* Históricamente el Perú ha venido explotando los yacimientos de carbón de manera artesanal a pequeña escala. La década del 50 fue la época de mayor auge para la minería de carbón, llegando a exportar carbón antracítico a Francia y Argentina.

\* Los métodos de explotación que fueron aplicados en los diferentes yacimientos peruanos son: el método de Shrinkage o almacenamiento (Cocabal), el método de corte y relleno de gradines invertidos (Cocabal, La Galgada). En zonas tectónicamente disturbadas se empleó el método de gradines descendentes (Cocabal), el método Pensilvaniano Long Hole (taladros largos) en la mina Cocabal mientras que, en los mantos sub-horizontales (La Limeña, Baños Chimú y otras) el método de cámaras y pilares.

\* El yacimiento de Goyllarisquizga fue la única mina explotada sistemáticamente por la Cerro de Pasco Corporation, su explotación satisfacía las necesidades de su entorno.

\* La minería en el Perú se clasifica como artesanal y a pequeña escala. La presencia de minas artesanales, en ciertas zonas, implica considerables pérdidas

de reservas, ya que al no tener un planeamiento técnico éstas perturban el depósito generando derrumbes provocando inestabilidad para el futuro minado.

\* La minería del carbón en estos últimos años no ha incrementado los montos de producción, sin embargo el consumo de este recurso si ha tenido aumentos significativos, que hacen necesario la apertura de un mayor desarrollo y explotación de los yacimientos de carbón.

\* En el mercado internacional se estima un requerimiento de 2% anual en el rubro energético, y a la par se están desarrollando técnicas limpias para la explotación.

\* Los derechos especiales del estado cubren áreas importantes de las principales cuencas carboníferas (Oyón-Inifom, Jatunhuasi, Goyllarisquizga y Alto Chicama).

\* La perturbación tectónica genera problemas de minado y aumenta el costo de explotación al mismo tiempo que reduce el valor del producto.

\* Como la minería es a pequeña escala y artesanal, los productores solo pueden cumplir lotes pequeños e intermitentes con calidad heterogénea; los usuarios prefieren el suministro asegurado con carbón limpio y homogéneo, como respuesta a esto se observa un rubro importante de importación desplazando a nuestro producto del mercado. Al año 1998 el promedio del costo del carbón fue de \$ 49/t.

\* Las industrias se encuentran centralizadas en la costa y los yacimientos se ubican en la cordillera, con lo cual el costo de transporte es a veces mayor que el costo de explotación y el precio de cotización del carbón es variable.

## **UTILIZACION DEL CARBON PERUANO**

\* Para poder promocionar en el Perú el uso del carbón nacional se necesita desarrollar simultáneamente su oferta y la demanda. La forma más sencilla para alcanzar este objetivo consiste en abrir las minas cautivas que abastecerán una determinada industria o carboeléctrica y venderán los excedentes del carbón a los nuevos usuarios. Debe recalcar que el potencial mayor de uso a futuro esta en la utilización en centrales carboeléctricas con nuevas líneas de alta tensión.

\* En el Perú actual no se prepara la antracita para su empleo lo que le resta valor. La calidad y precio de la antracita se reduce con el tamaño del grano o

granulometría y con el contenido de impurezas. Los equipos que utilizan la antracita están diseñados para el carbón con determinadas características siendo el tamaño del grano uno de los factores más importantes.

\* El contenido de impurezas es muy nocivo y debe ser reducido al mínimo. Las impurezas incrementan el costo del transporte por caloría por el así llamado falso flete y durante la combustión consumen frecuentemente el calor en procesos endotérmicos mientras que en muchos procesos metalúrgicos deben ser escorificadas.

\* Los temas prioritarios en el ámbito de la producción de coque metalúrgico son los siguientes: reducción de las emisiones al medio ambiente generadas por la coquificación, mejora de las propiedades metalúrgicas del coque, optimización de la mezcla para mejorar la calidad del coque.

\* Las antracitas peruanas pueden utilizarse también para diferentes procesos metalúrgicos e industriales como la ya mencionada reducción directa de mineral de hierro, generación del gas combustible de alta pureza, depuración de agua y aceite por filtración, etc. En forma adicional se les podría utilizar en industria azucarera, pesquera, papelera, etc.

\* La antracita gruesa o granulada se utiliza para los hornos de cubilote, fraguas e industria metal-mecánica en general. El cisco se emplea mayormente en la fabricación de ladrillos.

## **VIII.2. RECOMENDACIONES**

### **GEOLOGIA**

\* La exploración regional por tipos de carbón deberá tener como base la distribución y zonación regional del rango de los carbones a localizar, de acuerdo al interés de las industrias y al mercado existente.

\* La exploración regional debe centrarse a lo largo de la "franja bituminosa" distribuidas en el sector oriental de las cuencas Mesozoicas localizadas en el centro y norte del Perú, debido a la escasez de carbones coquificables y carbones bituminosos de altos volátiles utilizados por las grandes industrias de cemento en nuestro país, los cuales son actualmente importados.

\* Los carbones de alto rango antracítico/meta-antracítico también constituyen objetivos a tener en cuenta, dado el mercado actual existente. Los

carbones de bajo rango (lignitos) podrían constituir una interesante opción para la exploración.

\* En el Perú, hasta el presente no se cuenta con una metodología adecuada a las condiciones geológicas reales para realizar la exploración de las cuencas con carbón. Debido a ello, los trabajos ejecutados en la mayoría de los yacimientos no han sido los óptimos y adecuados (por ejemplo Oyón, Jatunhuasi).

\* De acuerdo a los procesos geológicos (principalmente intenso tectonismo) que afectaron a las cuencas con carbón del Perú, se propone para la estimación de reservas considerar como reservas probadas, aquellas cuando los puntos de información verificados distan de 0 a 200 m, asimismo considerar 75 m laterales y 75 m hacia profundidad.

\* Como reservas probables cuando los puntos de información reconocidos distan de 200 a 600 m, asimismo considerar de 75 a 150 m laterales y de 75 a 150 m hacia profundidad.

\* Las distancias señaladas para cada tipo de reservas, serán ajustadas de acuerdo a la mayor o menor complejidad tectónica que presenta cada yacimiento.

## **MINERIA**

\* El déficit eléctrico en el norte del país puede ser cubierto con la implementación de una planta carboeléctrica.

\* La dilución es inevitable en la explotación de las minas de carbón, debido al fuerte tectonismo que afecto a éstos depósitos, siendo necesario considerar la instalación de plantas de lavado para obtener un mejor producto.

\* Se recomienda tomar una política promotora para la explotación del carbón, ya que permitiría obtener un recurso energético económico y con diversas aplicaciones industriales para el desarrollo del país.

\* El desarrollo de la minería del carbón se dará en tanto se tenga un consumidor potencial, por lo que se recomienda desarrollar una mina destinada a abastecer la necesidad de un consumidor específico y relacionada a ella (carboeléctricas, siderurgia, cementeras, industrias, etc).

\* Debido a que la minería del carbón es incipiente, es conveniente tomar en cuenta las nuevas tecnologías para el mejor aprovechamiento de los recursos carboníferos (tecnologías limpias) dentro de un marco de desarrollo sostenible.

## UTILIZACION

\* Las cenizas producen una gran cantidad de desechos y de partículas arrastradas y aportan al deterioro del medio ambiente. Especialmente dañina para el ecosistema es la combustión de la pirita que debe ser eliminada en muchas de las antracitas peruanas.

\* Se debe prestar especial atención a la mejora del rendimiento (en términos de eficiencia, fiabilidad y reducción de todos los impactos medioambientales) tanto para la producción de electricidad a gran escala así como para las aplicaciones que demanden un menor volumen de carbón.

\* Las actividades mineras y de procesamiento del carbón producen cantidades considerables de residuos sólidos y líquidos a menudo peligrosos para el medio ambiente a este respecto podría considerarse la eliminación de los subproductos de la minería y del procesamiento del carbón con un mínimo impacto medioambiental y un costo factible; es necesario investigar sobre todo en los ámbitos siguientes: diseño de vertederos de mina duraderos desde el punto de vista ecológico, acondicionamiento de los residuos del carbón para depositarlos de manera ambientalmente adecuada.

\* Se debe considerar la gestión de antiguos emplazamientos mineros asegurándose que el abandono de una mina de carbón se lleva a cabo con un mínimo impacto medioambiental y a un costo factible; es necesario investigar sobre todo en los ámbitos siguientes: predicción y estimación de riesgos de perturbación de la superficie terrestre (subsistencia, metano, contaminación del agua) en antiguas zonas mineras, métodos geofísicos para la detección de cavidades vacías en zonas aledañas, gestión de aguas subterráneas y aguas de mina.

## **BIBLIOGRAFIA**

Acosta Chavez A. (1984): Sustitución del petróleo por carbón mineral como fuente energética en la fabricación del cemento. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Marcos. Lima-Perú.

Agramonte J. (1985): Geología del sector sureste de la cuenca carbonifera de Alto Chicama. Primer simposium del carbón. U.N.I. Lima-Perú.

Alpern B. & Lemos de Sousa M.J. (1970): Sur le pouvoir réflecteur de la vitrinite et de la fusinite des houilles. C.R. Acad. Sci. Paris, 271, 956-959.

American Society For Testing Materials (ASTM)(1954): Standards on coal coke. Commitee D-5 on coal and coke. Philadelphia.

Amiel R. (1966): Inventario de estudios sobre carbón en la región de Alto Chicama. Ingemmet. Archivo técnico A0557.

Assureira E. (1993): El carbón : Alternativa energética. Pontificia Universidad La Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Baez J. (1995): Desulfuración del carbón por flotación. Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. N° 7. P, 29-35.

Bateman A. (1942): Los yacimientos carboníferos de Oyón y Checra, provincia de Cajatambo, departamento de Lima. Ingemmet. Archivo técnico A0546.

Benavides V. (1962): Estratigrafía Preterciaria de la región de Arequipa. Bol. Soc. Geol. Perú. Tomo 38, pp, 5-37. Lima-Perú.

Benavides C.V. (1956): Cretaceous system in nothern Peru. Am. Musseum Nat. Hist. Bull.. Vol. 108, pp. 492-552. New York. USA.

Bennett E. (1955): Carbón de Murco. Región de Arequipa. Recon.(16-20 Agosto), pp 7. Archivo Banco Minero. Lima. Perú.

Broggi J. (1927): La industria carbonera en el centro del Perú. Sintesis de la Minería Peruana. Tomo II. Parte II. Ministerio de Fomento.

Cabrera La Rosa A (1956): Elaboración de coque metalúrgico con carbones peruanos. Ministerio de Fomento y Obras Públicas. INIFM. Serie Memorandum N° 3. P. 5-47. Lima-Perú.

Cadem (1996): Manual de eficiencia de energía eléctrica en la industria. Editorial "Ente Vasco de Energía". Bilbao-España.

Carlson G.A. (1992): Computer simulation of the molecular structure of bituminous coal. *Energy & Fuel*, 6, 771-778.

Carrascal R; Suarez-Ruiz I. (1998): Características petrográficas de los carbones Mesozoicos del centro y norte del Perú. *Anales del I Congreso Panamericano de minería*. Lima-Perú.

Carrascal M. E. R. (1997c): Análisis de la evolución y distribución del rango de los carbones de la Cuenca de Oyón (Jurásico Superior). *Rev. Minas. FIGMM - UNI*. Lima. Perú. N° 7. p. 59-62.

Carrascal R; Suarez-Ruiz I; Martinez-Tarazona M.R (1997b): Mineral matter and trace elements distribution in Mesozoic Coals from Peru. *Proc. 9th Coal Science*, Essen. Germany. Vol. 1, pp 413-416. 1997b.

Carrascal M. E. R. (1997a): Grado de Evolución y Distribución Regional del Rango de los Carbones de las Principales Cuencas del Perú. *Anal. IX. Congreso Peruano de Geología*. p.15-20. Lima.Perú.

Carrascal R; Suarez-Ruiz I; Martinez L. (1996b): Analysis of the evolution and rank distribution of coals from Oyon basin (Upper Jurassic) of Perú. *Geogaceta*, Madrid. España . Vol. 20 (3), 651-653. 1996b.

Carrascal R; Suarez-Ruiz I.(1996a): Distribution du Rang des Charbons des Principaux Bassins Carboniferes du Perou. *Congres RST*. Orléans. France.

Carrascal R; Suarez-Ruiz I.(1996): Caracterización de los carbones de la cuenca de Jatunhuasi. Viabilidad de su explotación y problemas medioambientales. Inf. Interno. Ined. Proyecto Conjunto de investigación UNI-INCAR. Oviedo-España.

Carrascal M. E. R.(1996): Caracterización y estudio de los carbones de las cuencas de Oyón, Santa, Alto Chicama y Yanacancha de Perú. Tesis doctoral Universidad de Oviedo, 411 p. Inédito.

Carrascal R; Suarez-Ruiz I.(1995c): Rank Distribution of Coals from the Oyon Basin (Upper Jurassic) of Peru.*Rev. News of the International Committee for Coal and Organic Petrology*. Krefel. Germany.N° 12, pp. 11-12.

Carrascal R; Suarez-Ruiz I.(1995b): Geología, Petrología y Geoquímica de los carbones de la Cuenca Intramontañosa de Yanacancha (Terciario) - Perú. *Bol.*

*Soc. Geol. del Perú*. Volumen Jubilar Alberto Benavides. 47-67. Lima. Perú.

Carrascal R, Suarez-Ruiz I.(1995a): Petrographic and Geochemical study of the "Principal" Coals Seams, Yanacancha Basin (Tertiary) of Perú. *Proc. 8th Coal Science*, Oviedo. España. Vol. 1, pp 211-214.

Carrascal R; Suarez-Ruiz I.(1994b): Estudio por microscopía óptica y electrónica de los carbones de la Cuenca de Alto Chicama (Cretácico Inferior). *Anal. VIII. Congreso Peruano de Geología*. p.58-61. Lima.Perú.

Carrascal R; Martinez-Tarazona M.R; Suarez-Ruiz I.(1994a): Caracterización química y análisis de la materia mineral de los carbones de la Cuenca de Alto Chicama - Perú. *Anal. VIII Congreso Peruano de Geología*. p. 55-57. Lima. Perú.

Carrascal R; Martinez-Tarazona M.R;Rodriguez M; Prado J.G; Suarez-Ruiz Y. (1993a): Étude préliminaire des anthracites et meta-anthracites des secteurs Nord-Ouest et Sud-Est du Bassin Péruvien du Alto Chicama (Crétacé-Inférieur). IXeme Colloque International des Petrographes Organiciens Francophones. *Bull. Centres. Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine 18, Public. Spéc.* 63-66. Bousse. France.

Cobbing J., Pitcher W., Wilson J., Baldock J., Taylor W., Mc Court W and Snelling N.(1981): Estudio geológico de la cordillera occidental del norte de Perú. *Ingemmet. Bol.* 10 serie D, 252 p.Lima-Perú.

Cofide-Itintec (1984): El carbón mineral. Determinaciones analíticas de sus propiedades fisico-químicas. Análisis en mezcla de carbón para el uso en ladrilleras artesanales. Proyecto carbón. División de Energía. DID-Perú.

Consejo Mundial de Energía (1995): Medición de recursos energéticos. Edición 17 Tn. Wec.

Consejo Mundial de Energía-ILASA (1995): Perspectivas globales de energía para el 2050 en adelante, Wec. (1995).

Cossio A. (1964): Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. *Bol. Com. carta Geol. Nac. Perú.* N° 8, 69 p.

Cossio A. y Jaén H. (1967): Geología de los cuadrángulos de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa. *Serv. Geol. Min. Bol.* 17, 141 p. Lima-Perú.

Curran M. (1941): Informe sobre la cuenca carbonífera de Alto Chicama y otros yacimientos de carbón en el Perú. Ingemmet. Archivo técnico A0560.

Deryshire F., Marzec A., Schulten H., Wilson M., Davis A., Tekely P., Delpuech J., Jurkiewicz A., Bronnimann C., Wind R., Maciel G.E., Narayan R., Bartle K., Snape C. (1989): Macromolecular structure of coals : A debate. *fuel*, 68, 1091-1106.

Diario Gestión (1998): 05 marzo. Lima-Perú.

Díaz O. (1947): Informe sobre la inspección en los trabajos efectuados por el Banco Minero en las Minas de carbón de Oyón. Ingemmet. Archivo técnico A0583.

Dunin Borkowski E. (1981): Los carbones en el Perú. Posibilidades de su explotación. *Bol. Soc. Geol. Perú.* 68, pp. 32-52. Lima-Perú.

Dunin Borkowski E. (1983): Ensayo preliminar sobre el carbón del Grupo Goyllarisquizga (Facies meridionales y orientales). *Bol. Soc. Geol. Perú.* 70, pp. 13-24. Lima-Perú.

Dunin Borkowski E. (1984): Ensayo preliminar sobre el carbón del Grupo Goyllarisquizga (Facies occidentales). *Bol. Soc. Geol. Perú.* 73, pp. 15-55. Lima-Perú.

Dunin Borkowski E. (1985): Los carbones Mesozoicos del Perú. *Bol. Soc. Geol. Perú.* 75, pp. 65-71. Lima-Perú.

Dunin Borkowski E. (1990): Prospectos carboníferos de la sucesión Aristides Castro Gamboa y la mina de carbón Callacuyan de Minero Perú. 13p. Lima.

Dunin Borkowski E. (1990): El derecho minero especial Oyón de Siderperú S.A. 38 p. Lima.

Dunin Borkowski E. (1990): El abastecimiento de antracitas para Siderperú S.A.. 36 p. Lima.

Dunin Borkowski E. (1992): Los últimos estudios de Ingemmet en la cuenca carbonífera del Santa y sus resultados. 7 p. Lima.

Dunin Borkowski E. (1992): Aprovechamiento actual del carbón peruano. 12 p. Lima.

Dunin Borkowski E. (1992): Aprovechamiento de la antracita peruanas. Primera parte: Aspectos geológicos, legales y del mercado. 10 p, Lima.

Dunin Borkowski E. (1992): Aprovechamiento de la antracita peruana. Segunda parte: Aspectos mineros y de transporte. 8 p, Lima.

Dunin Borkowski E. (1996): Los minerales no metalicos en el Perú. Texto Ingemmet. 166p. Lima-Perú.

Ecocarbón (1994): Manual del carbón. 172 p. Bogotá.

Enciclopedia Guinness de la ciencia y la tecnología (1996).

Escudero J. (1976): Lignito de Tumbes. XIII Convención de Ingenieros de Minas del Perú. Ingemmet. Archivo técnico.

Escudero J. (1976): Reservas carboníferas peruanas. congreso ILAFA. Mexico. Usos del carbón en siderurgia, Abastecimientos y tecnologías. 91-96 pp, Santiago de Chile.

Escudero J. (1979): El carbón del Alto Chicama. Bol. Ingemmet. Serie B. N° 2, 79 p. Lima-Perú.

E&MJ (1996): Annual Commodities Review Issue. March. Vol. 197, N° 3, 61 p. Chicago. USA.

E&MJ (1998): Annual Commodities Review Issue. March. Vol. 199, N° 3, 47 p. Chicago. USA.

E&MJ (1999): Annual Commodities Review Issue. March. Vol. 200, N° 3, 55 p. Chicago. USA.

García W. (1978): Cuadrángulos Putina, Omate, Huaitiri, Mazo Cruz y Pizocoma. Ingemmet, Bol. N° 29. pp, 64. Lima.Perú.

García W. (1988): Informe sobre la explotación del depósito de lignito de Zorritos. Ingemmet. Archivo técnico A3757.

Gastañaga A (1977): Fuentes de carbón mineral en el Perú. Conversatorio. "perspectivas de reducción directa en el Perú".

Given P.H and Marzec A. (1988): Protons of differing rotational movility in coals. *fuel*, 67, 242-244.

Greber C. (1977): Informe de la visita de peritaje realizada en los yacimientos de Pampahuay y Gazuna (Oyón) Perú. Ingemmet. Archivo técnico A0584.

Guevara R.C. (1969): Geología del cuadrángulo de Characato (hoja 33t). Ingemmet. Bol. N° 23, pp, 53. Lima.Perú.

Habich E.V. (1904): Yacimientos carboníferos de Checras. Bol. Cuerpo Ing. Minas. 18, Lima-Perú.

ICCP (1963): International handbook of coal petrology. 2da. ed. C.N.R.S. Paris.

ICCP (1971): International handbook of coal petrology. 2da. ed., 1st. supplement, C.N.R.S. Paris.

ICCP (1975): International handbook of coal petrology. 2da. de., 2nd. supplement, C.N.R.S. Paris.

Ingemmet (1921): Yacimiento de carbón de Oyón. Archivo técnico A0585.

Ingemmet (1963): Recursos minerales en el departamento de Lambayeque. Archivo técnico A0142.

Ingemmet (1964): Informe del viaje a Piñipata, Rambran y Sorochuco, departamento de Cajamarca. Archivo técnico A0672.

Ingemmet (1964): Información geológica y minera del departamento de Moquegua. Archivo técnico A0611.

Ingemmet (1964): Información geológica y minera del departamento de Amazonas. Archivo técnico A0598.

Ingemmet (1964): Información geológica y minera del departamento de Cajamarca. Archivo técnico A0602.

Ingemmet (1964): Información geológica y minera del departamento de La Libertad. Archivo técnico A0607.

Ingemmet (1964): Información geológica y minera del departamento de Lambayeque. Archivo técnico A0606.

- Ingemmet (1964): Información geológica y minera del departamento de Lima. Archivo técnico A0608.
- Ingemmet (1964): Información geológica y minera del departamento de Arequipa. Archivo técnico A0601.
- Ingemmet (1964): Información sobre la geología y minería del departamento de Apurímac. Archivo técnico A0600.
- Ingemmet (1992): Evaluación de reservas carboníferas-Cuenca de Santa. Programa carboeléctrica Río Santa. Inf. Int. Inéd. Electroperú.
- Itintec (1984): El carbón mineral como sustituto de petróleo en hornos industriales. Informe Final: Convenio CV. N° 044-84. Cofide-Itintec. DID.
- Jojoa J. (1995): La explotación de bancos de carbón y el consumo específico de madera. Tunja. Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia. N° 7, p 71-78.
- Kopex-Minero Perú (1973): Estudio geológico de los derechos especiales de Minero Perú en la hoya carbonifera de Oyón. Inf. Ined. 300 p. Katowice-Polonia. Lima-Perú.
- Kopex-Minero Perú (1975): Estudio geológico de los yacimientos de carbones minerales. Zona Coima-Callacuyan. Cuenca de Alto Chicama. Katowice-Polonia. Minero Perú. Inf. Ined. Vol 1 y 2. 240 p. Lima-Perú.
- Lipiarski I. & Szymoniak R. (1977): Balls coal from Alto Chicama (Peru). Anals. de la Scieté Geologique de Pologne. Vol. XLVII-3. pp. 451-458.
- Lopez M; Moran G.L. (1959): Propiedades físicas y químicas del carbón peruano. V Convención de Ingenieros de Minas del Perú. IIMP. P, 1-24.
- Málaga Santolalla (1921): El carbón en el Perú. Anal. Congreso. Nac. Min. Tomo IV. pp, 48-332. sección carbón y petroleo. Lima.Perú.
- Manrique A. (1988): Geología económica de las cuencas de Alto Chicama, Santa, Oyón y Jatunhuasi. Inf. Inéd. Procarbón-Cofide-N.U. Arc. Mineroperú. Lima.Perú.

- Marocco R. (1975): Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas (hojas 28p, 28q, 28r). Ingemmet. bol. N° 27, pp,51. Lima.Perú.
- Marocco R., Del Pino M. (1966): Geología del cuadrángulo de Ichuña. Comisión carta geológica nacional. Ingemmet. Bienes culturales N° 33842.
- Marquez E. (1992): Geología y potencial carbonífero de la parte central de la subcuenca Chavín (cuenca de Santa). Tesis Ing. U.N.M.S.M. Lima-Perú.
- Medina H. (1991): Cuencas carboníferas en el Perú y mapa geológico catastral por tipos de carbón. Anal. VII Congreso Peruano de Geología. pp. 643-647. Lima-Perú.
- Megard F. (1968): Geología del cuadrángulo de Huancayo. Bol. Serv. Geol. (hoja 25m). Bol. N° 18, pp, 123. Lima.Perú.
- Mining Engineering (1999): Society Mining, Metallurgy an Exploration, Inc. Vol. 51. N° 5. 92 p. Colorado-USA.
- Ministerio de Energía y Minas (1998): Balance Nacional de Energía. Oficina Técnica de Energía. 96 p. Lima-Perú.
- Ministerio de Energía y Minas (1998): Anuario estadístico. Dirección General de Electricidad. 147 p. Lima-Perú.
- Molina Ibañez; Chicharro Fernandez (1990): Fuentes de energía y materiales primas. Madrid-España.
- Mucho R. (1992): Estudio de factibilidad del uso de carbón nacional por C.N.P.S.A.
- Newell N.D., Chronic J., Roberts T. (1953): Upper Paelozoic of Peru. Geol. Soc. Amer. Memoir. 58, 276 p.
- Ojeda Ch. y Mendoza A. (1985): Distribución de elementos traza en carbones peruanos. Primer Simposium Nacional del Carbón. U.N.I. Lima-Perú, 26 p.
- Page J. S.(1960): Geología del carbón. Anal. VI. Convención Ingenieros de minas, Cerro de Pasco. Perú.
- Paz M; Rodriguez W. (1986): Recursos minerales de Puno. Geología. De Re Metálica. Mayo-Junio.

Pearson D.E. (1981): Report to the United Nations Revolving Fund For Natural Resources exploration on A Coal Mission to Peru. Canada. Inf. Int. 12 pp.

Pecho G. (1981): Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomás (hojas 29p, 29q y 29r). Ingegmet. Bol. N° 35, pp,94. Lima.Perú.

Pelucker L. (1950): Extracto del carbón. Ingegmet. Archivo técnico A0568.

Petersen R. (1975): Coal resources of Peru. Geol. Am. Spec. Paper.179, 35-42.

Pitcher W.S. (1975): On the rate of emplacement of batholiths. Geol. Soc. London. Vol. 131, 587-591.

Rassmuss J. (1926): La perforación de carbón en Paracas. Departamento de Ica. Archivo técnico A0562. Ingegmet.

Roccatagliata R.J.(1986): Tecnología del uso de antracita peruana en aplicaciones industriales. Inf. Inédito. Procarbón-Cofide-NU. Lima.

Samame Boggio M. (1981): Métodos para la utilización del carbón. Perú minero. Tomo VI. Tecnología. p, 1272-1292.

Samame Boggio M. (1981): Las centrales carboeléctricas. Perú minero. Tomo VI. Tecnología. p, 1293-1294.

Soto (1979): Facies y ambientes deposicionales cretácicos. area centro sur de la cuenca Marañon. Bol. Soc. Geol. Tomo, 60. pp, 233-250. Lima.Perú.

Stach E., Mackowsky M.T., Teichmuller M., Taylor G.H., Chandra D., Teichmuller R. (1982): Textbook coal petrology. gebruder Borntraeger-Berlin. Stuttgart. 356 p.

Steinmann (1930): Geología del Perú. Heidelberg. 448 p.

Steppembeck R. (1929): Geología des chimatales in nordperu und seiner anthacitta-Gerstaetten. Geol. Paleont. Abhand. Neue Floge B 16 (20). Gustav Fisher Verlag Jena.

Swaine D.J. (1990): Trace elements in coal. Butterworths, 278 p.

Teichmuller M. and Teichmuller R. (1982): Fundamentals of coal petrology. In: E. Stach., M. Mackowsky., M. Teichmuller., G.H. Taylor., D. Chandra and R.

Teichmuller. Stach's Textbook of coal petrology. Gebruder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 5-86.

Tejada R. (1987): Informe correspondiente a la visita realizado al prospecto carbonífero Parquín con representantes de Corde Lima. Ingemmet. Archivo técnico A3621.

Tison M. (1960): Visita a la cuenca de Oyón. Ingemmet. Archivo técnico A0553.

Tissot B.P. and Welte D.H. (1984): Petroleum formation and occurrence. 2da de. 669 pp. Springer-Verlag, Heidelberg.

Toda Y. y Toyoda S. (1972) Application of mercury porosimetry to coal. Fuel, 51, 199-201.

Torres D. (1943): Informe preliminar sobre el establecimiento de centros permanentes de trabajo en el río Napo y afluentes en la frontera con el Ecuador. Ingemmet. Estudios técnicos B0682.

Torres D. (1948): El carbón de Carumas en el departamento de Moquegua. Cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú. Ingemmet. Bienes culturales N° 32790.

Torres D. (1950): Notas sobre la cuenca carbonera de Oyón y su relación con las otras cuencas del país. Ingemmet. Archivo técnico A0582.

UNESA (1996): El sector eléctrico Español y el medio ambiente. Folleto informativo.

Valdivia (1966): Sección medida en el Pongo de Tiraco. Petroleos del Perú. Area de investigación y desarrollo. Inf. Inedito., Lima-Perú.

Vera Aleman (1985): Paleontología de los carbones Paleozoicos peruanos. Primer Simposium Nacional del Carbón. U.N.I. Lima-Perú.

Vicente J.C; Beadoin B; Chavez A; León I. (1981): La cuenca de Arequipa (Sur Perú) durante el Jurásico-Cretácico. Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur. Vol. 1, pp,319-351. Buenos Aires. Argentina.

Volkheimer W., Musacchio E. (1981): Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur. Contribución del comité sudamericano del Jurásico y Cretácico al II Congreso de Paleontología, Porto Alegre 1981.

Weibenbach N (1986): Factibilidad del proyecto de antracita-Mina Ambara y Huayday. Lucma-Perú. grundstofftechnik GMBH-ESSEN. Germany.

Wilson J; Garcia W. (1962): Geología de los cuadrángulos de Pachia y Palca. Comisión carta geológica nacional. Bol. N° 4, pp, 81. Lima.Perú.

Wilson J. (1959): Informe geológico del área de Huayday-Lucma, departamento de La Libertad. Ingemmet. Archivo técnico A0564.

Wilson J. J. (1963): Cretaceous Stratigraphy of Central Andes of Peru. Bull. Am. Asoc. Petrol. Geol. vol. 47, pp. 1-34.

Wilson J. y Reyes L. (1964): Geología del cuadrángulo de Pataz (hoja 16-h): Comis. Carta. Geol. Nac. Bol. 9, 91 pp. Lima-Perú.

Wilson J., Reyes L., Garayar J. (1967): Geología de los cuadrángulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Serv. Geol. Min. Bol. 16., 95 pp. Lima-Perú.

WEC (1995): Perspectivas globales de energía para el 2050 en adelante.

**ANEXO**

**FICHA TECNICA DE LOS  
YACIMIENTOS Y PROSPECTOS  
DE CARBON EN EL PERU**

## CUENCAS PALEOZOICAS

### CUENCA PARACAS

Nº	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACION	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
1	Costero	Paracas	Península de Paracas, a 30 Km. de la desembocadura del Río Grande.	Ambo	Mississippiense	Bituminoso	Rassmuss (1926)
2		Lagunillas	Península de Paracas, a 30 Km. de la desembocadura del Río Grande.	Ambo	Mississippiense	Bituminoso	Rassmuss (1926)
3	Cordillera Oriental	Vichaycoto	A 15 km al Sur de Huánuco, límite entre Huánuco y Cerro de Pasco.	Ambo	Mississippiense	Antracita	Steinmann (1911)
4		Molino del Carmen	A 15 km al Sur de Huánuco, límite entre Huánuco y Cerro de Pasco.	Ambo	Mississippiense	Antracita	Lisson (1925)
5		Cochacalla	Límite departamental entre Huánuco y Cerro de Pasco.	Ambo	Mississippiense	Antracita	Broggi (1927)
6		Era Nueva	Límite departamental entre Huánuco y Cerro de Pasco.	Ambo	Mississippiense	Antracita	Broggi (1928)
7		Pamparcón	Límite departamental entre Huánuco y Cerro de Pasco.	Ambo	Mississippiense	Antracita	Broggi (1929)
8		Cutama	Límite departamental entre Huánuco y Cerro de Pasco.	Ambo	Mississippiense	Antracita	Broggi (1930)
9		Cumbe	Límite departamental entre Huánuco y Cerro de Pasco.	Ambo	Mississippiense	Antracita	Broggi (1931)
10		Tambo	Límite departamental entre Huánuco y Cerro de Pasco.	Ambo	Mississippiense	Antracita	Broggi (1932)
11		Huaracalla	Límite departamental entre Huánuco y Cerro de Pasco.	Ambo	Mississippiense	Antracita	Broggi (1932)
12		Carhuamayo	Al sureste de Cerro de Pasco.	Ambo	Mississippiense	Antracita	Broggi (1932)
13	Altiplano	Cofaviri	Provincia de Lampa - Puno	Ambo	Mississippiense	Bituminoso/Antracita	Paz M. et al (1986)
14		Vilque	Provincia de Lampa - Puno	Ambo	Mississippiense	Bituminoso/Antracita	Paz M. et al (1986)
15		Mañaso	Provincia de Puno	Ambo	Mississippiense	Bituminoso/Antracita	Paz M. et al (1986)
16		Capachique	Provincia de Puno, cercano a las riberas del Lago Titicaca.	Ambo	Mississippiense	Bituminoso/Antracita	Paz M. et al (1986)
17		Juli	Provincia de Chuquito-Puno, cercano a las riberas del Lago Titicaca.	Ambo	Mississippiense	Bituminoso/Antracita	Paz M. et al (1986)
18		Chuquito	Provincia de Chuquito-Puno, cercano a las riberas del Lago Titicaca.	Ambo	Mississippiense	Bituminoso/Antracita	Paz M. et al (1986)
19		Chupica	Departamento de Puno	Ambo	Mississippiense	Lignito	Steinmann (1930)
20		Colcani	Departamento de Puno	Ambo	Mississippiense	Lignito	Steinmann (1931)
21		Santa Rosa	Departamento de Puno	Ambo	Mississippiense	Lignito	Paz M. et al (1986)
22	Selva	Río Carbón	Margen derecha del río Carbón - Madre de Dios.	Ambo	Mississippiense	Lignito	Torres Vargas (1943)

**CUENCAS MESOZOICAS**  
**CUENCA YURA**

Nº	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACION	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
23	Corire-Murco	Corire	Parte alta del río Ocoña, entre los departamentos de Arequipa y Ayacucho	Yura	Calloviense	Sub bituminoso	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú E. Dunin B.( 1985 ) E. Dunin B.( 1985 ) E. Dunin B.( 1985 ) Vargas, (1979 ) Ingemmet. A.T: A0601 (1964).
24		Toro	Al noreste de Corire, margen izquierda del río Ocoña - Arequipa	Yura	Calloviense	Sub bituminoso	
25		Velinga	Al noreste de Corire, margen izquierda del río Ocoña - Arequipa	Yura	Calloviense	Sub bituminoso	
26		Cotahuasi	Cotahuasi - Arequipa	Yura	Calloviense	Sub bituminoso	
27		Murco	Parte alta, margen izquierda del río Sihuas - Arequipa	Yura	Calloviense	Antracitas	
28		Sumbay	Sumbay. Km. 103 del FF.CC Arequipa-Puno. Arequipa.	Yura	Calloviense	Bituminoso/Antracita	
29	Carumas-Vilque	Tasa	Ichuña - Moquegua	Yura	Calloviense	Sub bituminoso	Marocco, et al; (1966) Marocco, et al; (1966) E. Dunin B.( 1985 ) E. Dunin B.( 1985 ) E. Dunin B.( 1985 ) Marocco, et al; (1966) Marocco, et al; (1966) E. Dunin B.( 1985 ) E. Dunin B.( 1985 ) Loza (1984) E. Dunin B.( 1985 ) E. Dunin B.( 1985 ) Torres Vargas ( 1948 ) E. Dunin B.( 1985 ) E. Dunin B.( 1985 )
30		Pubaya	Ichuña - Moquegua	Yura	Calloviense	Sub bituminoso	
31		Isquirpa	Al norte de Carumas - Moquegua (afloran a lo largo del río Tambo)	Yura	Calloviense	Sub bituminoso	
32		Tambiaque	Al norte de Carumas - Moquegua (margen izquierda del río Tambo)	Yura	Calloviense	Sub bituminoso	
33		Corcaran	Al norte de Carumas - Moquegua (margen izquierda del río Tambo)	Yura	Calloviense	Sub bituminoso	
34		Antajahua	Al norte de Carumas - Moquegua (afloran a lo largo del río Tambo)	Yura	Calloviense	Sub bituminoso	
35		Pampilla	Al norte de Carumas - Moquegua (afloran a lo largo del río Tambo)	Yura	Calloviense	Sub bituminoso	
36		Qda. Seche	Al sur de Chapi - Arequipa	Yura	Calloviense	Antracita	
37		Yalanque	Al sureste de Chapi - Moquegua ( margen derecha del río Tambo)	Yura	Calloviense	Antracita	
38		Omate	Al noroeste de Carumas	Yura	Calloviense	Antracita	
39		Misquini	Al noreste de Chapi - Moquegua ( margen derecha del río Tambo)	Yura	Calloviense	Antracita	
40		Estamparque	Al noroeste de Carumas	Yura	Calloviense	Antracita	
41		Carumas	Carumas, Quebrada de Omoye y Saclaque. Moquegua.	Yura	Calloviense	Bituminoso/Antracita	
42		Santa Lucia	Al suroeste de Cabanillas - Puno	Yura	Calloviense	Sub bituminoso	
43		Vilque	Dist. Vilque, Prov. Puno. Puno.	Yura	Calloviense	Sub bituminoso	
44	Paruro	Paruro	Dist. de Paruro, Prov. de Cuzco. Cuzco.	Yura	Calloviense	Antracita	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú
45		Livitaca	Dist. Livitaca, prov. De Chumbivilcas. Cuzco.	Yura	Calloviense	Antracita	
46	Chichaja	Chichaja	Noreste de Tacna	Yura	Calloviense	Antracita	E. Dunin B.( 1985 )

**CUENCA OYON**

Nº	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACION	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
47	Pampahuay	Saquicocha	Al sureste de Oyon	Chimú	Berriasiense	Bituminoso	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú Carrascal 1996. Tesis Doctoral Carrascal 1996. Tesis Doctoral Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú Carrascal 1996. Tesis Doctoral Carrascal 1996. Tesis Doctoral Carrascal 1996. Tesis Doctoral
48		Patón	Al sureste de Oyon	Oyón	Berriasiense	Bituminoso	
49		Chilínca	Extremo Noroeste del sector de Pampahuay	Oyón	Berriasiense	Bituminoso	
50		Pampahuay	Entre el Río Patón y la Qda. Ruco	Oyón	Berriasiense	Bituminoso	
51		Mishuya	Continuación hacia el Sureste de la zona de Pampahuay	Oyón	Berriasiense	Bituminoso	
52		Siglo nuevo	Entre las zonas de Mishuya y Sitacocha	Oyón	Berriasiense	Bituminoso	
53		Sitacocha	Continuación hacia el Sureste de Siglo Nuevo	Oyón	Berriasiense	Bituminoso	
54	Gazuna	Yavi	Anticlinal de Yavi, al norte de Oyon	Oyón	Berriasiense	Antracítico	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú Carrascal 1996. Tesis Doctoral Carrascal 1996. Tesis Doctoral
55		Gazuna (Oeste)	Extremo Noroeste de la cuenca de Oyón, Qda. Yavi.Oyón-Lima	Oyón	Berriasiense	Semi-Antracita	
56		Gazuna (Este)	Extremo Noroeste de la cuenca de Oyón, Qda. Yavi.Oyón-Lima	Oyón	Berriasiense	Semi-Antracita	
57	Cochaquillo	Cochaquillo	Oyón - Lima, prolongación al sureste de Pampahuay	Oyón	Berriasiense	Semi-Antracita	Carrascal 1996. Tesis Doctoral
58	Cuta	Cuta	Sector Sureste de la cuenca de Oyón, a 3 Km. del pueblo de Rapaz	Oyón	Berriasiense	Antracita	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú
59		Quinahuasi	Al sureste de Cochaquillo	Oyón	Berriasiense	Antracita	
60		Chanca	Paraje de Chanca-Provincia de Cajatambo-Lima	Oyón	Berriasiense	Semi-Antracita	
61	Cayash	Cayash	En el sector más hacia el Oeste de la cuenca de Oyón, en la confluencia de los ríos Cayash y Checras.	Chimú	Berriasiense	Antracita/Meta-antracita	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú Carrascal 1996. Tesis Doctoral
62	Checras-Parquín	Checras	Dist. Sta. Leonor, Prov. de Chancay. Lima	Chimú	Berriasiense	Antracita	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú Carrascal 1996. Tesis Doctoral
63		Parquín	Poblado de Parquín - Lima	Chimú	Berriasiense	Antracita	

CUENCA SANTA

Nº	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACION	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
64	Galgada-Cocabal	Shecle-carceles	Al noroeste de Cabana, Prov. de Ancash.	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B.( 1990 )
65		Cambal	Al noroeste de Cabana, Prov. de Ancash.	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B.( 1990 )
66		Huachumin	Al noroeste de La Galgada, Prov. de Ancash.	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B.( 1990 )
67		Mano Poderosa	Río Tablachaca, 0.5 Km. al Noreste de la Mina Galgada	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
68		Cerro Tillacay	Dist. de Taucá, Prov. de Pallasca. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B.( 1990 )
69		San Jeronimo	Dist. de Taucá, Prov. de Pallasca. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B.( 1990 )
70		Rio Negro	Dist. de Taucá, Prov. de Pallasca. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
71		La Galgada	Río Tablachaca extremo Noroeste de la cuenca de Santa	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
72		Eclipse	Dist. de Taucá, Prov. de Pallasca. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
73		Vizcaya	Al noroeste de la cuenca del Santa	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
74		Esther	Dist. de Taucá, Prov. de Pallasca. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
75		Centenario	Al noroeste de la cuenca del Santa	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
76		Porvenir	Al noroeste de la cuenca del Santa	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B.( 1990 )
77		Siempre Viva	Al noroeste de la cuenca del Santa	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B.( 1990 )
78		Cocabal	Dist. de Taucá, Prov. de Pallasca. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
79	Carbon WGC	Al noroeste de la cuenca del Santa	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B.( 1990 )	
80	N. Esperanza-Alianza	Nueva Esperanza	Al sureste de Corongo, Prov. de Corongo, Ancash.	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
81		La Limeña	Al sureste de Corongo, Prov. de Corongo, Ancash.	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
82		Betsy	Entre los pueblos de Chuquicara y Huallanca, río Santa	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
83		Maria vs	Dist. de Macate, Prov. de Santa. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
84		San Carlos	Dist. de Macate, Prov. de Santa. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
85		Roxana	Entre los pueblos de Chuquicara y Huallanca, río Santa	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
86		El Chorro	Dist. de Macate, Prov. de Santa. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
87		Orion	Dist. de Macate, Prov. de Santa. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
88		Ferrol	Dist. de Macate, Prov. de Santa. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	R. Mucho (1992)
89		Santa Julia	Dist. de Macate, Prov. de Santa. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
90		Los Ases	Dist. de Huallanca, Prov. de Huaylas. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
91		Eymar	Dist. de Huallanca, Prov. de Huaylas. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B.( 1990 )
92		Virgen de la Puerta	Dist. de Huallanca, Prov. de Huaylas. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
93		Pia Rumi	Al suroeste de Huallanca, Prov. de Huaylas. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B.( 1990 )
94		Alianza	Al suroeste de Huallanca, Prov. de Huaylas. Ancash	Chimu/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B.( 1990 )
95	Caráz-Fray Martin	Huaripampa	Dist. de Caraz, Prov. de Caraz. Ancash	Chimu	Valang/Berria	Antracita	E. Dunin B.( 1990 )
96		Colca	Dist. de Caraz, Prov. de Caraz. Ancash	Chimu	Valang/Berria	Antracita	E. Dunin B.( 1990 )
97		Caráz	A 1 Km del pueblo de Caraz, Prov. de Caraz. Ancash	Chimu	Valang/Berria	Antracita	Ingemmet (1992)
98		Condor	A 1 Km. hacia el Oeste de Pueblo Libre, Caraz. Ancash	Chimu	Valang/Berria	Antracita	Ingemmet (1992)
99		Huaylas	Dist. de Huaylas, Prov. de Huaylas. Ancash	Chimu	Valang/Berria	Antracita	Ingemmet (1992)
100		Huaraz		Chimu	Valang/Berria	Antracita	Ingemmet (1992)
101		Ingenio	A 3 Km. al Sur de Pueblo Libre, Prov. de Caraz. Ancash	Chimu	Valang/Berria	Antracita	Ingemmet (1992)
102		Ranrahirca	Dist. de Yungay, Prov. de Huaraz. Ancash	Chimu	Valang/Berria	Antracita	E. Dunin B.( 1990 )
103		Fray Martin	Al suroeste de Yungay, Prov. de Yungay. Ancash	Chimu	Valang/Berria	Antracita	Ingemmet (1992)
104	Sihuas-Pasacancha	Cerro Pariachuco	Al noroeste de Sihuas, Prov. de Sihuas, Ancash.	Chimu	Valang/Berria	Antracita	E. Dunin B.( 1990 )
105		Cerro Bururuche	Al noroeste de Sihuas, Prov. de Sihuas, Ancash.	Chimu	Valang/Berria	Antracita	E. Dunin B.( 1990 )
106		Flor de Adoneram	Dist. de Sihuas, Prov. de Sihuas. Ancash	Chimu	Valang/Berria	Antracita	E. Dunin B.( 1990 )
107		Pasacancha	Al suroeste de Sihuas, Prov. de Sihuas, Ancash.	Chimu	Valang/Berria	Antracita	E. Dunin B.( 1990 )
108		Cahuacuna	Al sureste de Sihuas, Prov. de Sihuas, Ancash.	Chimu	Valang/Berria	Antracita	E. Dunin B.( 1990 )
109	Tarica	Al suroeste de Sihuas, Prov. de Sihuas, Ancash.	Chimu	Valang/Berria	Antracita	E. Dunin B.( 1990 )	

CUENCA ALTO CHICAMA

Nº	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACION	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
110	Bajo Chicama	Salavin	Qda. Salavín entre los cerros Conga Alta y Salavín	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 41, "Salavin" NP-9185-1000 Ha.- E. Dunin B.
111		Virgen del Consuelo	Qda. Quina Quina, al pie del pueblo de Marmot.	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 42, "Virgen del Consuelo".- E. Dunin B.
112		Carbonera Trujillo	Qda. Quina Quina, al pie del pueblo de Marmot.	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 42, "Carbonera Trujillo".- E. Dunin B.
113		Compín	Sureste de Lucma, Prov. de Otuzco. La Libertad.	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	E. Dunin B. ( 1990 )
114		July	Quebradilla que desemboca a un tributario de la Qda. Mina.	Oyón/Tinajones	Berriasiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 36, "Alegria".- E. Dunin Borkowski.
115		Victor Manuel Nº 6	Al Sur del río (seco) Quiripano, Prov. de Ascope. La Libertad.	Oyón/Tinajones	Berriasiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 35, "Victor Manuel Nº 6".- E. Dunin B.
116		Alegria	Ladera Norte del Cº Collao, al Sur del río (seco) Quiripano.	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	E. Dunin B. ( 1990 )
117		Victor Manuel Nº 5	Quebrada tributaria del Río Chala, a 4 Kms de la ex hacienda Chala.	Oyón/Tinajones	Berriasiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 34, "Victor Manuel Nº 5 y July".- E. Dunin B.
118		Matalache	Dist. Sinsicap, Prov. de Ascope. La Libertad	Oyón/Tinajones	Berriasiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 37, "Matalache y Matalache Nº3".- E. Dunin B.
119		Matalache Nº3	Dist. Sinsicap, Prov. de Ascope. La Libertad	Oyón/Tinajones	Berriasiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 37, "Matalache y Matalache Nº3".- E. Dunin B.
120		Marmot	Cerca al pueblo de Marmot, Prov. de Otuzco. La Libertad.	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	E. Dunin B. ( 1990 )
121		Laguna	Prov. de Otuzco, La Libertad.	Oyón/Tinajones	Berriasiense	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0557. (1966).
122		Oro Negro	Dist. Sinsicap, Prov. de Ascope. La Libertad. Trocha de Simbal a Parapos	Oyón/Tinajones	Berriasiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 33, "Oro Negro".- E. Dunin Borkowski.
123		La Tapa	Dist. Sinsicap, Prov. de Ascope. La Libertad	Fm. Tinajones-Jacay	Berriasiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 32, "La Tapa".- E. Dunin Borkowski.
124	Katty	Dist. Sinsicap, Prov. de Ascope. La Libertad	Fm. Tinajones	Berriasiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 31, Grupo de Prosp. Carbon. Katty.- E. Dunin B.	
125	Katty III	Dist. Sinsicap, Prov. de Ascope. La Libertad	Fm. Tinajones-Jacay	Berriasiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 31, Grupo de Prosp. Carbon. Katty.- E. Dunin B.	
126	Katty II	Dist. Sinsicap, Prov. de Ascope. La Libertad	Fm. Tinajones-Jacay	Berriasiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 31, Grupo de Prosp. Carbon. Katty.- E. Dunin B.	
127	Baños Chimú-Ambara	Cupisnique	Dist. de Trinidad, Prov. de Pacasmayo. La Libertad.	Oyón/Tinajones	Berriasiense	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0575 (1950), A0607 (1964).
128		Cunanten	Al sueste de Ascope, Prov. de Contumaza. Cajamarca.	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítico	E. Dunin B. ( 1990 )
129		Chapolan-Esmeralda	Qda. Huangamarca, tributaria de la Qda. Santa Ana.	Oyón/Tinajones	Berriasiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 38, "Esmeralda" - caduco.- E. Dunin Borkowski.
130		El Cepo	Qda. El Cepo - Alto Chicama	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0557. (1966).
131		César II	Al noroeste de Huayday, margen derecha del río Chuquillanqui	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítico	E. Dunin B. ( 1990 )
132		Baños Chimú	Al noroeste de Huayday, margen derecha del río Chuquillanqui	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítico	E. Dunin B. ( 1990 )
133		San Juan Bautista	Al noroeste de Huayday, margen izquierda del río Chuquillanqui	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítico	E. Dunin B. ( 1990 )
134		El Imperio	A 1 Km. del caserío Chimillanchi, pasando la Qda Pinchaday.	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	Ficha Nº 43, "El Imperio".- E. Dunin B.
135		Mina Ambara	Alturas del pueblo de Lucma, al Suroeste de Huayday.	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0568(1950), A0607 (1964), A0564
136		Huayday	Al noroeste de Huaranchal, Prov. de Otuzco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítico	E. Dunin B. ( 1990 )
137		Qda. Huaranchal	Margen derecho mina Shumin e izquierdo mina Entrenada	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0557. (1966).
138		Cerro Arenas	Cerro Arenas, poblado San Andres-Lucma.	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	E. Dunin B. ( 1990 )
139		Peña del Gallo	Quebrada Salamaca-Lucma	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	E. Dunin B. ( 1990 )
140		Huaranchal	Región de La Colpa y Agua Caliente, al Sureste de Huayday	Chimu	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0557. (1966).
141	Coína-Callacuyan	Cataullo	Al noreste de Usquil, Prov. de Otuzco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	Kopex - Minero (1975)
142		Coína	Al este de Usquil, Prov. de Otuzco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	Kopex - Minero (1975)
143		Los Andes	Al noreste de Huadalgual, Prov. de Otuzco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	Kopex - Minero (1975)
144		La Victoria	Al noreste de Huadalgual, Prov. de Otuzco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	Kopex - Minero (1975)
145		Julio César	Al noreste de Huadalgual, Prov. de Otuzco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	Kopex - Minero (1975)
146		Tres Amigos	Al noreste de Quiruvilca, Prov. de Otuzco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	Kopex - Minero (1975)
147		Shulcahuanca	Al noreste de Quiruvilca, Prov. de Otuzco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	Kopex - Minero (1975)
148		Callacuyan	Al noreste de Quiruvilca, Prov. de Otuzco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	Kopex - Minero (1975)
149		Huanaco	Noroeste de Callacuyan	Chimu	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0557. (1966).
150		Capachique. Qda.	Dist. Capachique, Prov. de Otuzco. La Libertad.	Chimu	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0607 (1964).
151		Chacomas. Zona 6	Al noreste de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimu	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	E. Dunin B. ( 1990 )
152		Chacomas. Zona 4	Al noreste de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimu	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	E. Dunin B. ( 1990 )
153		Chacomas. Zona 2	Al noreste de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimu	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	E. Dunin B. ( 1990 )
154		Chacomas. Zona 1	Al noreste de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimu	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	E. Dunin B. ( 1990 )
155	Gaby - Shona	Sílce	Al oeste de Señal Huaylillas, Prov. Sanchez Carrión. La Libertad.	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	E. Dunin B. ( 1990 )
156		Tres Ríos	Al noreste de Cachicadan, Prov. Santiago de Chuco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	E. Dunin B. ( 1990 )
157		San Pedro	Al noreste de Cachicadan, Prov. Santiago de Chuco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	E. Dunin B. ( 1990 )
158		Gaby-Angamarca	Distrito y Prov. de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimu	Valanginiense	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0607. (1964).
159		Shela	Al noreste de Cachicadan, Prov. Santiago de Chuco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	E. Dunin B. ( 1990 )
160		La Poderosa	Al noreste de Cachicadan, Prov. Santiago de Chuco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	E. Dunin B. ( 1990 )
161		San Martín de Porras	Al noreste de Cachicadan, Prov. Santiago de Chuco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	E. Dunin B. ( 1990 )
162		Shona	Al noreste de Santiago de Chuco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	E. Dunin B. ( 1990 )
163		Cachicadan	Al noreste de Santiago de Chuco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	E. Dunin B. ( 1990 )
164		Huacollana	Al sureste de Santiago de Chuco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	E. Dunin B. ( 1990 )
165		Gallarday	Al sureste de Santiago de Chuco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	E. Dunin B. ( 1990 )
166		Peña del Pajaro	Al noroeste de Santiago de Chuco. La Libertad	Fm. Chimú	Valanginiense	Antracítica	E. Dunin B. ( 1990 )

**CUENCA GOYLLARISQUIZGA**

Nº	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACION	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
167	Goyllarisquizga	Pillao	Cerca al pueblo de San Pedro de Pillao	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Broggi, 1927.
168		Yanahuanca	Cerca de a la localidad de Yanahuanca - Oyon	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Broggi, 1927.
169		Goyllarisquizga	Dist. Goyllarisquizga, Prov. Alcides Carrión. Pasco	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Broggi, 1927.
170		Quihuarcancha	Dist. Vilcabamba, Prov. Alcides Carrión. Pasco	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Broggi, 1927.
171		Marcapomacocha	Dist. Marcapomacocha, Prov. Yauti. Junín	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Broggi, 1927.
172		Pomacocha	Dist. Marcapomacocha, Prov. Yauti. Junín	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Broggi, 1927.

**CUENCA JATUNHUASI**

Nº	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACION	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
173	Jatunhuasi	Estancia	Sur de Chaucha, camino a Yauricocha	Goyllarisquizga	Neocomiense	Antracítico	Carrascal et al; (1995)
174		Calancho	A 22 Km. hacia el Oeste del pueblo de Chuyapampa	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Proy. carbonifero de Jatunhuasi - Centromin Peru (1978)
175		Riqueza	Se ubica a 20 Km. al Norte del poblado de Pilcocancha	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Proy. carbonifero de Jatunhuasi - Centromin Peru (1978)
176		Aida	A 20 Km. al Suroeste del pueblo de Chuyapampa	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Proy. carbonifero de Jatunhuasi - Centromin Peru (1978)
177		Celica	A 2 Km. de Negro Bueno y 11 Km. al Noreste de Pilcocancha	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Proy. carbonifero de Jatunhuasi - Centromin Peru (1978)
178		Negro Bueno	Se ubica a 13 Km. al Este del poblado de Pilcocancha	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Proy. carbonifero de Jatunhuasi - Centromin Peru (1978)
179		Cosmos	Se ubica a 20 Km. al Este de la localidad de Pilcocancha	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Proy. carbonifero de Jatunhuasi - Centromin Peru (1978)
180		Insolina	Se encuentra al Oeste del poblado de Tunapajcha	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Proy. carbonifero de Jatunhuasi - Centromin Peru (1978)
181		Huanchao	Se localiza a 2 Km. de Insolina, al Oeste de Tunapajcha	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Proy. carbonifero de Jatunhuasi - Centromin Peru (1978)
182		Esperanza	A 15 Km al Suroeste del pueblo de Tunapajcha	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Proy. carbonifero de Jatunhuasi - Centromin Peru (1978)
183		Tucto	Ubicado a 12 Km. al Norte de Sto. Domingo de Cachi	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Proy. carbonifero de Jatunhuasi - Centromin Peru (1978)
184		Chaucha	Provs. Huancayo-Concepción-Jauja-Yauyos. Junín-Lima	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Curso: Combustión Industrial en el Perú
185		Huascacocha	Se localiza a 10 Km al Oeste del pueblo de Sto. Domingo de Cachi	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Proy. carbonifero de Jatunhuasi - Centromin Peru (1978)
186		Llacsá	Provs. Huancayo-Concepción-Jauja-Yauyos. Junín-Lima	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Curso: Combustión Industrial en el Perú
187		Cachi Norte	Provs. Huancayo-Concepción-Jauja-Yauyos. Junín-Lima	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Curso: Combustión Industrial en el Perú
188		Cachi Sur	Provs. Huancayo-Concepción-Jauja-Yauyos. Junín-Lima	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Proy. carbonifero de Jatunhuasi - Centromin Peru (1978) Curso: Combustión Industrial en el Perú
189		Jatunhuasi	Dist. S. J. Quero, Prov. De Concepción. Junín.	Goyllarisquizga	Neocomiense	Sub bituminoso	Proy. carbonifero de Jatunhuasi - Centromin Peru (1978) Curso: Combustión Industrial en el Perú

OTRAS CUENCAS MESOZOICAS

N°	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACION	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
190	Cajamarca	Piñipata	Río Llaucano, 12 Km. al Este de Bambamarca.	Chimu	Valanginiense	Antracita	Ingemmet. A.T: A0672
191		Tuco	Dist. Hualgayoc. Cajamarca.	Chimú	Valanginiense	Antracita	Ingemmet. A.T: A0602 (1964).
192		Punre	C° Punre, Perolillo, Campana, el Lago y Quinuacucho. Cajamarca.	Chimú	Valanginiense	Antracita	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
193		Sunchubamba	Sunchubamba. Cajamarca.	Chimú	Valanginiense	Antracita	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
194		Cochamarca	Cochamarca. Cajamarca.	Chimú	Valanginiense	Antracita	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
195		Chotén	Chotén. Cajamarca.	Chimú	Valanginiense	Antracita	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
196		Yumagual	Yumagual. Cajamarca	Chimú	Valanginiense	Antracita	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
197		Shicuana	Shicuana. Cajamarca.	Chimú	Valanginiense	Antracita	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
198		Tayamac	Hacienda y quebrada de Tamayac a 40 Km. de Arazcorgue -- Cajamarca.	Chimú	Valanginiense	Antracita	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
199		El Ferrol 3	Dist. Hualgayoc, Prov. de Hualgayoc. Cajamarca.	Chimú	Valanginiense	Antracita	Rómulo Mucho.1992
200		San Marcos	Dist. de San Marcos, Prov. De Cajamarca. Cajamarca.	Chimú	Valanginiense	Sub bituminoso	Rómulo Mucho.1992
201		La Gloria	Dist. de Cochabamba, Prov. de Chota. Cajamarca.	Chimú	Valanginiense	Antracita	Rómulo Mucho.1992
202		Huasmin	Dist. de Huasmin, Prov. de Celendín. Cajamarca.	Chimú	Valanginiense	Sub bituminoso	Rómulo Mucho.1992
203		Bazán	Dist. de San Benito, Prov. de Contumazá. Cajamarca.	Chimú	Valanginiense	Antracita	Ingemmet. A.T: A0557 (1966).
204		Guangamarca	Dist. de San Benito, Prov. de Contumazá. Cajamarca.	Chimú	Valanginiense	Antracita	Ingemmet. A.T: A0557 (1966).
205	Membrillar	Dist. de San Benito, Prov. de Contumazá. Cajamarca.	Chimú	Valanginiense	Antracita	Ingemmet. A.T: A0557 (1966).	
206	Chiclayo	Ocurrencia 1	Prov. de Lambayeque, Dep. Lambayeque	San Pedro	Neocomiense	Antracitas	Ingemmet. AT: A0606 (1964).
207		Ocurrencia 2	Motupe. Dep. Lambayeque	San Pedro	Neocomiense	Antracitas	Ingemmet. AT: A0142
208		Motupe	Motupe. Dep. Lambayeque	San Pedro	Neocomiense	Antracitas	Curso: Combustión Industrial en el Perú
209	Grupo Oriente	Ocurrencia 1	Río Potro, Prov. Alto Amazonas	Cushabatay	Neocomiense	Antracitas - Bituminoso	Ingemmet. A.T: A1451 (1971).
210		Ocurrencia 2	Río Napo - Loreto	Cushabatay	Neocomiense	Lignito	Ingemmet. A.T: B0682 (1943).
211		Ocurrencia 3	Cercanías de Chachapoyas y Bagua - Amazonas	Cushabatay	Neocomiense	Lignito	Ingemmet. A.T: A0598 - A0096 (1964).
212		Ocurrencia 4	Loc. de Pupos cerca de Cheto, Prov. de Bongará - Amazonas.	Cushabatay	Neocomiense	Lignito	Ingemmet. A.T: A1451 (1971).

## CUENCAS CENOZOICAS

### CUENCA YANACANCHA

N°	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACION	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
213	Yanacancha	Yanacancha	Hda. Yanacancha, camino a Bambamarca - Cajamarca	Porculla	Terciario	Sub-bituminoso	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
214		Mina Vieja	Hda. Yanacancha, camino a Bambamarca - Cajamarca	Porculla	Terciario	Sub-bituminoso	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
215		Mina Vieja Antigua	Hda. Yanacancha, camino a Bambamarca - Cajamarca	Porculla	Terciario	Sub-bituminoso	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
216		Mina La Esperanza o Sinsimpampa	Hda. Yanacancha, camino a Bambamarca - Cajamarca	Porculla	Terciario	Sub-bituminoso	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
217		Mina Pedregal	Hda. Yanacancha, camino a Bambamarca - Cajamarca	Porculla	Terciario	Sub-bituminoso	Ingemmet. A.T: 572. (1966).

### CUENCA TUMBES

N°	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACION	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
218	Tumbes	Acantilado de Mal Paso	Acantilados, panamericana Norte - Tumbes	Fm. Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
219		Caleta Grau	Acantilados, panamericana Norte - Tumbes	Fm. Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
220		Los Pinos	Acantilados, panamericana Norte - Tumbes	Fm. Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
221		Bocapan	Acantilados, panamericana Norte - Tumbes	Fm. Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
222		Punta Bonanza	Acantilados, panamericana Norte, km 1282 - Cerca de Zorritos	Fm. Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
223		Punta Gigantal	Acantilados, panamericana Norte - Tumbes	Fm. Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
224		Caleta de Acapulco	Acantilados, panamericana Norte - Tumbes	Fm. Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
225		Punta Pico	Acantilados, panamericana Norte - Tumbes	Fm. Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
226		Tumbes	Dist. Zorritos, Prov. Comandante Espinar. Tumbes.	Fm. Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
227		Ocurrencia 1	Quebrada Peroles y quebrada Mal Paso	Fm. Zorritos	Mioceno	Lignito	Ingemmet. AT: A3757. XIII Convención de Ingenieros de Minas 1976
228	Piura	Cancas	Acantilados, panamericana Norte - Piura	Fm. Máncora	Oligoceno	Lignito	Cruzado (1985)
229		Peña Negra	Acantilados, panamericana Norte - Piura	Ostrea	Eoceno	Lignito	Cruzado (1985)
230		Carrizo	Acantilados, panamericana Norte - Piura	Ostrea	Eoceno	Lignito	Cruzado (1985)
231		Jahuay Negro	Dist. Sullana, Prov. Sullana. Piura.	Ostrea	Eoceno	Sub-bituminoso	Cruzado (1985)

### CUENCA LORETO

N°	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACION	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
232	Putumayo	Flor de Agosto	En las cercanías al poblado Flor de Agosto - Dpto. de Loreto	Fm. Pebas	Mioceno - Plioceno	Lignito	Cruzado (1985)
233		Río Putumayo	En las cercanías al poblado Flor de Agosto, en el Río Putumayo-Loreto	Fm. Pebas	Mioceno - Plioceno	Lignito	Cruzado (1985)
234	Alto Amazonas	Alto Amazonas	En las áreas del río Solimones, Yavari, Isa, Dpto de Loreto - Limite con Brasil	Fm. Pebas	Mioceno - Plioceno	Lignito	Oliveira et al; (1919)