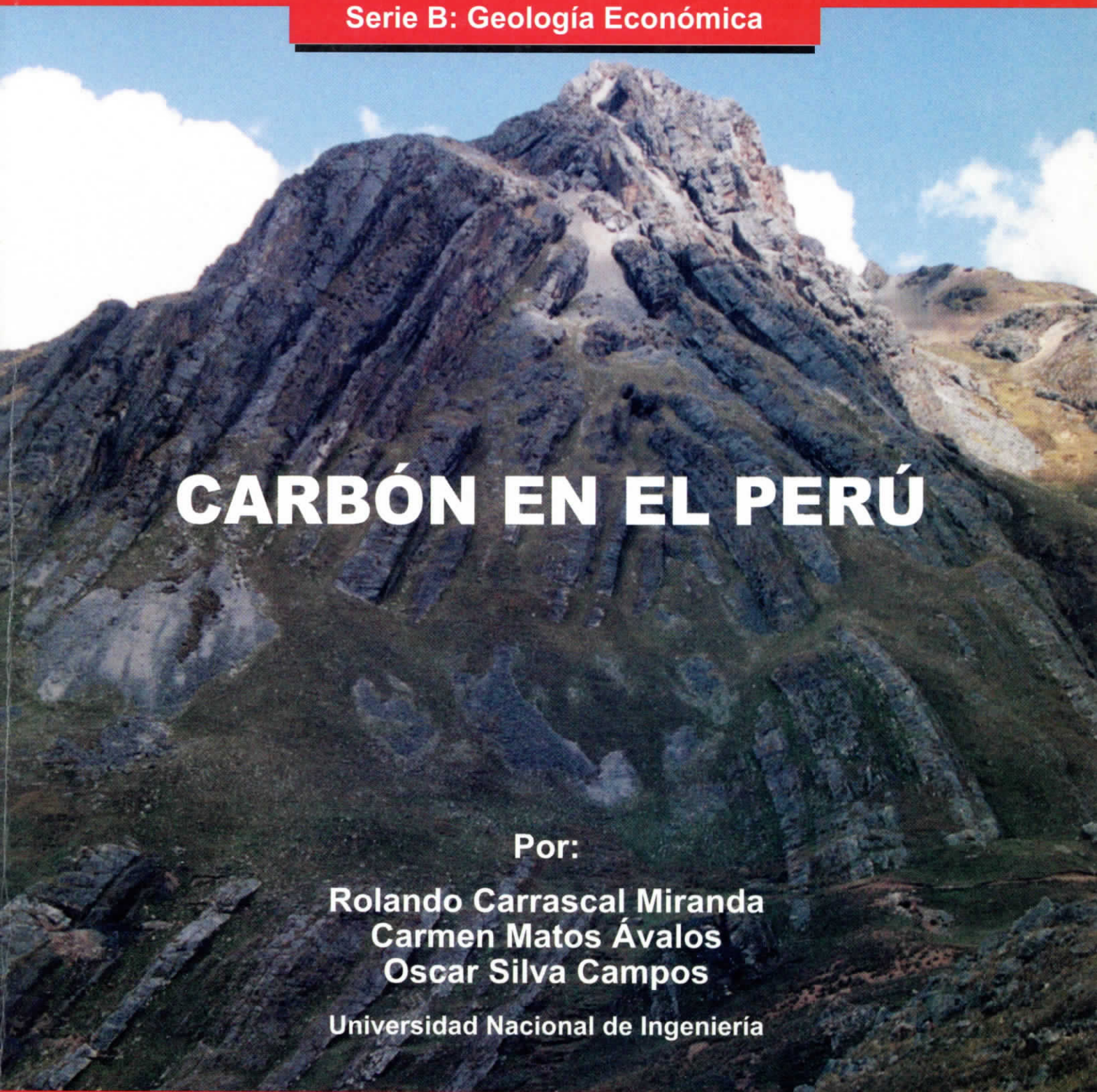
REPÚBLICA DEL PERÚ

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

BOLETÍN Nº 7
Serie B: Geología Económica



CARBÓN EN EL PERÚ

Por:

Rolando Carrascal Miranda
Carmen Matos Ávalos
Oscar Silva Campos

Universidad Nacional de Ingeniería

INGEMMET

Lima - Perú
Octubre, 2000

REPÚBLICA DEL PERÚ

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

BOLETÍN N° 7
Serie B: Geología Económica

CARBÓN EN EL PERÚ

Por:

Rolando Carrascal Miranda
Carmen Matos Ávalos
Oscar Silva Campos

Universidad Nacional de Ingeniería

INGEMMET

Lima - Perú
Octubre, 2000

⚒ INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

JORGE CHAMOT SARMIENTO
Ministro de Energía y Minas

EDUARDO PANDO PACHECO
Vice-Ministro de Minas

JUAN MENDOZA MARSANO
Presidente del Consejo Directivo del INGEMMET

MARCIAL GARCÍA GARCÍA - ROBERT PLENGE CANNOCK - LINDBERG MEZA CÁRDENAS - GERARDO PÉREZ DEL ÁGUILA - FERNANDO PERALES CALDERÓN
Consejo Directivo

HUGO RIVERA MANTILLA
Director Técnico

FUNCIONARIOS TÉCNICOS RESPONSABLES

ÓSCAR PALACIOS MONCAYO
Director General de Geología

MANUEL PAZ MAIDANA
Director de Prospección Minera

FRANCISCO HERRERA ROMERO
Director de Información y Promoción

Coordinación, Revisión y Edición
Dirección de Información y Promoción, INGEMMET
Primera Edición, INGEMMET 2000
Lima - Perú
Se terminó de imprimir el 08 de noviembre del año 2000 en el INGEMMET

Hecho el Depósito Legal N° 1501302000-3658
Razón Social : Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)
Domicilio : Av. Canadá 1470, San Borja - Lima-Perú

Contenido

PRESENTACIÓN 1
RESUMEN 3

PARTE I: GEOLOGÍA DE LOS CARBONES PERUANOS 5

Capítulo I 7
INTRODUCCIÓN 7
1.1 ANTECEDENTES, HISTORIA, ESTADO ACTUAL Y OBJETIVOS 7
1.2 DEFINICIÓN, ORIGEN, COMPOSICIÓN Y RANGO DEL CARBÓN 9
Composición petrográfica 9
1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS CARBONES 13
1.4 MUESTREO, PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DEL CARBÓN 13

Capítulo II 17
CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL DE LAS CUENCAS 17
2.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y ACCESIBILIDAD 17
2.2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL 17

Capítulo III 23
GEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENCAS CARBONÍFERAS 23
3.1 CUENCAS PALEOZOICAS 23
3.2 CUENCAS MESOZOICAS 25
3.2.1 Cuenca de Yura 26
3.2.2 Cuencas de Oyón, Santa y Alto Chicama 27
3.2.2.1 Cuenca de Oyón 27
Ocurrencias de carbón y sus características 31
3.2.2.2 Cuenca del Santa 38
Ocurrencias y características de las capas de carbón 38
3.2.2.3 Cuenca del Alto Chicama 47
3.2.3 Cuencas de Goyllarisquizga y Jatunhuasi 61
3.2.3.1 Cuenca de Goyllarisquizga 61
3.2.3.2 Cuenca de Jatunhuasi 65
3.2.4 Otras Cuencas 69
Cuenca de Cajamarca 69
Cuenca de Chiclayo 70
Cuenca del Alto Pativilca 70

Cuenca del Grupo Oriente 70
3.2.5 Interpretación del ambiente deposicional y evolución de los carbones mesozoicos dentro del contexto geológico regional de los Andes peruanos 71
3.2.5.1 Medio ambiente paleogeográfico 71
3.2.5.2 Evolución térmica y distribución regional del rango 72
3.3 CUENCAS CENOZOICAS 76
3.3.1 Cuenca de Yanacancha 76
3.3.2 Cuenca de Tumbes-Piura 84
3.3.3 Cuenca de Loreto 86

Capítulo IV 91
RECURSOS Y RESERVAS DE CARBÓN 91
4.1 ESTIMACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS POR CLASES DE CARBÓN EN EL PERÚ 91
4.1.1 Cuencas Paleozoicas 92
4.1.2 Cuencas Mesozoicas 92
4.1.3 Cuencas Cenozoicas 99
4.2 RECURSOS Y RESERVAS TOTALES A NIVEL DEL PAÍS 99

Capítulo V 105
ZONAS PROMISORIAS PARA LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE CARBÓN 105
5.1 EXPLORACIÓN POR CLASES DE CARBÓN 105
Carbones Antracíticos / Meta-antracíticos 105
Carbones Bituminosos 111
Lignitos 113
5.2 ZONAS CON POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN 113
Cuenca de Oyón 113
Cuenca del Alto Chicama 115

PARTE II: MINERÍA Y UTILIZACIÓN DEL CARBÓN 117

Capítulo VI 119
MINERÍA DEL CARBÓN EN EL PERÚ 119
6.1 ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL 119
6.2 COTIZACIÓN DEL CARBÓN EN EL MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL 122
6.3 EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS DEL MERCADO 122
6.4 ASPECTOS TÉCNICOS MINEROS DE LA EXPLOTACIÓN 128

Capítulo VII 131
PREPARACIÓN, CONVERSIÓN Y UTILIZACIÓN INDUSTRIAL DEL CARBÓN 131
7.1 PREPARACIÓN DEL CARBÓN PARA USO INDUSTRIAL 131
7.2 PERSPECTIVAS DE UTILIZACIÓN INDUSTRIAL 131

Capítulo VIII **135**
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 135
8.1 CONCLUSIONES 135
Geología de los carbones peruanos 135
Geología y paleogeografía de las series con carbón 135
Tipo, origen y ambiente deposicional de los carbones 136
Rango de los carbones y su distribución 136
Perspectivas de exploración, explotación y recursos de carbón 137
Minería del Carbón en el Perú 138
Utilización del Carbón en el Perú 139
8.2 RECOMENDACIONES 139
Geología 139
Minería 139

BIBLIOGRAFÍA 141

PRESENTACIÓN

Existen numerosos estudios, en el país, relacionados con la ocurrencia del carbón en cuencas de diferentes edades geológicas, así como información de que hasta la primera mitad del siglo pasado se trabajaron algunos depósitos carboníferos a mediana escala; pero cuya operación no alcanzó una continuidad mayor a 20 años.

Al presente, el aprovechamiento de este recurso, lo realizan pequeños mineros mediante operaciones artesanales que no registran un volumen significativo de producción, existiendo algunos complejos industriales que utilizan carbón importado como generador de energía, mezclado con pequeña cantidades de producción nacional, o pequeñas industrias que utilizan parte de esta producción local.

Con el objetivo de contar con un texto de introducción e información existente, el INGEMMET contrató con la Universidad Nacional de Ingeniería, la preparación del texto CARBÓN EN EL PERÚ, que contenga información sobre aspectos geológicos de las diferentes cuencas carboníferas así como las características petrográficas y geoquímicas de los carbones peruanos, las reservas geológicas, las reservas consideradas económicas y las perspectivas de exploración y explotación, además de algunos datos sobre la minería y utilización de los carbones peruanos.

Esperamos que este trabajo contribuya a establecer el conocimiento sobre las posibilidades de explotación económica del carbón en el Perú.

RESUMEN

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

Los estudios permiten indicar que los carbones de las cuencas paleozoicas se localizan en el Grupo Ambo del Mississipiano, de origen continental, conteniendo niveles carbonosos de grosores reducidos, inferiores a 1 m.

Los carbones mesozoicos se formaron en la Cuenca Oeste Peruana durante el Jurásico superior-Cretáceo inferior. El desarrollo de esta cuenca tuvo lugar de sur a norte del país, con la cuenca de Yura (Calloviano) al sur y del Grupo Goyllarisquizga (Neocomiano) al norte. En las facies noroccidentales 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 noroccidentales las capas de carbón se concentran en tres series portadoras (una en la Fm. Oyón y dos en la Fm. Chimú) y en las facies orientales-meridionales ocurren dos series situadas al piso y al techo del Grupo Goyllarisquizga indiferenciado. En general, los carbones se originaron en facies deltaicas bajo la influencia de agua dulce y salobre, como parte de un gran delta cuyos materiales procedían del geoanticlinal del Marañón y en menor grado de los escudos del Brasil y Guyana.

Las cuencas cenozoicas son del tipo traspaís (Tumbes-Piura) y antepaís (Loreto) de carácter parálicas siendo algunas cuencas intramontañosas (Yanacancha).

Todos los carbones peruanos son de origen húmico y autóctono o 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 en los carbones cenozoicos el rango va de lignitos a sub-bituminosos.

La distribución del rango de los carbones paleozoicos y mesozoicos muestran una zonación regional bien definida en franjas paralelas 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 del Santa, Alto Chicama y la parte oeste de Oyón y Yura. La franja bituminosa, se localiza hacia el este siendo paralela a la anterior, en ella se sitúan las cuencas de Goyllarisquizga, Jatunhuasi y parte este de Oyón y Yura. El alto rango y zonación es consecuencia del metamorfismo regional causado por los cuerpos intrusivos del Batolito de la Costa y la 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 de los carbones tales como su fuerte anisotropía y estadío de semi-grafitización en algunos casos. Todo ello ha sido consecuencia de la actividad magmática y tectónica de la orogenia andina.

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

Los recursos de carbón totales estimados alcanzan 1.054 Mt de los cuales, el 78,3% (825,1 Mt) provienen de las cuencas mesozoicas, el 21,4 % (226 Mt) de las cenozoicas y el 0,3 % (2,95 Mt) de las paleozoicas. El 52,5 % (553,5 Mt) del total de los recursos son carbones de rango antracítico/meta-antracítico, el 10,9 % (115,2 Mt) semi-antracíticos, el 8,9 % (93,5 Mt) bituminosos, el 8.7 % (66.5 Mt) sub-bituminosos y el 19,1 % (201 Mt) lignitos. Se estiman como reservas probadas totales de carbón sólo 49,02 Mt.

Al presente la minería de carbón, en el país, es artesanal y de pequeña escala. Históricamente en la década del 50 tuvo su mayor auge llegándose a explotar a mayor escala para su exportación a Francia y Argentina. El yacimiento de Goyllarisquizga ha sido la única mina explotada sistemáticamente.

Las grandes industrias, del Perú, 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. Las antracitas peruanas son utilizadas principalmente como fuente de energía para pequeñas industrias.

Para la explotación del carbón, en el Perú, se requiere aplicar una metodología adecuada a las condiciones estructurales de las capas de carbón en las diferentes cuencas por tratarse mayormente de capas muy disturbadas, subverticales, con grosores que varían de 0,5 a 2 m, a excepción de casos puntuales que alcanzan mayores grosores; al mismo tiempo se requiere mejorar la infraestructura vial.

PARTE I

GEOLOGÍA DE LOS CARBONES PERUANOS

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES, HISTORIA, ESTADO ACTUAL Y OBJETIVOS

Diversos son los trabajos que se han realizado sobre los carbones del Perú: M. E. DE RIVERO (1855), MÁLAGA SANTOLALLA (1921), LISSÓN (1925), RASSMUSS (1926), BROGGI (1927), STEINMANN (1929), TORRES VARGAS (1943), entre otros. Los de carácter geológico regional: STAPPEMBECK (1929), BENAVIDES (1956), WILSON (1963), WILSON et al. (1967), COSSÍO (1964), COSSÍO y JAÉN (1967), COBBING et al. (1978), MEGARD (1978), ESCUDERO (1979), AGRAMONTE (1985), DUNIN BORKOWSKI (1981, 1983, 1984, 1985) y WEIESENNBACH (1986). Destaca la evaluación geológica y económica realizada por Kopex-Mineroperú (1973 y 1975) sobre las cuencas de Oyón y Alto Chicama. Trabajos de carácter geológico-estratigráfico (INGEMMET, 1992) sobre la cuenca del Santa y de Siderperú (1980) sobre la cuenca de Oyón. Trabajos concernientes a los elementos traza contenidos en carbones son escasos, entre ellos destacan los de OJEDA et al. (1985) y CARRASCAL (1996). Trabajos petrográficos puntuales como de LIPIARSKI et al. (1977), PEARSON (1981), CARRASCAL (1996) sobre carbones de Oyón, Santa, Alto Chicama, Yanacancha y CARRASCAL et al. (1998) sobre carbones de Jatunhuasi.

Existen numerosas referencias de carácter puntual relacionadas con análisis inmediatos de los carbones, siendo la mayoría informes técnicos inéditos.

Historia: Las primeras aplicaciones industriales se realizaron en 1816 en Cerro de Pasco, con carbones provenientes de Rancas (M. E. DE RIVERO, 1855). En 1891 la fundición El Carmen (Yauli) empleó 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 empresa. En 1911 la región de Quishuarcancha entró en producción alcanzando hasta 1917 un total de 80 269 t de carbón (BROGGI, 1927).

En el norte del Perú, la antracita fue explotada en pequeña escala desde las primeras décadas del siglo pasado. Entre los años 1943 y 1956 operaron las minas La Galgada, Cocabal y La Limeña localizadas en la cuenca del Santa, con capacidad de 250 t/d cada una. Se explotaron para exportar al mercado argentino y ocasionalmente a Francia. Duran-

te 14 años produjeron 1 206 153 tonelada de carbón bruto equivalentes a 640 000 tonelada 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 toneladas de antracita en las cuencas del Santa, Alto Chicama y Oyón. El mayor productor fue la Sociedad Minera San Roque de Mancos SRL. La importación alcanzó las 437 000 tonelada de carbones bituminosos. La explotación actual de las antracitas es pequeña y artesanal, siendo los costos de transporte elevados, la producción es heterogénea e insegura.

El mercado nacional más importante de carbón se localiza en Lima donde se concentra la industria del país. La utilización del carbón se restringe a ladrilleras, cubilotes y fraguas. El mayor requerimiento de consumo de carbón lo constituye la industria del cemento y la producción de acero, los que se abastecen casi en su totalidad de carbón importado. Así, en 1998 Larcarbón importó 240 580 toneladas de carbones bituminosos de alto contenido de volátiles de Venezuela/Colombia para abastecer a Cementos Lima y Cemento Andino en la producción de clinker. Cementos Norte Pacasmayo también importó 77 727 toneladas de carbones bituminosos con las mismas características de Venezuela/Colombia. Doe Run Perú importó 50 400 toneladas de hullas bituminosas coquificables de E.U.A./Australia, Aceros Arequipa 50 217 toneladas de carbón bituminoso de Colombia y Cementos Sur 18 090 toneladas de carbón Venezolano.

En el Perú los carbones bituminosos de alto a bajo contenido de 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.

La siderúrgica de Chimbote (Acerco), ubicada en la costa del departamento de Ancash, utiliza antracita en un gasógeno Welmann-Galusha, asimismo tiene una planta experimental de reducción directa que utiliza antracita, habiendo importado 165 598 toneladas de coque para su producción de arrabio.

Doe Run Perú en 1998 produjo 39 787 toneladas de coque que fueron utilizados en la fundición de La Oroya. Cementos Pacasmayo utiliza antracitas peruanas en la elaboración de clinker utilizando hornos rotativos.

Han existido numerosos intentos de instalar plantas térmicas (carboeléctricas) como las de Tablones en la cuenca del Santa, Coina en el Alto Chicama (500 Mw), Electroperú (100 Mw) en la Galgada o Caraz. Se tiene conocimiento que en Ilo Enersur construirá una central térmica de carbón de 464 megavatios.

Objetivos: *La presente información actualizada,* esperamos sirva de consulta a los estudiantes, profesionales, inversionistas y empresarios relacionados al quehacer de este recurso.

1.2 DEFINICIÓN, ORIGEN, COMPOSICIÓN Y RANGO DEL CARBÓN

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

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 requiere, no sólo de una productividad orgánica alta, sino además, de la existencia de condiciones específicas en el propio ambiente sedimentario referentes al potencial redox, 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.

Los carbones según el lugar de origen pueden ser: autóctonos (in situ) y alóctonos (transportados).

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

El 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. El 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).

Composición petrográfica

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

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

Microscópica: Los carbones están constituidos por diversos componentes orgánicos denominados macerales, los cuales sólo se identifican al microscopio, proporcionando una textura macroscópica a los litotipos. Los macerales han sido clasificados (ICCP, 1963, 1971, 1975) en tres grupos: Huminita/vitrinita, Liptinita e Inertinita en función a su diferente origen y el modo de preservación/evolución en los sedimentos.

Los componentes del grupo Huminita/vitrinita se clasifican en: humotelinita, humocolinita y humodetrinita en los carbones de bajo rango (lignitos). Estos macerales son los precursores del grupo Vitrinita: telinita, colinita, telocolinita, gelocolinita, desmocolinita, corpocolinita y vitrodetrinita en carbones de rango bituminosos a antracíticos.

El grupo Liptinita incluye los macerales que proceden de aquellas partes de las plantas químicamente más resistentes. Los macerales de este grupo se clasifican según la procedencia de partes específicas de las plantas o de sus productos en: alginita, esporinita, cutinita, suberinita, resinita, fluorinita, exudatinita, bituminita y liptodetrinita.

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 estadío 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 derivan los grupos Vitrinita y Liptinita. Este grupo se divide en: fusinita, semifusinita, macrinita, micrinita, esclerotinita e inertodetrinita (Tabla 1.1).

En los carbones peruanos se han reconocido los grupos Vitrinita (telinita, desmocolinita, telocolinita, gelocolinita, corpocolinita), Liptinita (esporinita, cutinita, resinita, fluorinita) e Inertinita (fusinita, semifusinita, micrinita, macrinita, esclerotinita, inertodetrinita).

Composición química: 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.

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).

Carbonificación 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 químí-

LIGNITOS				HULLAS		
Grupo Maceral	**Subgrupo Maceral**	**Maceral**	**Tipo Maceral**	**Tipo Maceral**	**Maceral**	**Grupo Maceral**
HUMINITA	Humotelinita	Textinita Ulminita	Texto-ulminita Eu-ulminita	Telinita 1 Telinita 2	**Telinita ***	VITRINITA
	Humodetrinita	Atrinita Densinita			Vitrodetrinita	
	Humocolinita	Gelinita Corpo-huminita	Levigelinita Porigelinita Flobafinita Pseudo-flobafinita	**Desmocolinita *** **Telocolinita *** **Gelocolinita *** **Corpocolinita ***	Colinita	
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 1.1. Clasificación de los macerales constituyentes del carbón (Según ICCP, 1971 y 1975).

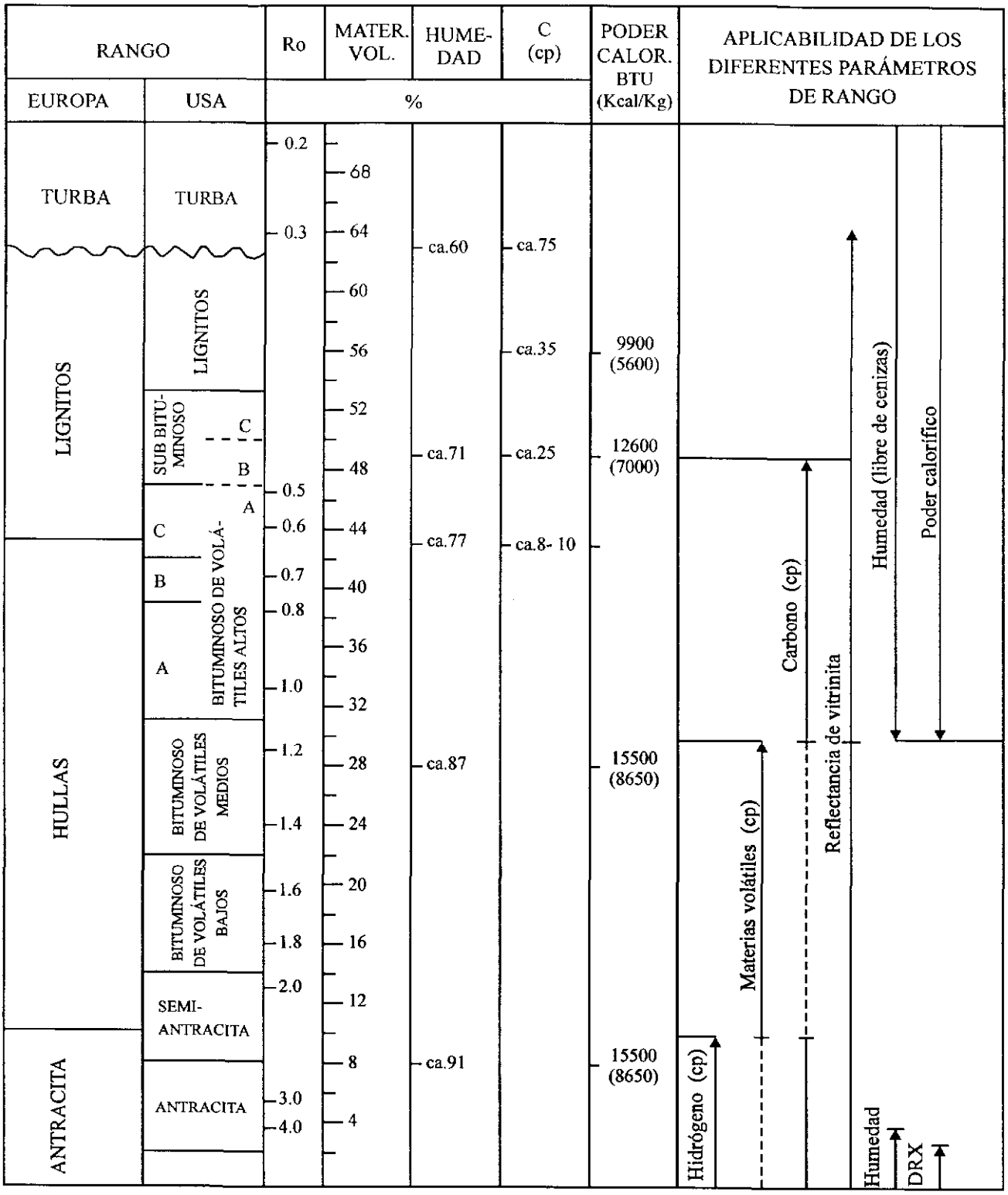


Tabla 1.2 Estadios de carbonificación basados en propiedades físico-químicos del carbón (adaptado de TEICHMULLER, 1982).

cas de los restos vegetales por acción de los factores: temperatura, tiempo y presión, que causan 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. En la carbonificación geoquímica interviene la temperatura y la presión a lo largo de importantes periodos de tiempo. Así, cambios progresivos de tipo físico-químico se originan durante el paso sucesivo de los carbones entre el estadío de lignito a hullas y al de antracitas. Este proceso engloba las etapas de diagénesis, catagénesis y metagénesis.

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

1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS CARBONES

La clasificación de los carbones está basada principalmente en la clase del carbón (rango), grado de pureza y tamaño de grano. La de mayor importancia es la clasificación por rango, determinada por las 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 lignitos, sub-bituminosos, bituminosos, antracitas y meta-antracitas según la clasificación USA-ASTM (Tabla 1.2).

La *clasificación tecnológica* internacional de los carbones se basa en los contenidos de materias volátiles, índices de Roga (propiedades aglutinantes), dilatación máxima (ensayos de dilatómetro Arnu-Audibert) o tipo de coque (ensayo Gray King) y poder calorífico bruto.

En el Perú predominan los carbones antracíticos y meta-antracíticos y en menor proporción bituminosos (hullas) y lignitos.

1.4 MUESTREO, PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DEL CARBÓN

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

de muestra es variable dependiendo del grosor de la capa, pero 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, Jatunhuasi y Yanacancha fueron de carácter sistemático y en algunos casos puntuales (CARRASCAL, 1996, 1998). Para las demás cuencas, de acuerdo a la información que se consigna en los informes de los estudios realizados, el muestreo ha sido en la mayoría de los casos de carácter puntual o industrial (mezclas promedio).

Preparación de muestras: En el estudio de los carbones se recomienda seguir la metodología propuesta por el Comité Internacional de Petrografía del Carbón (ICCP, 1975) a fin de asegurar la fiabilidad y representatividad de los análisis.

En general, la preparación de las muestras 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 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 microscópico óptico 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 la norma ISO 7404/2.

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). Sólo los carbones de bajo rango 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: 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 del azufre (norma ISO-157).
- Determinación del poder calorífico (ASTM-2015-91).
- Pirólisis rock-eval, espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (IRTF), y 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.

La metodología de preparación, los análisis petrográficos y geoquímicos señalados se realizaron en el estudio de los carbones procedentes de Oyón, Santa, Alto Chicama, Jatunhuasi y Yanacancha (CARRASCAL, 1996, 1998).

Capítulo II

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL DE LAS CUENCAS

2.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y ACCESIBILIDAD

Los depósitos de carbón en el Perú se han formado en cuencas continentales que pertenecen al Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, presentando condiciones particulares durante su deposición. Su distribución actual ocupa franjas de la configuración general del territorio, el mismo que ha sido dividido en unidades morfoestructurales definidas, y orientadas en forma subparalela al borde continental: Cordillera de la Costa, Llanuras Pre-andinas, Cordillera Occidental, Franja de Volcanes, Franja Interandina, Cordillera Oriental, Franja Subandina y el Llano Amazónico (Fig. N° 2.1).

La accesibilidad a las cuencas de carbón se hace principalmente por carreteras afirmadas, en algunos tramos asfaltadas y caminos carrozables. Los puertos de interés para la exportación del carbón peruano son: Eten, Salaverry, Chimbote, Supe, Callao, San Juan de Marcona, Matarani e Ilo.

2.2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

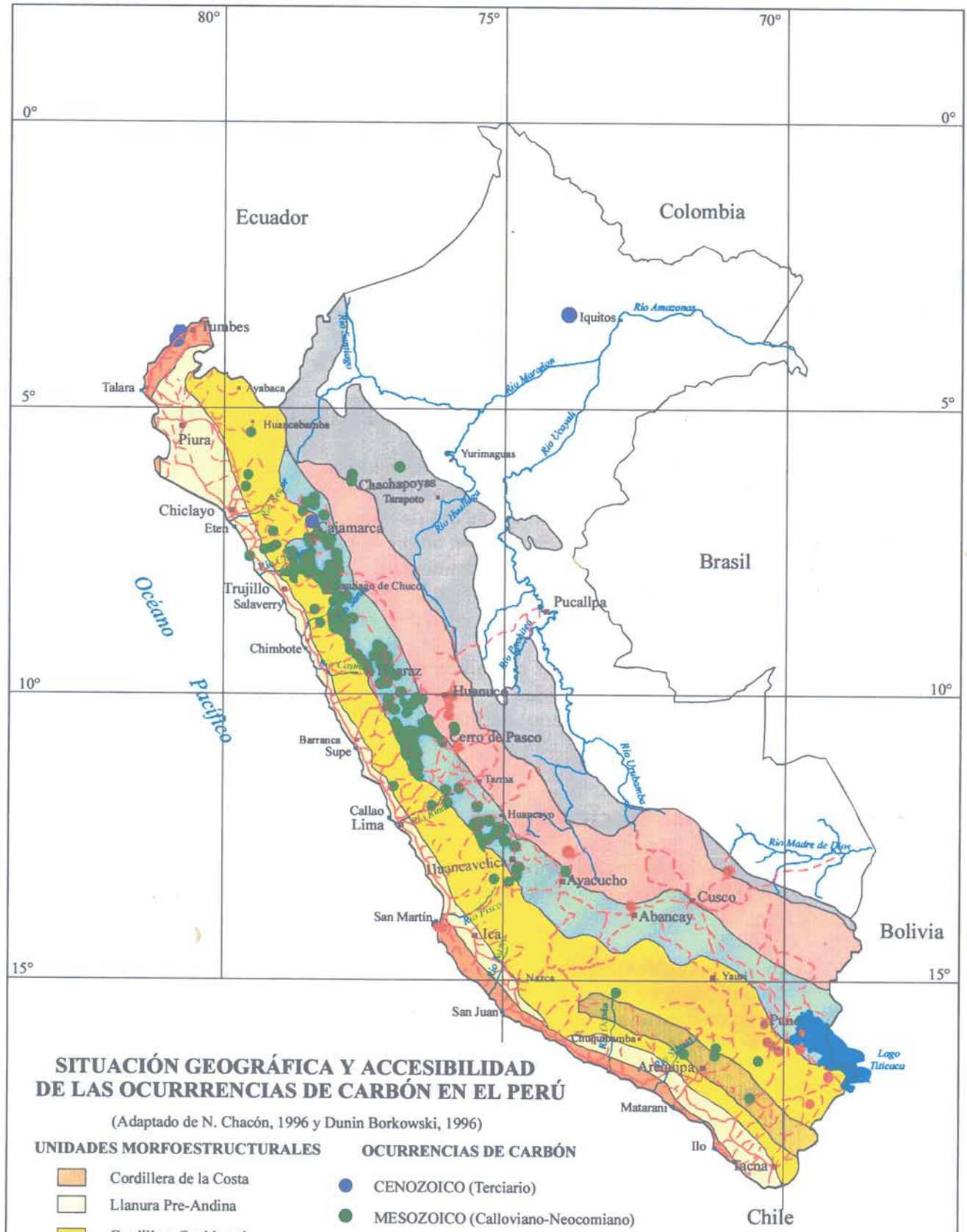
A lo largo de los Andes peruanos se localizan numerosas cuencas con carbón, que corresponden al Paleozoico superior (Carbonífero), Jurásico superior-Cretáceo inferior y Terciario.

Cuencas Paleozoicas: Se localizan en la Cordillera Oriental del centro y sur del Perú y están contenidas en las molasas del Grupo Ambo del Mississipiano (NEWELL et al., 1953). También han sido citados yacimientos de carbón en pequeñas cuencas de la zona costera de Paracas (Fig. N° 2.2).

Los recursos de carbón en estas cuencas son reducidos, sus capas son delgadas y bastante discontinuas gradando lateralmente a lutitas carbonosas.

En cuanto al rango, tradicionalmente estos 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 períodos de emergencia que



SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y ACCESIBILIDAD DE LAS OCURRRENCIAS DE CARBÓN EN EL PERÚ

(Adaptado de N. Chacón, 1996 y Dunin Borkowski, 1996)

UNIDADES MORFOESTRUCTURALES

- Cordillera de la Costa
- Llanura Pre-Andina
- Cordillera Occidental
- Volcanes activos
- Faja Interandina
- Cordillera Oriental
- Faja Sub-Andina
- Llano Amazónico

OCURRENCIAS DE CARBÓN

- CENOZOICO (Terciario)
- MESOZOICO (Calloviano-Neocomiano)
- PALEOZOICO (Mississipiano)

- Carreteras de primer orden
- Carreteras de segundo orden
- Ríos
- Puertos
- Ciudades principales
- Poblados

240 km

Fig. N° 2.1

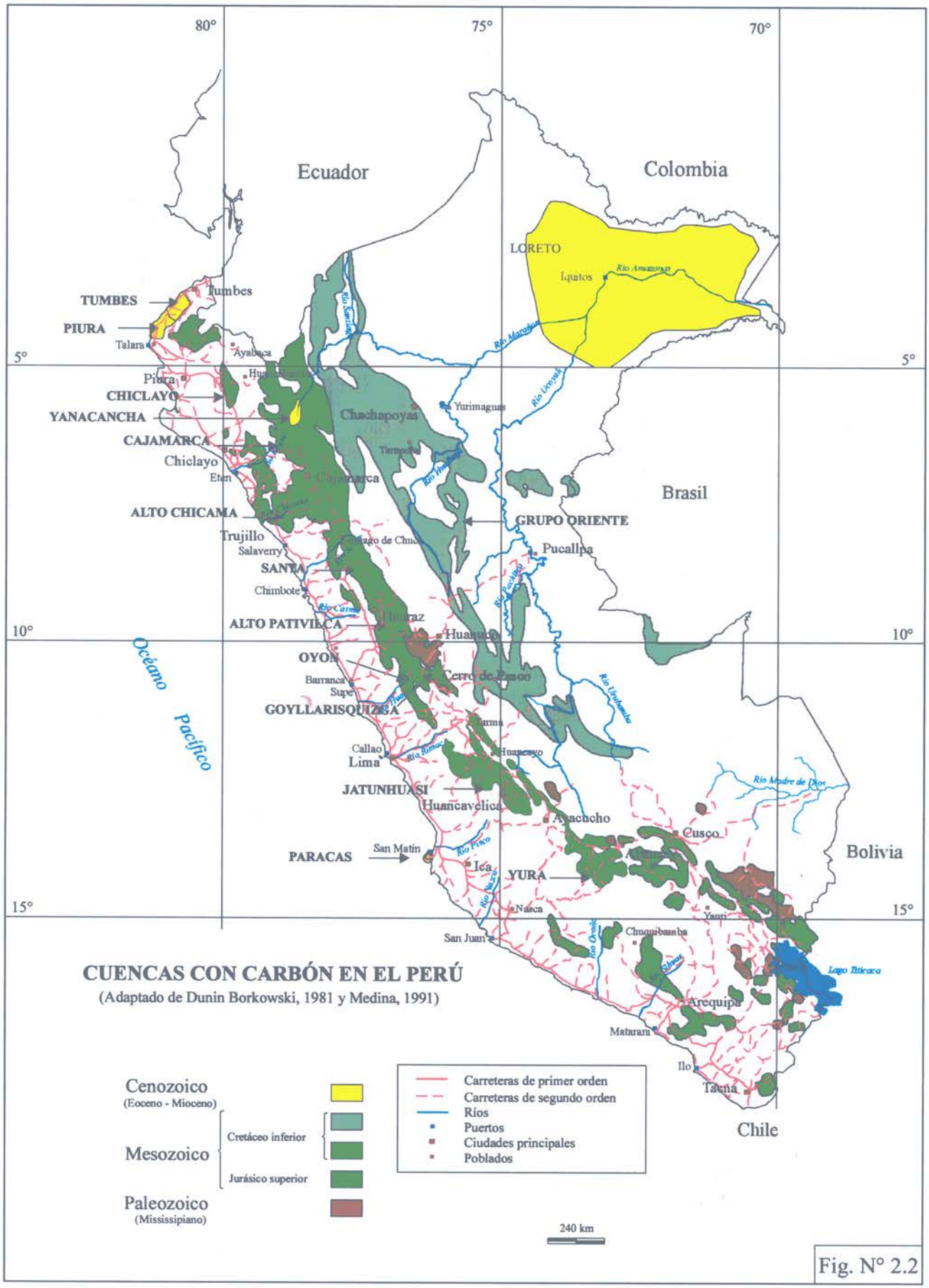

80°
75°
70°
5°
10°
15°
Ecuador
Colombia
Brasil
Bolivia
Chile
Océano Pacífico
LORETO
Iquitos
Río Amazonas
Río Marañón
Río Ucayali
Río Santiago
TUMBES
PIURA
CHICLAYO
YANACANCHA
CAJAMARCA
ALTO CHICAMA
ALTO PATIVILCA
OYON
GOYLLARISQUIZGA
JATUNHUASI
PARACAS
YURA
GRUPO ORIENTE
SANTA
Tumbes
Talara
Ayabaca
Piura
Chiclayo
Eten
Chachapoyas
Yurimaguas
Tarapoto
Río Huallaga
Cajamarca
Trujillo
Salaverry
Chimbote
Río Santa
Río Carhuaz
Huaraz
Huánuco
Pucallpa
Río Pachitea
Barranca
Supe
Cerro de Pasco
Río Huaura
Río Mantaro
Río Urubamba
Callao
Lima
Río Rímac
Huancayo
Río Madre de Dios
Huancavelica
Ayacucho
Cusco
San Matín
Río Pisco
Ica
Río Nazca
Nasca
Yauri
San Juan
Río Ocoña
Chuquibamba
Río Vilcanota
Lago Titicaca
Arequipa
Matarani
Ilo
Tacna
CUENCAS CON CARBÓN EN EL PERÚ
(Adaptado de Dunin Borkowski, 1981 y Medina, 1991)
Cenozoico
(Eoceno - Mioceno)
Mesozoico
Cretáceo inferior
Jurásico superior
Paleozoico
(Mississipiano)
Carreteras de primer orden
Carreteras de segundo orden
Ríos
Puertos
Ciudades principales
Poblados
240 km

Fig. N° 2.2

tuvieron lugar entre el Jurásico superior y Cretáceo inferior (DUNIN 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 Calloviano (ESCUDERO, 1976) mientras que los más jóvenes se localizan en el norte del Perú, en la Formación Farrat del Aptiano (PETERSEN, 1975). Las capas de carbón de la Cuenca de Yura al sur del Perú son delgadas (menores de 1m), discontinuas y su potencial de carbón es poco importante. Las cuencas carboníferas más interesantes se localizan en el centro y norte del país, en la Cuenca Oeste Peruana, aunque algunas cuencas del centro están situadas en las depresiones locales cercanas al geoanticlinal de Marañón. Las capas con carbón en estas cuencas se enmarcan en la Formación Oyón (Titoniano-Berriasiano) y en el Grupo Goyllarisquizga (Valanginiano-Aptiano).

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, están bien definidas (WILSON, 1963) y contienen los depósitos carboníferos potencialmente más importantes del Perú, emplazados en series estratigráficas portadoras, presentando numerosas capas de carbón paralelas entre sí. Se localizan en las cuencas: Chiclayo, Cajamarca, Alto Chicama, Santa, Alto Pativilca y Oyón (Fig. N° 2.2). Por el contrario, los escasos depósitos conocidos en las depresiones locales cerca del geoanticlinal de Marañón ocurren aislados e irregulares (PETERSEN, 1975) como las cuencas de Goyllarisquizga y Jatunhuasi.

El Grupo Goyllarisquizga de edad del Cretáceo inferior está constituido por las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. Dentro de este grupo las capas de carbón ocurren fundamentalmente en la Formación Chimú (Valanginiano inferior) y en forma esporádica en las formaciones Carhuaz y Farrat.

En general, los grosores de las capas de carbón varían de algunos centímetros a pocos metros. Los niveles de carbón aparecen agrupados en conjuntos 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 portadoras tienen mayores grosores. 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 Amazonía peruana (cuenca de Loreto) y lateralmente se prolongan hasta Colombia y Brasil. Estas capas se localizan en la Formación Pebas (Mioceno), son estrechas e impuras (STEINMANN, 1929) y se encuentran poco deformadas.

Las capas de carbón del traspaís se localizan en el extremo noroeste del Perú en las cuencas de Tumbes y Piura. Las formaciones portadoras en la primera cuenca son las de Máncora (Oligoceno) y Zorritos (Mioceno). Las capas de carbón de las cuencas intramontañosas como la de Yanacancha (Terciario inferior-medio) son de grosores más reducidos y potencialmente menos importante.

Capítulo III

GEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENCAS CARBONÍFERAS

3.1 CUENCAS PALEOZOICAS

Los carbones paleozoicos corresponden al Mississipiano y están localizados en el Grupo Ambo. Los afloramientos mejor expuestos de este grupo se distribuyen desde el río Pachitea hasta el lago Titicaca (Fig. N° 3.1.1).

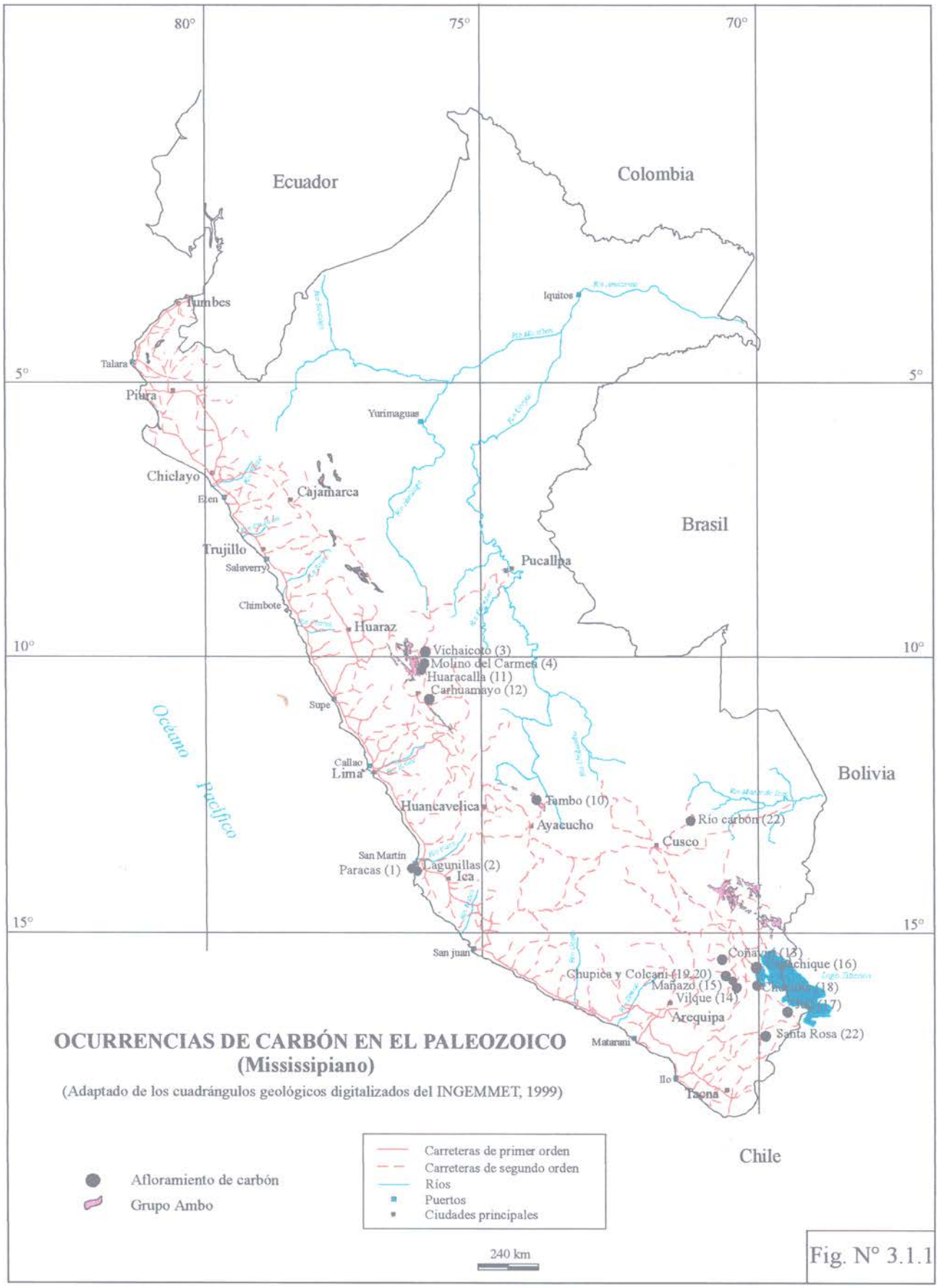
Formaciones y Series con capas de carbón: Las rocas que contienen las capas carbonosas son del Paleozoico superior, pertenecen al Grupo Ambo de edad del Mississipiano, el cual está constituido por la alternancia de areniscas, grauwacas, conglomerados, pizarras carbonosas y delgadas capas de carbón. El número de capas de carbón es restringido, sin embargo en la península de Paracas (Lagunillas) en una serie estratigráfica de 150 m de grosor del Grupo Ambo se han identificado 8 horizontes con carbón (RASSMUSS J., 1926).

En general, las capas de carbón son delgadas con contenidos elevados de cenizas, de forma lenticular y esporádicos, mostrando importancia económica muy limitada.

Ocurrencias de carbón: se distribuyen en la Cordillera de la Costa, Cordillera Oriental y el Altiplano.

En la península de *Paracas* en el área de Lagunillas se localiza una pequeña mina conteniendo capas de carbón desde pocos centímetros hasta 1,34 m de grosor, han sido reconocidas mediante 2 labores subterráneas, presentando un rumbo general de N 20-30° E y buzamiento de 30° SE. Una perforación diamantina de 147 m realizada en la entrada de una de las labores subterráneas (SCHROTH, 1931) permitió identificar 8 niveles carbonosos en el Grupo Ambo.

Huánuco-Pasco-Junín: En la localidad de Huaracalla (Ambo) esporádicamente afloran capas de carbón de 30 a 50 cm de grosor, intercaladas con lutitas bituminosas y areniscas del Grupo Ambo. Entre Huánuco y Cerro de Pasco afloran capas de carbón como en *Vichaicoto* (STEINMANN, 1911) y en *Molino* del *Carmen-Ambo* (LISSSÓN, 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 (BROGGI, 1927; NEWELL, 1953).



OCURRENCIAS DE CARBÓN EN EL PALEOZOICO (Mississipiano)

(Adaptado de los cuadrángulos geológicos digitalizados del INGEMMET, 1999)

- Afloramiento de carbón
- Grupo Ambo
- Carreteras de primer orden
- Carreteras de segundo orden
- Ríos
- Puertos
- Ciudades principales

240 km

Fig. N° 3.1.1

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

Ayacucho-Puno: En Tambo se mencionan afloramientos de carbón probablemente del Paleozoico superior (STEINMANN, 1929) aunque existen dudas sobre su edad (URBINA, 1891). En Puno dentro del Grupo Ambo se reportan capas de carbón con potencias reducidas (inferiores a 0,40 m de grosor), desconociéndose el número de capas (MÁLAGA SANTOLALLA, 1921). El rango de los carbones es de bituminosos a antracíticos (PAZ, et al. 1986). Las áreas reportadas con afloramientos de carbón son: Coñaviri, Vilque, Mañazo, Capachique, Juli y Chucuito (PAZ et al. 1986). En las cercanías del lago Titicaca en Chupica y Colcani el rango es lignito (STEINMAN, 1929).

Madre de Dios: En el río Carbón afluente del río Madre de Dios afloran capas de carbón de rango hullas a lignitos (TORRES VARGAS, 1943).

Características petrográficas y geoquímicas: Los carbones son bandeados con intercalaciones pizarrosas y en algunos casos con pirita.

Los carbones de la zona de Paracas contienen cenizas de 17-56 % , volátiles de 20-22 % y carbono fijo de 50-61 % (RASSMUSS J.; SCHROTH; RIVERA PLAZA, 1931). Sólo una capa presenta características coquificables (RIVERA PLAZA, 1931). Los carbones de Huánuco-Pasco-Junín, tienen contenidos elevados de cenizas mayores al 50 % (BROGGI J. 1927). Los carbones de Puno (Lampa) son impuros y piritosos (TORRES VARGAS, 1943) y el de Coñaviri tiene un poder calorífico de 3,450 a 6,000 Kcal/kg y altos valores en cenizas (STEINMANN, 1930).

Tipo, origen, ambiente deposicional y rango: Los carbones paleozoicos son de tipo húmico, de origen autóctono y alóctono los cuales se habrían generado en cuencas de carácter límnicas (STEINMANN, 1930). Diferentes autores señalan un ambiente deposicional de carácter continental para el Grupo Ambo.

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 pueden ser de rango antracítico (Huánuco, Cerro de Pasco y Puno), bituminosos (Madre de Dios y Puno), sub-bituminosos (Paracas) y lignitos (Madre de Dios y lago Titicaca).

3.2 CUENCAS MESOZOICAS

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

3.2.1 Cuenca de Yura

Formaciones y Series con capas de carbón: La cuenca de Yura situada en el sur del Perú, fue alargada en dirección andina, habiendo tenido en las tierras emergidas vecinas una intensa erosión con abundante vegetación, como lo atestiguan los grandes volúmenes de sedimentos terrígenos y abundantes impresiones de plantas continentales que al parecer fueron arrastradas al mar (DUNIN BORKOWSKI, 1985).

En la región de Arequipa el Grupo Yura del Calloviano-Neocomiano se divide en 5 formaciones: Puente, Cachios, Labra, Gramadal y Hualhuani (BENAVIDES, 1962; GUEVARA, 1969). En otras regiones del sur del Perú se dividen en formaciones equivalentes, así en Apurímac: Piste, Chuquibambilla y Soraya (PECHO, 1981) y en Tacna: Ataspaca y Chachacumene (WILSON et al. 1962; MENDÍVIL, 1966).

Las formaciones portadoras 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 del Perú (DUNIN BORKOWSKI, 1985).

Ocurrencias de carbón: Formación Labra: En Murco a 1.5 km de esta localidad afloran capas de carbón (VARGAS, 1979). El equivalente estratigráfico de esta formación es el Grupo Lagunillas, en cuya unidad inferior se presentan capas de carbón intercaladas con lutitas y areniscas a lo largo del río Tambo: (Antajahua, Pubaya, Pampillas) y Tasa en Ichuña (MAROCCO et al. 1966; VICENTE, 1981).

La Formación Chuquibambilla (Apurímac) contiene material carbonoso siendo correlacionable con la Formación Labra en Chocollo, y en Anyo se presentan lutitas negras conteniendo capas delgadas de materia carbonosa (PECHO, 1981).

Formación Gramadal: En la Formación Querupalca, equivalente estratigráfico de esta formación que aflora cerca de Majes se presentan capas de carbón entre las areniscas sucias y lutitas carbonosas. LOZA (1984) menciona que la Formación Omate constituye la serie estratigráfica más promisoria para la búsqueda de carbón.

Formación Hualhuani: La posición estratigráfica de los carbones de la zona de Carumas localizada en las quebradas de Omoye y Saclaque es controvertida. Según los datos de TORRES VARGAS (1948) en la parte inferior está compuesta por lutitas y areniscas que podrían corresponder a la Formación Labra, sin embargo LOZA (1984) incluye los carbones de Carumas en la Formación Hualhuani.

La distribución de las ocurrencias de carbón se muestran en la Fig. N° 3.2.1.

Características de las capas de carbón: La información existente sobre los depósitos carboníferos del Grupo Yura es muy puntual. La mayor parte de los afloramientos conocidos tiene una extensión limitada y son de carácter lenticular.

En Carumas la serie de 3 capas de carbón son de 0,5-1,0 m de grosor y excepcionalmente alcanza 2,20 m siendo de gran longitud (TORRES VARGAS, 1948). En Ichuña (Pubaya y Tassa) afloran 3 capas delgadas < 1 m (MÁLAGA SANTOLALLA, 1920; MAROCCO et al. 1966). En Omate y al noroeste de Arequipa se han reportado capas mayores a 1 m. En Murco las 2 capas de carbón tienen < 0,5 m de grosor (KILSGAARD, 1955).

En general, en algunas áreas donde aflora el Grupo Yura aparecen una serie de capas delgadas de carbón distribuidas en forma paralela a la estratificación (ADRIAZOLA, 1985).

Características petrográficas y geoquímicas: De acuerdo a la escasa información disponible se interpreta que los carbones presentan un carácter bandeado.

Los contenidos en volátiles varían de 9 a 38 %, carbono fijo de 54 a 83 % siendo las cenizas relativamente bajas < 15 %. Los carbones de Murco dieron un coque de buena calidad (BENNETT, 1955).

Tipo, origen, ambiente deposicional y rango: Los carbones de Yura son húmicos y de origen autóctono/alóctono.

Es muy probable que el Grupo Yura se haya depositado cerca a la orilla del mar, formándose el carbón en las planicies costaneras subsidentes las que periódicamente quedaban sumergidas bajo el nivel del mar y que luego lograban emerger debido al relleno sedimentario (DUNIN BORKOWSKI, 1985).

Los carbones de Ichuña 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).

De acuerdo a los datos de algunos análisis químicos se interpreta que los carbones del Grupo Yura han alcanzado el rango de carbones bituminosos, semi-antracitas y antracitas. Los estudios geológicos regionales muestran 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.

3.2.2 Cuencas de Oyón, Santa y Alto Chicama

3.2.2.1 Cuenca de Oyón

Las formaciones y series con capas de carbón: En la cuenca de Oyón afloran las formaciones clásticas del Cretáceo inferior (Oyón, Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat) y calcáreas del Cretáceo superior (Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Celendín). Esta serie se encuentra plegada y cubierta discordantemente por el Grupo Calipuy (Terciario inferior-medio).

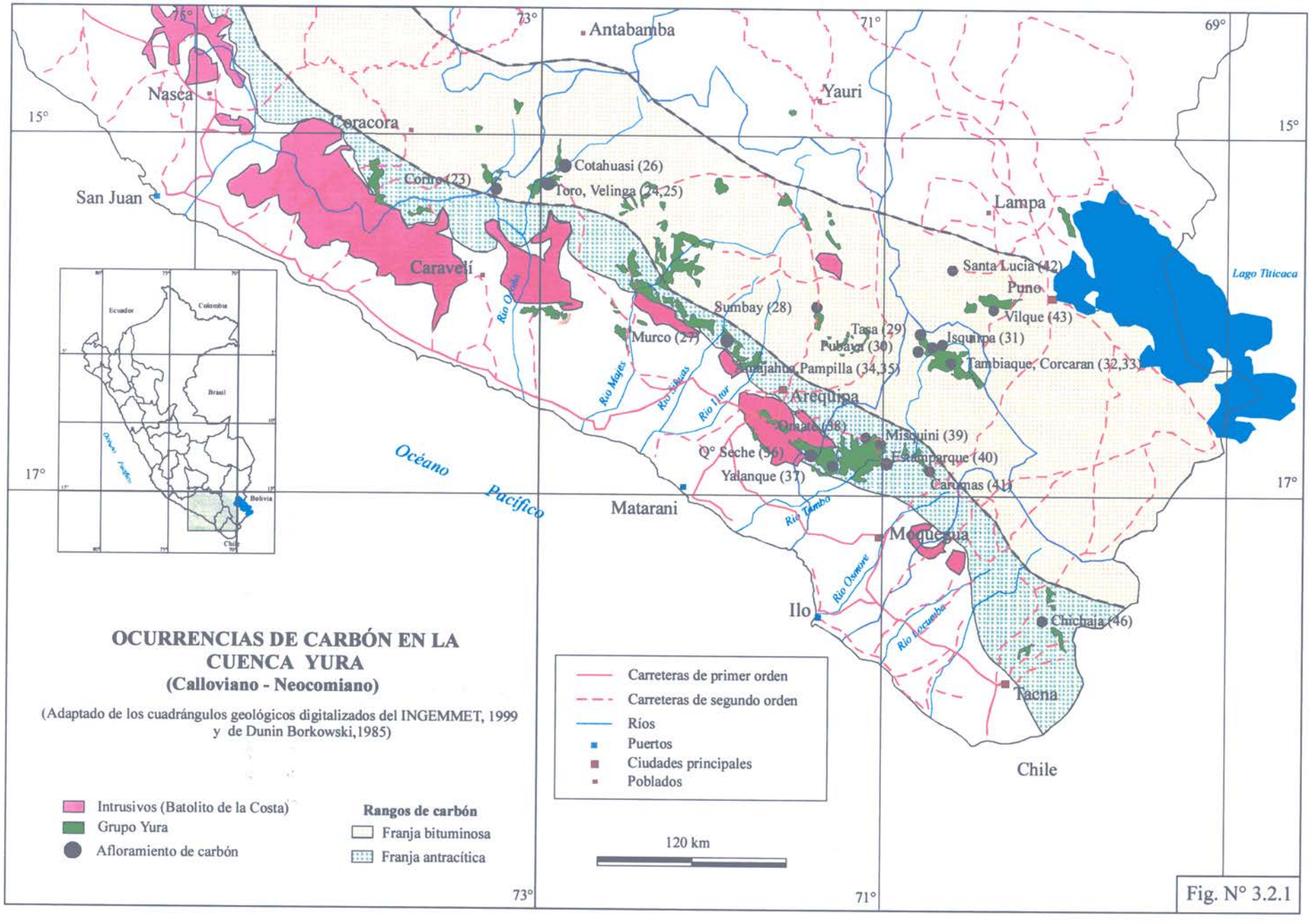

75°
73°
71°
69°
15°
17°
Antabamba
Yauri
Nasca
Coracora
San Juan
Cotahuasi (26)
Corire (23)
Toro, Velinga (24,25)
Lampa
Caraveli
Santa Lucia (42)
Puno
Lago Titicaca
Vilque (43)
Sumbay (28)
Tasa (29)
Isquipa (31)
Murco (27)
Pubaya (30)
Tambiaque, Corcaran (32,33)
Huajahua, Pampilla (34,35)
Arequipa
Río Ocoña
Río Majes
Río Sihuas
Río Tlor
Ocoña (38)
Misquini (39)
O° Seche (36)
Estamparque (40)
Yalanque (37)
Caruma (41)
Océano
Pacifico
Matarani
Río Tambo
Moquegua
Río Osmore
Ilo
Río Locumba
Chichaja (46)
Tacna
Chile
Ecuador
Colombia
Brasil
Bolivia
Chile
OCURRENCIAS DE CARBÓN EN LA CUENCA YURA
(Calloviano - Neocomiano)
(Adaptado de los cuadrángulos geológicos digitalizados del INGEMMET, 1999 y de Dunin Borkowski,1985)
Intrusivos (Batolito de la Costa)
Grupo Yura
Afloramiento de carbón
Rangos de carbón
Franja bituminosa
Franja antracítica
Carreteras de primer orden
Carreteras de segundo orden
Ríos
Puertos
Ciudades principales
Poblados
120 km

Fig. N° 3.2.1

Cuenca de Oyón **Lámina 1**

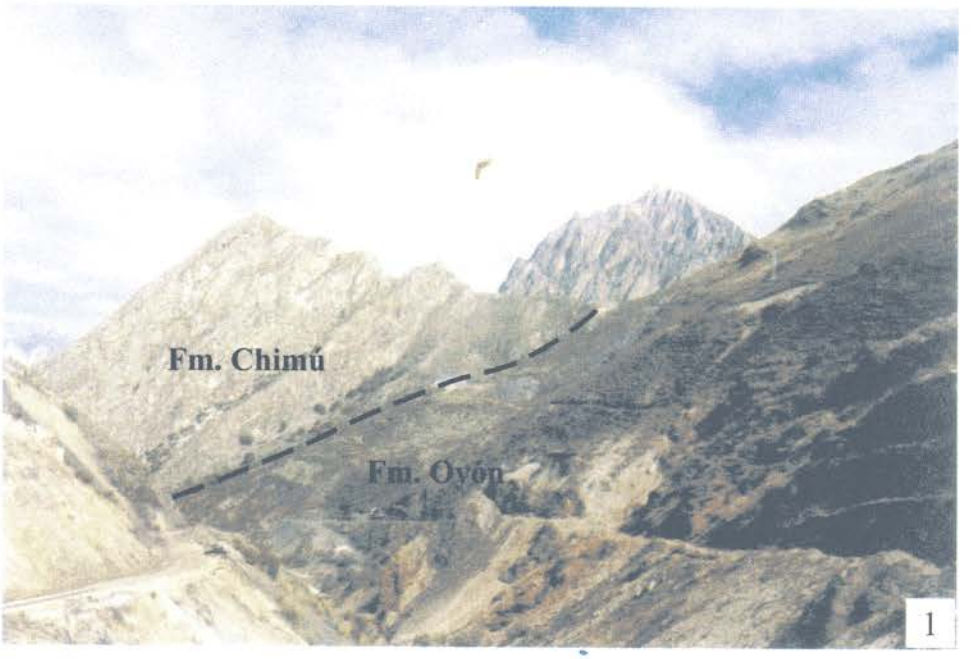


Foto Nº 1 Formación Oyón conteniendo capas de carbón, formando el núcleo del anticlinal de Pampahuay. RC/2000.

Foto Nº 2 Pliegues anticlinales y sinclinales secundarios que afectan a las capas de carbón formando parte del anticlinal de Pampahuay. Zona de Chilinca. RC/2000.

En esta cuenca se presentan los sectores de: Gazuna, Pampahuay, Cochaquillo, Parquín y Cayash e incluyen los sectores de Checras y Vichaycocha, con una serie portadora conformada por capas de carbón en la Formación Oyón (400-500 m de grosor) de edad del Berriasiano. Esta serie portadora de unos 250-270 m de grosor tiene 9 niveles carbonosos destacando 5 de carácter lenticular con grosores variables, fuertemente plegados e intercalados con lutitas y areniscas.

Ocurrencias de carbón y sus características

Sector de Gazuna: Se sitúa en el extremo noroeste de la cuenca de Oyón, la estructura principal que controla la posición de las capas de carbón es el anticlinal Yavi de rumbo N-S, en cuyo núcleo aflora la Formación Oyón. La serie portadora de carbón de 270 m de grosor está conformada por areniscas blancas y lutitas donde se localizan de 9 a 11 capas de carbón de 0,8 a 2,5 m.

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 hacia el norte de este sector. Destacan 6 capas: Poderosa, Carola, Lily, Santa María, Mariposa y Curucuta.

Sector de Pampahuay: Se localiza en la parte central de la cuenca de Oyón y se divide en 5 zonas: Chilinca, Pampahuay, Mishuya, Siglo Nuevo y Sitacocha.

La zona de Pampahuay constituye uno de los sectores más explorados de esta cuenca, como consecuencia del interés en carbones bituminosos.

Estas zonas carboníferas se localizan en la Formación Oyón que aflora en el núcleo del anticlinal de Pampahuay (Lámina 1) de orientación NO-SE donde las capas de carbón se hallan fuertemente disturbadas.

La serie estratigráfica de la Formación Oyón en Pampahuay alcanza 150 m correspondiendo 70 m a la parte media conformada por lutitas intercaladas con areniscas grises y capas de carbón que constituyen la serie portadora.

El rasgo característico de esta serie es la presencia de nódulos de siderita (esferosideritas) en las capas de lutitas. La serie portadora presenta 9 niveles carbonosos destacando 4 capas: Grande, Papillón, California y Lutay. Estas capas tienen un rumbo general de N45°-60°O y buzamientos de 30°-45°NE, con 0,8 a 3 m de grosor siendo de carácter lenticular extendiéndose por 3 km de longitud (Kopex-Minero Perú, 1973).

Correlación de las capas de carbón entre Gazuna y Pampahuay: Aunque no todos los niveles pueden identificarse y seguirse a lo largo de los diferentes sectores, por problemas de acuñamiento, se correlacionan las capas California/Poderosa y Díaz/Curucuta por su continuidad lateral, grosor y presencia de nódulos de siderita en las lutitas. Las demás capas se correlacionan sólo en base a su posición estratigráfica en la serie.

Sector de Cochaquillo: Se sitúa en el extremo sureste de Oyón y corresponde a la prolongación del sector central de la cuenca. Geológicamente constituye la prolongación del sector de Pampahuay habiéndose identificado de 2 a 3 capas de carbón de 1 a 2 m de grosor, aflorando a lo largo de unos 600 m.

Sector Cuta-Cayash: Se localiza en el sector suroste y oeste de la cuenca de Oyón. Geológicamente se emplaza en el flanco oeste de un anticlinal de orientación NO-SE y presenta capas de carbón de 1 m de grosor en la Formación Oyón. Estos dos sectores han sido poco explorados.

Sector de Parquín: Se sitúa en el extremo sur de la cuenca de Oyón, aquí aflora la Formación Oyón formando el núcleo de un anticlinal donde se presentan 4 capas de carbón con rumbo general NO-SE, buzamiento de 50°NE, con grosores de 0,2 a 4 m y hasta 3 kilómetros de afloramiento, destacando las zonas de Quebrada Queruracra, Pariacano, Pucapuquio, Aleyuyoc, Ispac y Yuracchala (TEJADA, 1987).

Sector de Checras: Se localiza entre las provincias de Chancay y Canta en la Cordillera Occidental de los Andes. El carbón se presenta dentro de areniscas cuarzosas y pizarras formando varias capas de carbón de carácter lenticular con pocos metros de grosor teniendo un rumbo general N40°O y buzamiento de 50°NE (BROGGI, 1927).

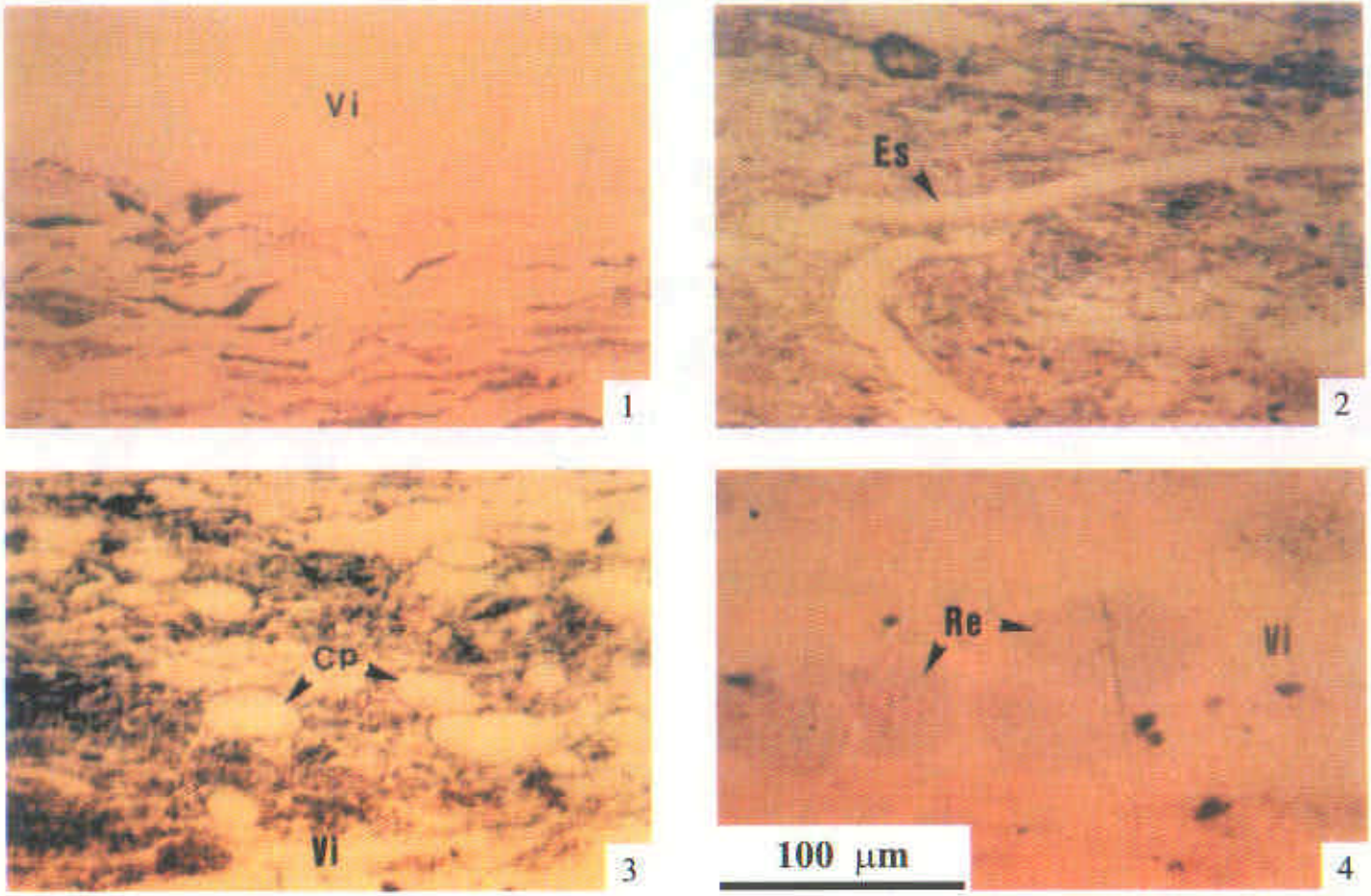
Sector de Vichaycocha: Situado en Canta, produjo en las décadas pasadas (año 1927) unas 20 000 toneladas utilizadas en la fundición de San José de la Compagnie des Mines de Huarón como sustituto de coque (BROGGI, 1927).

En la Fig. 3.2.2 se han representado las principales ocurrencias de carbón en la cuenca de Oyón.

Características petrográficas: Macroscópicamente los carbones de Gazuna y Pampahuay son de color negro, bandeado, brillante (brillo graso) y fractura irregular. Presenta como litotipos: vitreno, clareno y laminaciones de pizarra. Los carbones de los demás sectores son de color negro brillante.

Análisis maceral: Están constituidos por los tres grupos macerales, el grupo Vitrinita es el mayoritario (85-98 % vol), seguido de inertinita (2-12 % vol.) y liptinita (< 3 % vol. CARRASCAL, 1996, Tabla 3.2.1). El grupo Vitrinita está constituido por telinita, corpocolinita, telocolinita y desmocolinita. El grupo Liptinita por esporinita, resinita y cutinita mientras que, el grupo Inertinita por semifusinita, fusinita y macrinita (Lámina 2).

Análisis de la reflectancia: De acuerdo a las reflectancias obtenidas (Tabla 3.2.1) para el sector de Gazuna es de >2,2 % perteneciendo al rango de los carbones semiantracíticos. Para el sector de Pampahuay los valores varían de 1,52 % a 2,07 % clasificándose como carbones bituminosos de bajos volátiles.



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 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.

Los valores para los carbones de Cochaquillo, Cuta, Parquín y Cayash son > 2,25% indicando el rango de semi-antracitas a antracitas. Los carbones de Checras y Vichaycocha han alcanzado el rango de antracitas.

Características geoquímicas: Para el sector de Gazuna, los contenidos en materias volátiles son <13 %, hidrógeno < 4% y altos en carbono > 88%. Los contenidos en azufre total son moderados < 2,5 %. Para el sector de Pampahuay las materias volátiles son de 12 a 23 %, hidrógeno < 5 %, carbono de 86 a 91 % y azufre total < 2 % (Tabla 3.2.1).

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

Los carbones del sector de Checras y Vichaycocha presentan bajos contenidos de cenizas (7-14 %) y materias volátiles (6-13 %) siendo altos en carbono (71-77 %). Para los carbones de Checras los contenidos de azufre son inferiores al 2 % (BROGGI, 1927; MANRIQUE, 1988).

La *materia mineral* de los carbones está constituido por Si y Al (80-90 %) seguido en menor proporción por Fe, Ca, K y Ti. Las especies minerales identificadas son arcillas (caolinita), cuarzo, feldespatos, flogopita, pirita y carbonatos.

Tipo, origen, ambiente deposicional y rango: 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), vegetación herbácea y arbustos. Sus propiedades y la materia mineral asociada permite indicar un origen autóctono/alóctono.

Las características geológicas y litológicas de la cuenca, los litotipos identificados en los carbones, su composición maceral esencialmente vitrinítica y los contenidos en azufre permiten indicar que los carbones se han generado en ambientes deltaicos litorales de tipo pantanoso, bajo condiciones húmedas, en una cuenca de carácter parálico.

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

Esta cuenca muestra una distribución zonal de este a oeste en el rango, representada sucesivamente por los estadíos de evolución correspondientes al rango de carbones bituminosos de bajos volátiles al este (sector de Pampahuay), semi-antracitas (sectores de

SECTOR	ZONA	CAPA	Cenizas * (%)	M.V ** (%)	C ** (%)	St * (%)	P.C * Kcal/Kg	Ro (%)	V (%)	Lv (%)	I (%)
Gazuna	Este Anticlinal Yavi	Sta. María	30,50	12,56	88,94	1,49	5 669	2,37	96,0	1,6	2,4
		Lily	12,44	8,73	92,17	0,89	7 403	2,44	94,5	1,5	4,0
		Poderosa	13,31	9,45	91,67	0,72	7 336	2,24	95,9	0,2	3,9
			10,55	8,63	92,10	0,66	7 580	2,38	96,5	0,4	3,1
			18,53	11,00	90,51	2,39	6 763	2,42	97,7	0,7	1,6
			17,35	9,49	90,67	0,79	6 880	2,52	97,5	0,2	2,3
	Oeste Anticlinal Yavi	Curucuta	12,72	19,40	85,76	0,56	6 407	2,54	98,8	0,2	1,0
			12,49	26,83	80,23	0,56	5 870	2,55	97,1	0,4	2,5
		Carola	24,42	23,10	80,97	0,48	5 248	2,23	97,4	0,2	2,4
Pampahuay	Chilinca	Díaz	6,82	15,13	91,69	0,81	8 034	1,83	96,5	0,4	3,1
		California	28,70	19,14	86,28	0,93	5 769	1,91	90,0	1,1	8,9
	Pampahuay	Lutay	20,14	20,41	88,18	1,84,	6 700	1,58	93,7	1,1	5,2
		Papilón	26,69	22,04	87,71	1,60	6 108	1,57	90,0	2,9	7,1
		Grande	32,39	23,00	87,69	1,35	5 633	1,54	92,0	2,8	5,2
			18,66	20,96	86,57	0,83	6 600	1,60	94,0	0,9	5,1
	Mishuya	California	39,21	23,15	85,95	1,12	4 718	1,84	94,8	0,5	4,7
			60,97	31,18	78,94	0,69	2 874	1,52	88,9	2,3	8,8
			74,09	43,19	58,97	0,60	1 431	1,63	87,1	0,4	12,5
		Papilón	33,14	21,64	86,96	1,42	5 492	1,67	90,2	1,4	8,4
		Grande	31,34	22,09	86,91	0,83	5 607	1,62	88,9	1,6	9,5
			18,08	18,65	89,60	1,10	6 918	1,66	90,7	1,5	7,8
	Siglo Nuevo	Lutay	18,72	12,76	91,36	0,86	6 832	2,07	95,9	0,7	3,4
	Sitacocha	Lutay	30,98	15,52	86,93	1,.74	5 533	1,86	91,2	1,4	7,4
			1,72	13,50	91,06	1,94	7 496	1,94	93,5	1,1	5,4
Cochaquillo			36,23	14,69	87,94	0,63	5 129	2,30	91,6	1,3	7,1
			16,64	12,25	94,12	1,08	7 014	2,35	93,7	1,0	5,3
Cuta			25,42	8,21	93,85	1,24	5 733	4,81	92,3	0,6	7,1
Parquin			22,89	9,61	91,84	0,98	6 101	3,64	85,8	1,7	12,5
Cayash			12,61	3,88	97,97	0,73	7 083	5,50	96,7	1,0	2,3

M.V: Materias volátiles
C: Carbono
S_t: Azufre total
P.C: Poder calorífico

V : Vitrinita
Lv: Liptinita
I : Inertinita
Ro: Reflectancia random

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

Tabla 3.2.1 Resultados de los análisis petrográficos y químicos de los carbones de la cuenca de Oyón (CARRASCAL, 1996).

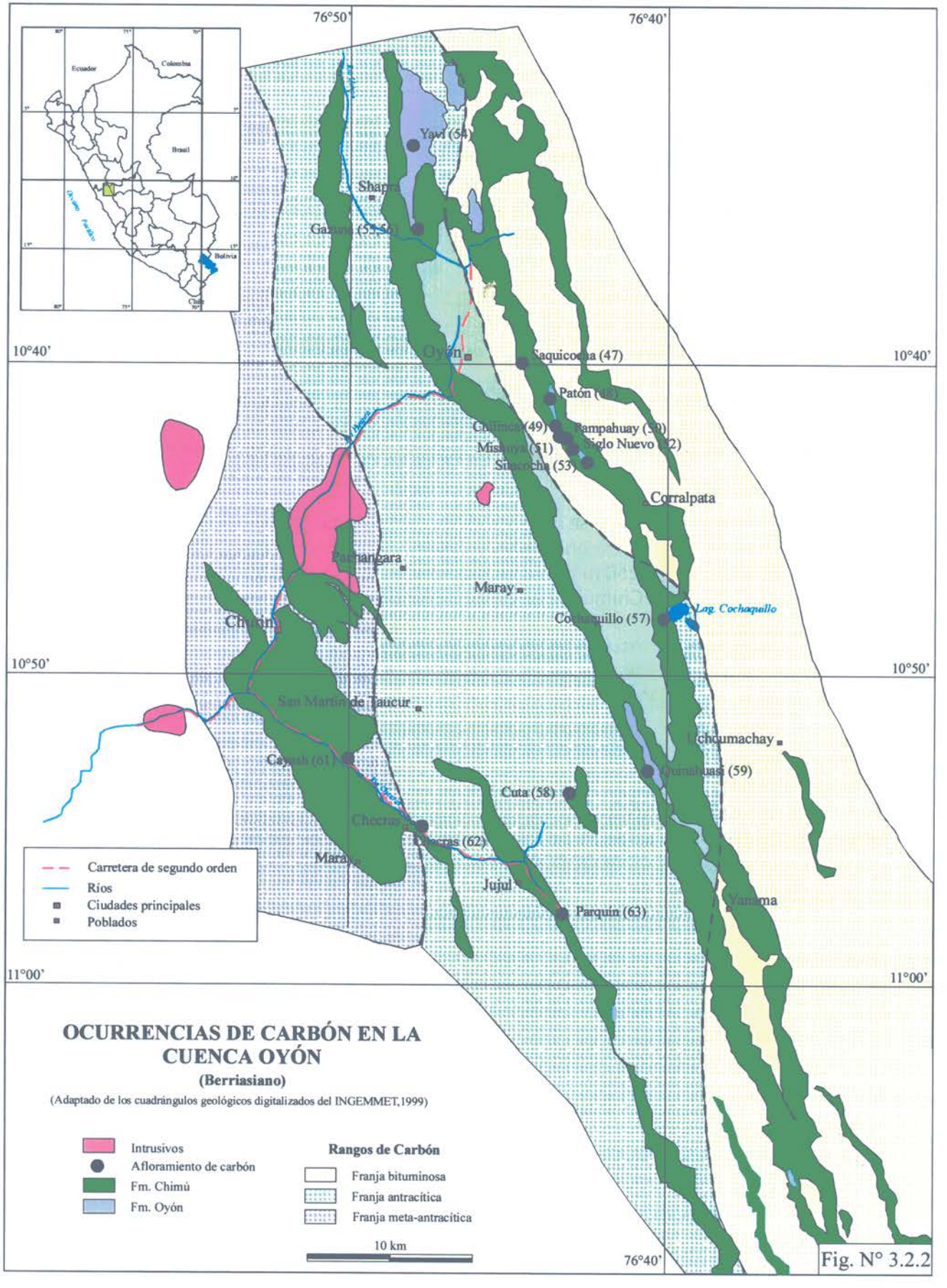

76°50'
76°40'
10°40'
10°50'
11°00'
Ecuador
Colombia
Brasil
Bolivia
Chile
Océano Pacífico
Yavi (54)
Shapa
Oyón
Saquicocha (47)
Patón (48)
Chilimca (49)
Pampahuay (50)
Misquya (51)
Siglo Nuevo (52)
Silococha (53)
Corralpata
Parhangara
Maray
Lag. Cochaquillo
Cochaquillo (57)
Chimún
San Martín de Taucur
Uchcumachay
Cayash (61)
Cuta (58)
Checras
Checras (62)
Maraya
Jujul
Parquin (63)
Yanama
Carretera de segundo orden
Ríos
Ciudades principales
Poblados
OCURRENCIAS DE CARBÓN EN LA CUENCA OYÓN
(Berriasiano)
(Adaptado de los cuadrángulos geológicos digitalizados del INGEMMET,1999)
Intrusivos
Afloramiento de carbón
Fm. Chimú
Fm. Oyón
Rangos de Carbón
Franja bituminosa
Franja antracítica
Franja meta-antracítica
10 km

Fig. N° 3.2.2

Gazuna y Cochaquillo), antracitas (sectores de Cuta y Parquín, Checras y Vichaycocha) y meta-antracitas (sector de Cayash) al oeste.

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.

3.2.2.2 Cuenca del Santa

Formaciones y series con capas de carbón: En la cuenca del Santa, sobre un substrato constituido por sedimentos lutíticos de la Formación Chicama (Titoniano) afloran las mismas formaciones sedimentarias del Cretáceo inferior y superior descritas para la cuenca de Oyón.

En la cuenca del Santa se reconocen dos series portadoras superpuestas. La serie portadora inferior se localiza en la parte superior de la Formación Oyón (Titoniano-Berriasiano) y tiene unos 250 m de grosor. La serie portadora superior se sitúa en la parte inferior de la Formación Chimú (Valanginiano inferior) alcanzan unos 500 m de grosor.

Esta cuenca se encuentra subdividida en dos sectores: la franja occidental (La Galgada-Ancos, Chuquicara-Huallanca y Caraz-Pueblo Libre) y la franja oriental (Sihuas-Pomabamba, Chacas-San Luis, Chavín y Huallanca).

Ocurrencias y características de las capas de carbón

Sector La Galgada-Ancos: Se localiza en el extremo noroeste de la cuenca del Santa. Los yacimientos se emplazan principalmente en la parte superior de la Formación Oyón y en la parte inferior de la Formación Chimú. Las estructuras de carácter regional que controlan las capas de carbón son anticlinales y sinclinales cuyos ejes tienen orientación NO-SE. Las capas de carbón tienen un rumbo general NO-SE y N-S con buzamientos de 60°-75° al NE y SO. Algunas minas de este sector fueron explotadas en pequeña escala en décadas pasadas. Las zonas más importantes son: La Galgada, San Jerónimo, Mano Poderosa, Eclipse.

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

Sector Chuquicara-Huallanca: Corresponde a la parte central de la cuenca del Santa donde los afloramientos carboníferos están controlados por anticlinales y sinclinales regionales de rumbo NO-SE. Las minas de carbón se sitúan en las márgenes del río Santa, y las capas de carbón en las formaciones Oyón y Chimú.

Las zonas con yacimientos de carbón más importantes corresponden a: Nueva Esperanza, Betsy, María, Roxana y Los Ases (Fig. N° 3.2.3).

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, limolitas y limo-arcillitas. Otras capas se sitúan en la parte inferior y media (Los Ases 2) y (Nueva Esperanza) de la Formación Chimú. Las capas de carbón tienen de 0,4 a 2,5 m de grosor alcanzando hasta 3,5 m. (Capa María).

Sector Caraz-Pueblo Libre: Se sitúa en la margen izquierda del río Santa, parte norte del Callejón de Huaylas y corresponde al extremo sur de la franja occidental de la cuenca del Santa.

Se identifican las dos formaciones Oyón y Chimú, los afloramientos de carbón de este sector aparecen situados en la parte superior de la Formación Oyón (áreas de Caraz y Gemelas) y en la parte inferior de la Formación Chimú (áreas Cóndor y Huaylas). Las estructuras que controlan las capas de carbón son anticlinales y sinclinales volcados de orientación NO-SE y buzamientos de 50°-60°SO. Para este sector se han diferenciado 4 zonas carboníferas importantes: Caraz, Cóndor, Huaylas e Ingenio (Fig. N° 3.2.3).

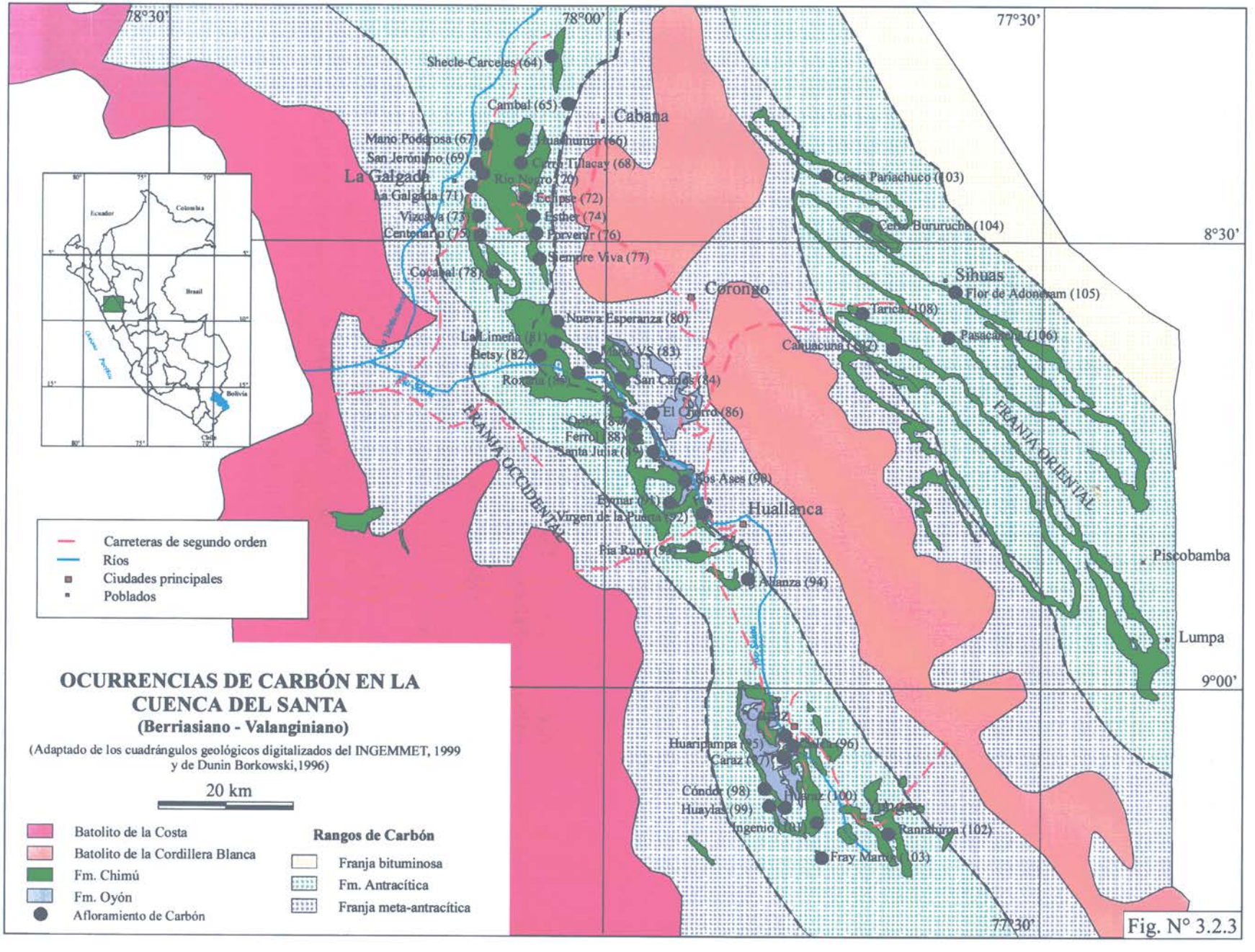
Los grosores de las capas varían de 0,3 m hasta 3 m y frecuentemente presentan intercalaciones limo-arcillosas (BROGGI, 1969).

Sector de Huachumín: 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 dentro de la serie portadora 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 Ranrahirca y Mancos, reportándose hasta 7 capas con carbón en la Formación Chimú (GASTAÑAGA, 1979).

Correlación regional de las capas de carbón en la franja occidental: Aunque no todas las capas carbonosas han podido identificarse y seguirse a lo largo de las diferentes zonas y sectores de la cuenca, se ha establecido una correlación regional preliminar de las capas de la franja occidental de esta cuenca. Globalmente, han sido reconocidos entre 10 y 12 niveles carbonosos en ambas series portadoras de los cuales 8 son los más importantes por presentarse mejor definidos (Ingemmet, 1992).

La serie portadora inferior se localiza en la parte superior (techo) de la Formación Oyón. Tiene unos 250 m de potencia pudiemdo variar el sector. En el horizonte carbonoso se localizan las capas Betsy, Los Ases y Gemelas. Este nivel estratigráfico ha sido considerado como nivel guía para la correlación regional de las capas carbonosas (Fig. N° 3.2.4). Por debajo de este nivel y sin poder establecer una correlación precisa en los distintos


78°30'
78°00'
77°30'
8°30'
9°00'
Shecle-Carceles (64)
Cambal (65)
Cabana
Mano Poderosa (67)
Huathuruur (66)
San Jerónimo (69)
Cerro Tulacay (68)
La Galgada
Río Negro (70)
La Galgada (71)
Eclipse (72)
Vizcaya (73)
Esther (74)
Centenario (75)
Porvenir (76)
Siempre Viva (77)
Cocabal (78)
Corongo
Nueva Esperanza (80)
La Limeña (81)
Betsy (82)
Rosana (83)
San Carlos (84)
El Carro (86)
Ferrol (88)
Santa Julia (89)
Los Ases (90)
Virgen de la Puerta (92)
Hualanca
Río Rumi (93)
Alianza (94)
Huanipampa (95)
Caraz (97)
Cóndor (98)
Huaylas (99)
Ingenio (101)
Fray. Martín (103)
Cerro Panachuco (103)
Cerro Bururucha (104)
Sihuas
Flor de Adonerum (105)
Tarica (108)
Pasacancha (106)
Cahuacuna (107)
PLEANJA ORIENTAL
Piscobamba
Lumpa
Carreteras de segundo orden
Ríos
Ciudades principales
Poblados
OCURRENCIAS DE CARBÓN EN LA CUENCA DEL SANTA
(Berriasiano - Valanginiano)
(Adaptado de los cuadrángulos geológicos digitalizados del INGEMMET, 1999 y de Dunin Borkowski,1996)
20 km
Batolito de la Costa
Batolito de la Cordillera Blanca
Fm. Chimú
Fm. Oyón
Afloramiento de Carbón
Rangos de Carbón
Franja bituminosa
Fm. Antracítica
Franja meta-antracítica
Fig. N° 3.2.3

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 portadora superior perteneciente a la Formación Chimú con 200 m de grosor, se localizan el resto de los niveles carbonosos (de 5 a 6) con capas de carbón, que son más continuas sobre todo en la parte más inferior de esta serie portadora (Fig. N° 3.2.4).

Sector de Tarica-Sihuas-Pasacancha: El yacimiento Señor de los Milagros se localiza en Tarica y Pasacancha en las provincias de Sihuas y Pomabamba (Ancash). En la Formación Chimú se reportan 3 capas con carbón de rumbo general NO-SE y buzamientos de 25°NE, cuyos grosores varían de 1,0 a 1,4 m.

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

En el túnel de Cahuish en la parte superior de la Formación Chicama entre cuarcitas, areniscas y pizarras se localizan 4 capas con carbón de 0,8 a 1,2 m de grosor. En Chavín de Huántar, en la Formación Chimú, se presentan una serie de capas de 0,3 a 1,1 m de grosor (MÁRQUEZ, 1992).

En el río Mosna, Huari y San Marcos, afloran capas con carbón, observando en algunas zonas de 5 a 7 capas agrupadas en dos series y separadas por decenas de metros (CASTRO, 1954).

Sector de Huallanca: Se localiza en la provincia Dos de Mayo (Huánuco). La serie portadora, con capas de carbón, aflora en Huallanca y al oeste de la quebrada Torres, dentro de un paquete clástico conformado por areniscas y pizarras de la Formación Chimú. Los carbones, extraídos a pequeña escala, fueron utilizados por las compañías que explotaban minerales argentíferos. En 1927 se estimó una producción de unos 1 000 t/año (BROGGI, 1927).

En la Fig. N° 3.2.3 se representan las principales ocurrencias de carbón en la cuenca del Santa.

Características petrográficas: Todos los carbones son bandeados, de color negro brillante, muy compactos, duros, mostrando fractura irregular a concoidal. El carácter bandeado se debe a la alternancia de los litotipos vitreno y clareno vitrinizado. El vitreno se presenta en lechos lenticulares de 5 mm intercalados con bandas de clareno vitrinizado y esporádicos lechos de fuseno. Algunos carbones presentan laminaciones finas de pizarras oscuras. Generalmente, los carbones se encuentran fracturados y triturados.

Análisis maceral: La vitrinita constituye el grupo mayoritario (89-98 % vol.), seguido por el grupo Inertinita (< 10 % vol.) y escasa liptinita (< 2 % vol. Tabla 3.2.2). La vitrinita está compuesta por telinita, corpocolinita, telocolinita, desmocolinita, tiene un

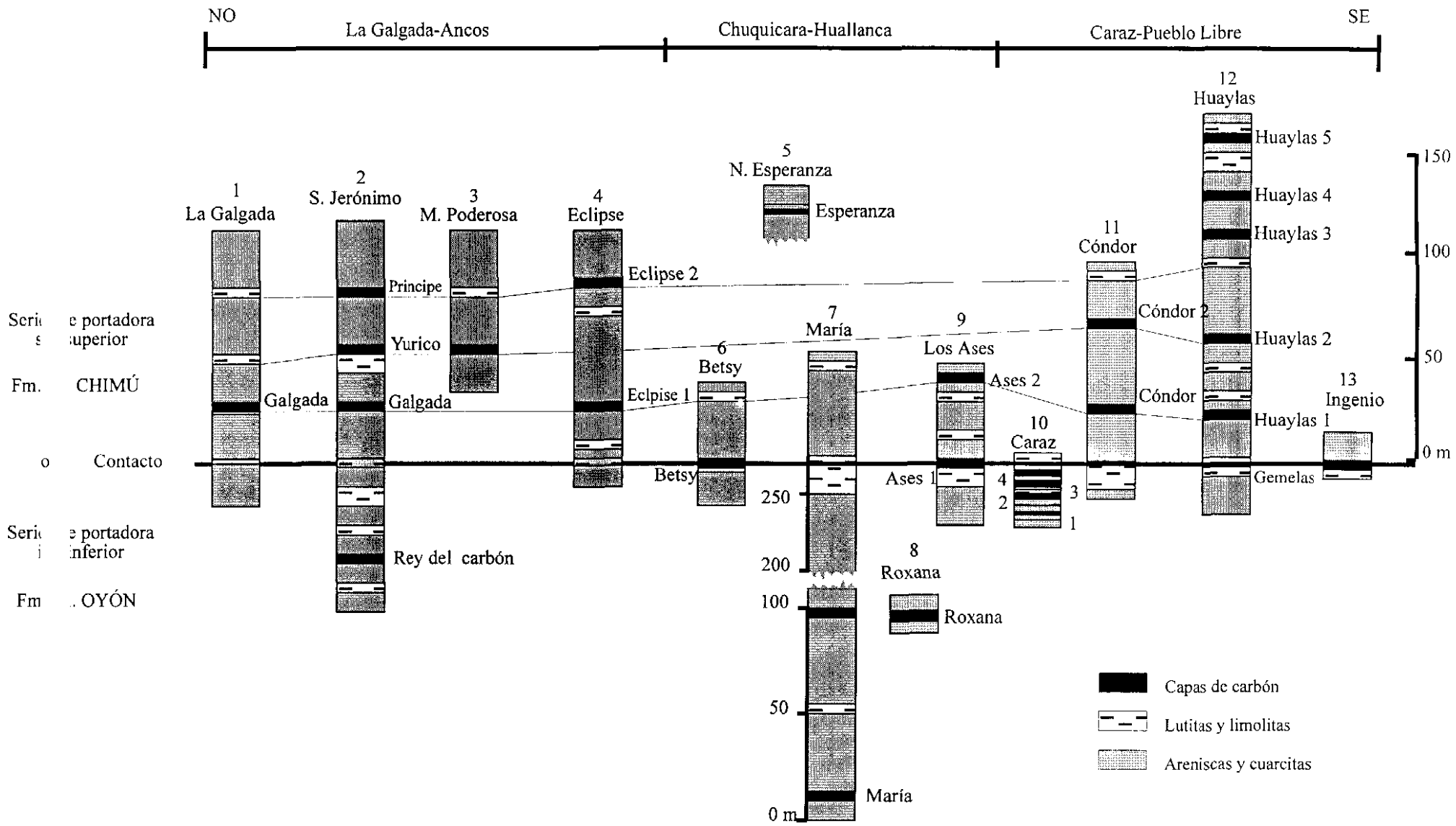


Fig. 3. 2.4. Correlación regional de las capas de carbón en la franja occidental de la cuenca del Santa. (Adaptado del Ingemmet, 1992).

aspecto poroso y contiene inclusiones y laminaciones de materia mineral. La vitrinita aparece deformada presentando micropliegues e intenso fracturamiento. Dentro del grupo Liptinita solamente se ha identificado la esporinita (microesporas) y el grupo Inertinita compuesto por semifusinita y fusinita (Lámina 3).

El contenido en materia mineral es variable teniendo como componentes minerales arcillas, cuarzo y pirita.

Análisis de la reflectancia: Para los carbones del sector La Galgada-Ancos, los valores de la reflectancia random son elevados (4,1-4,8 %, Tabla 3.2.2), lo que los ha caracterizado como carbones muy evolucionados que han alcanzado el rango de antracitas/ meta-antracitas. Los valores de la reflectancia de los carbones de la Formación Oyón (infrayacente a la Formación Chimú) del sector de Chuquicara-Huallanca son más elevados (5,1-5,5 %) siendo de rango meta-antracítico.

Los valores de este parámetro (4,4-5,1 %) para los carbones del sector de Caraz-Pueblo Libre indican el rango de antracitas en transición a meta-antracitas.

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, presentando un carácter óptico biaxial negativo.

Características geoquímicas: Los contenidos de cenizas son relativamente bajos (< 14 %) para los carbones del sector de La Galgada-Ancos, y moderados para los sectores de Chuquicara-Huallanca y Caraz-Pueblo Libre. Los contenidos de carbono son elevados (95-98 %) y bajos (< 1,5 %) en hidrógeno para todos los sectores. Los contenidos de azufre total son bajos (< 1 %, Tabla 3.2.2).

Los carbones del sector de Tarica-Sihuas presentan 19 % de cenizas, 10 % de materias volátiles, 69 % de carbono fijo y un poder calorífico de 6.500 Kcal/kg (GASTAÑAGA, 1979).

Los análisis de las cenizas muestran que la materia mineral está conformada fundamentalmente por Si y Al seguido de Fe, K y Ti, aunque sus proporciones varían de un sector a otro. Para todos los carbones las especies minerales reconocidas corresponden principalmente al cuarzo, arcillas, feldespatos, rutilo, pirita y escasos carbonatos.

Tipo, origen, ambiente deposicional y rango: Los carbones tienen aspecto bandeado por el vitreno y clareno, por tanto son del tipo húmico. Los restos orgánicos proceden de material leñoso, vegetación arbustiva y herbácea. Las características y la materia mineral asociada permiten indicar un origen autóctono/alóctono.

Las capas carbonosas de esta cuenca se habrían generado en un medio ambiente sedimentario de tipo de llanura deltaica con influencia de aguas dulces y salobres, bajo condiciones húmedas en una cuenca de carácter parálica.

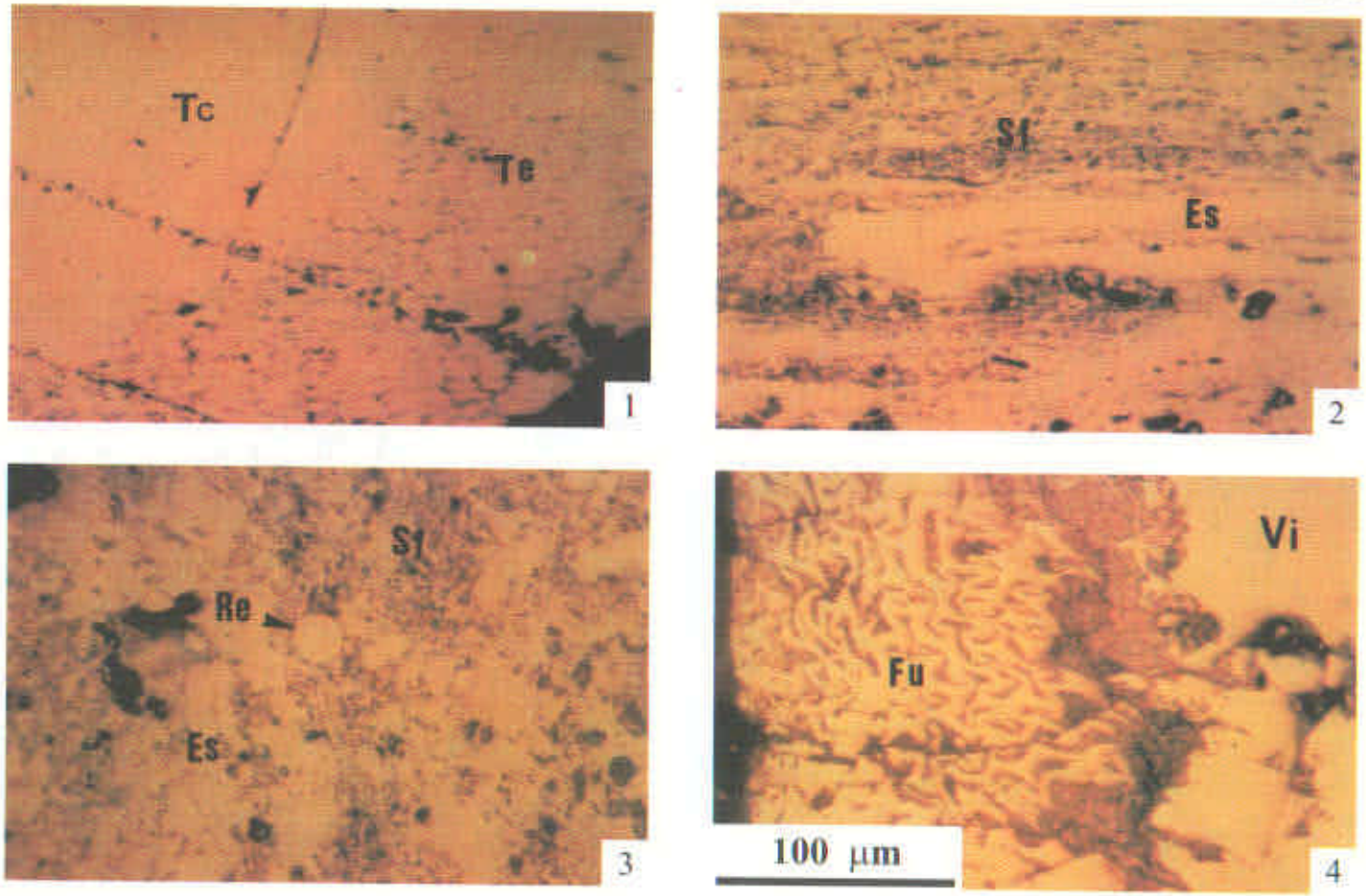
CT(	SECTOR	ZONA	CAPA	Cenizas * (%)	M.V ** (%)	C ** (%)	St * (%)	P.C * Kcal/Kg	Ro (%)	V (%)	Lv (%)	I (%)
Salç	La Galgada	Eclipse	Eclipse 2	4,85	7,45	96,75	0,90	7 334	4,85	99,0	0,8	0,2
ncc	Ancos	M. Poderosa	Yurico	11,98	15,10	92,66	0,71	6 156	4,32	99,0	0,4	0,6
		S. Jerónimo	Yurico	9,41	11,38	95,46	0,55	6 608	4,35	95,1	1,5	3,4
		La Galgada	Galgada	13,42	15,84	91,71	0,94	6 061	4,11	92,9	0,7	6,4
qui	Chuquicara	N. Esperanza	Esperanza	22,04	6,75	97,40	1,04	5 936	5,33	97,6	0,2	2,2
lla	Huallanca	Betsy	Betsy	25,59	6,55	98,89	0,35	5 614	5,38	96,0	0,7	3,3
		Los Ases	Ases 1	27,63	4,17	98,30	0,57	5 593	5,11	89,6	1,5	8,9
		Roxana	Roxana	7,65	6,09	97,26	0,10	6 928	5,59	96,9	1,4	1,7
		María	María	21,47	6,47	98,94	0,03	5 874	5,14	90,5	1,3	8,2
		Cóndor	Condor 2	28,38	3,59	98,74	0,19	5 538	5,15	89,3	1,5	9,2
ara	Caraz	Huaylas	Huaylas 2	11,76	1,33	98,57	0,26	6 973	4,45	98,0	0,4	1,6
ueb	Pueblo			21,66	1,80	98,53	0,27	6 221	4,91	91,5	0,6	7,9
ibr	Libre	Caraz	Caraz 4	5,66	2,08	98,92	0,49	7 573	4,43	98,6	0,8	0,6
			Caraz 3	10,74	2,61	97,44	0,45	7 186	4,59	99,0	0,4	0,6
			Caraz 2	14,36	2,62	98,52	0,60	6 763	4,51	98,7	0,4	0,9
			Caraz 1	6,87	1,39	98,72	0,34	7 606	4,70	96,3	1,6	2,1
		Ingenio	Gemelas	16,08	2,44	98,65	0,48	6 615	4,67	96,0	0,7	3,3

ias M.V: Materias volátiles
C: Carbono
otal St: Azufre total
calP.C: Poder calorífico

V : Vitrinita
Lv: Liptinita
I : Inertinita
Ro: Reflectancia random

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

Tabla 3.2.2 Resultados de los análisis petrográficos y químicos de los carbones de la cuenca del Santa (CARRASCAL,1996).



Microfotografías de carbones de la cuenca del 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 Caraz-Pueblo Libre. RC/96.
4. Fusinita (Fu) con vitrinita indiferenciada (Vi). Capa Los Ases - sector Chuquicara-Huallanca. RC/96.

Los carbones de los sectores de La Galgada-Ancos y Caraz-Pueblo Libre son antracitas/meta-antracitas, los de Chuquicara-Huallanca son meta-antracitas, los de Huachumin y Mancos bituminosos a semi-antracíticos (GASTAÑAGA, 1979) y los de Tarica-Sihuas, Chacas-San Luis, Chavín y Huallanca antracíticos.

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).

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

El alto rango y la zonación del mismo habrían sido provocados por un metamorfismo térmico de carácter regional (carbonificación termal anormal) causado por el flujo térmico de los cuerpos intrusivos del Batolito de la Costa y Batolito de la Cordillera Blanca.

3.2.2.3 Cuenca del Alto Chicama

Formaciones y series con capas de carbón: Esta cuenca se encuentra subdividida en los sectores de Baños Chimú-Ambara y Coina-Callacuyán, se incluyen además los sectores de Gaby-Angasmarca y Bajo Chicama (Cupisnique-Víctor Manuel).

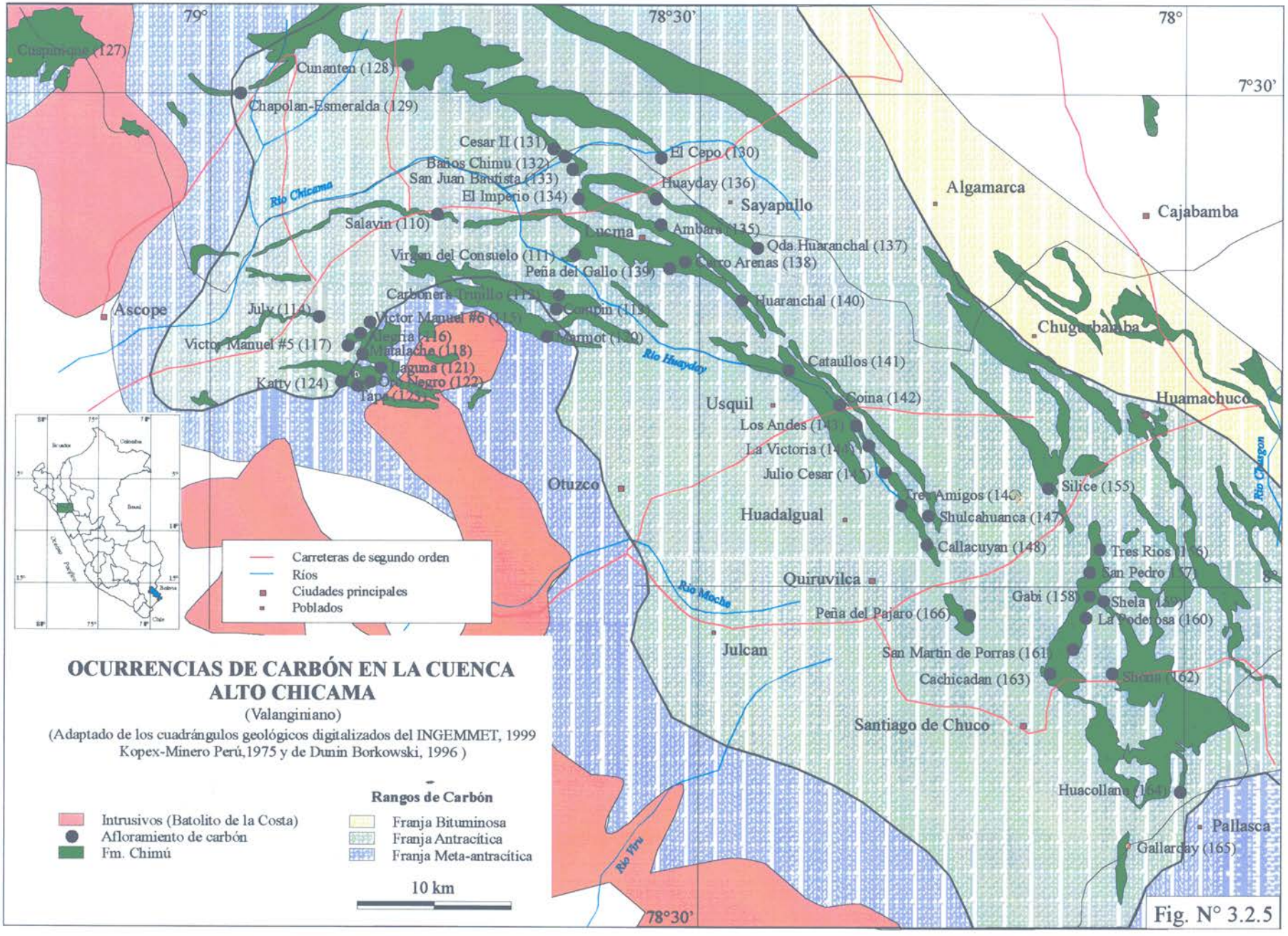
El sector de Baños Chimú-Ambara se localiza en el extremo noroeste de la cuenca. Las principales estructuras que controlan la localización de la Formación Chimú con capas de carbón son los anticlinales de El Cepo, Loma Alta y Lucma y los sinclinales Porvenir, Huayday y Grande con orientación NO-SE.

El sector de Coina-Callacuyán se sitúa en el extremo sureste de la cuenca. Las estructuras que controlan la Formación Chimú son los anticlinales de Yuracama, Pergoche y los sinclinales de Capachique y Canibamba siendo este último el más importante. Destaca el cabalgamiento regional "falla rotativa central" que controla el emplazamiento de stocks andesíticos del Terciario inferior.

Ocurrencias y características de las capas de carbón: Los sectores diferenciados son Baños Chimú-Ambara, Coina-Callacuyán, Gaby-Angasmarca y Bajo Chicama.

Sector Baños Chimú-Ambara: Las zonas más importantes donde afloran capas de carbón son: Baños Chimú, Huayday, Ambara, Cerro Arenas y Peña del Gallo (Fig. N° 3.2.5).

En la zona de Baños Chimú la Formación Chimú tiene 565 m de grosor y a 200 m de la base se localiza la capa de carbón denominada Principal, de 4 m de grosor. En


79°
78°30'
78°
7°30'
Cuspinique (127)
Cunanten (128)
Chapolan-Esmeralda (129)
Cesar II (131)
El Cepo (130)
Baños Chimu (132)
San Juan Bautista (133)
Huayday (136)
El Imperio (134)
Sayapullo
Algamarca
Cajabamba
Río Chicama
Salavin (110)
Cuncma
Ambare (135)
Qda Huaranchal (137)
Virgen del Consuelo (111)
Peña del Gallo (139)
Cerro Arenas (138)
Huaranchal (140)
Ascope
Julv (114)
Victor Manuel #6 (115)
Chugurbamba
Victor Manuel #5 (117)
Negria (116)
Matalache (118)
Marmot (139)
Río Huaydav
Cataullos (141)
Laguna (121)
Katty (124)
Negro (122)
Usquil
Coina (142)
Huamachuco
Los Andes (143)
La Victoria (144)
Julio Cesar (145)
Río Chusgon
Otuzco
Silice (155)
Tres Amigos (146)
Huadalgual
Shulcahuanca (147)
Callacuyan (148)
Tres Rios (156)
San Pedro (157)
Quiruvilca
Río Moche
Gabi (158)
Shela (159)
Peña del Pajaro (166)
La Poderosa (160)
Julcan
San Martin de Porras (161)
Cachicadan (163)
Sinsin (162)
Santiago de Chuco
Huacollan (164)
Pallasca
Gallarday (165)
Río Tirri
78°30'
Carreteras de segundo orden
Ríos
Ciudades principales
Poblados
OCURRENCIAS DE CARBÓN EN LA CUENCA ALTO CHICAMA
(Valanginiano)
(Adaptado de los cuadrángulos geológicos digitalizados del INGEMMET, 1999
Kopex-Minero Perú,1975 y de Dunin Borkowski, 1996)
Rangos de Carbón
Intrusivos (Batolito de la Costa)
Afloramiento de carbón
Fm. Chimú
Franja Bituminosa
Franja Antracítica
Franja Meta-antracítica
10 km
Fig. N° 3.2.5

Huayday se presentan 5 niveles carbonosos siendo la capa Trujillo la más importante con 5 m de grosor.

En Ambara se presentan tres niveles de carbón: Cisco, Esperanza y Principal de 1,4 a 2 m. En la zona de Cerro Arenas se localizan 3 horizontes carbonosos, siendo el más importante la capa Pedregal de 0,8 m. En Peña del Gallo se han identificado 7 niveles con carbón de los cuales destacan las capas Gallina (1,2 m) y Adriana (1,6 m), cuyos rumbos son N45°-70°O y buzamientos de 55°-75°SO.

La parte inferior de la Formación Chimú de unos 600 m de potencia constituye la serie portadora para este sector. La capa Principal es correlacionable con las capas Trujillo, Pedregal y Gallina.

Sector Coina-Callacuyán: Las zonas más importantes de este sector son: Cataullos, Los Andes, Victoria, Shulcahuanca, Tres Amigos y Callacuyán (Fig. N° 3.2.5).

En Cataullos, en una sección de 300 m que corresponde a la Formación Chimú afloran 9 niveles carbonosos localizados en el flanco NE del anticlinal de Yuracama, las capas de carbón tienen un rumbo general NO-SE y buzamientos de 40°-70°NE. Las capas más importantes son la 4 y 5 que alcanzan de 1 a 1,5 m de grosor.

En la zona de Los Andes se han reconocido las capas 4, 5 y 6 de 1,4 a 2,8 m de grosor. 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. La longitud de afloramiento en las minas Los Andes y Victoria alcanzan 8 km.

En Shulcahuanca afloran las capas 4, 5, 6, 7 y 10 presentando de 1,5 a 3 m de grosor mientras que, en Tres Amigos afloran las capas 2, 3, 4 y 5 que alcanzan 2,5 m. En la zona de Callacuyán afloran las capas 1, 2, 3, 4 y 5, destacando la capa 4 con 4 m y la capa 5 con 2,5 m (Lámina 4).

Considerando las diferentes secciones se han correlacionado las capas carbonosas de este sector, así las capas 4 y 5 son bastante continuas y las más importantes siendo consideradas como capas guía. En general, la serie portadora presenta unos 300-500 m de grosor conteniendo unos 10 niveles carbonosos, localizados en la parte media-superior de la Formación Chimú (Fig. N° 3.2.6).

A nivel de toda la cuenca se han identificado 16 niveles importantes con carbón concentrados en dos series portadora que tienen unos 1 000 m de sedimentos. En el sector noroeste de la cuenca en la parte inferior de la Formación Chimú se tiene una serie de 6 capas. Una segunda serie en la parte media-superior de la misma Formación Chimú se encuentra en el sector sureste de la cuenca conteniendo 10 niveles de carbón. En la primera serie portadora destaca la capa Principal y en la segunda serie las capas 4 y 5 por su grosor y continuidad lateral regional.

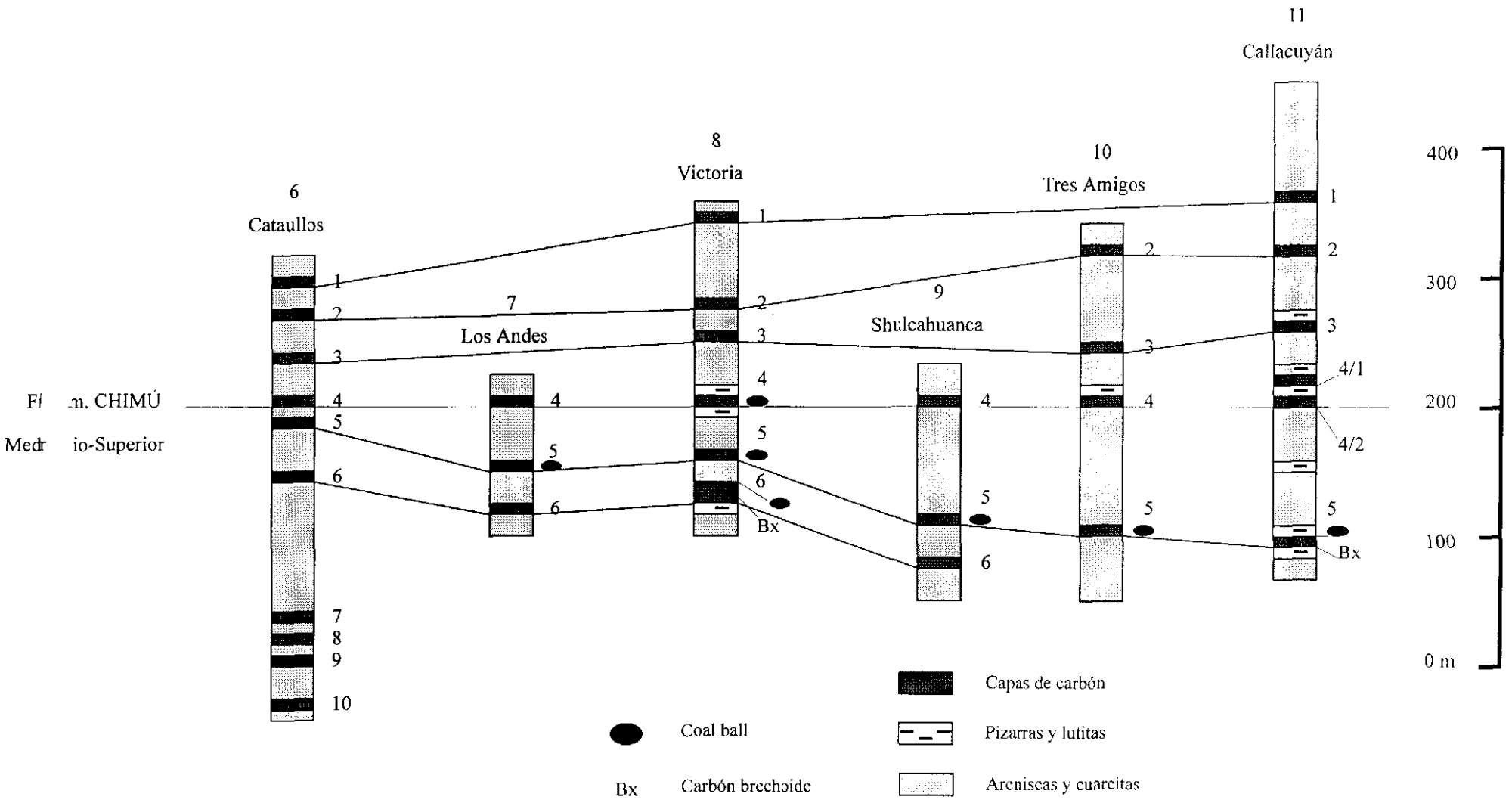


Fig. **Fig. 3.2.6. Secciones estratigráficas y correlación de las capas de carbón del sector sureste de la cuenca del Alto Chicama (Adaptado de Kopex-Minero Perú, 1975).**

Cuenca del Alto Chicama **Lámina 4**

Foto Nº 1 Capas de carbón en Callacuyán, sector sureste. RC/96.

Foto Nº 2 "Coal balls", Capa 5. La Victoria, sector sureste. RC/ 2000.

Sector Gaby-Shona: Se localiza en el extremo sureste de la cuenca del Alto Chicama presentando una serie de prospectos como Gaby, Shela, Poderosa, Shona, Cachicadán, 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 portadora del sector de Coina-Callacuyán.

Sector Bajo Chicama: En el sector Bajo Chicama correspondiente a la parte oeste de la cuenca del Alto Chicama 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.

En la base 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. La parte inferior está 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 grosores de 0,3 a 2,2 m (MÁLAGA SANTOLALLA, 1920). En Sinsicap las capas con carbón tienen de 0,7 a 1,3 m de grosor, teniendo rumbo general NE-SO y buzamiento de 60°-75°SO. En los demás prospectos afloran 2 capas de carbón intercaladas con lutitas.

En la Fig. N° 3.2.5 se han representado las ocurrencias de carbón en la cuenca del Alto Chicama.

Características petrográficas: Los carbones de los sectores noroeste y sureste de la cuenca presentan un aspecto bandeado, color negro brillante, compactos, duros, con fractura irregular a concoidal.

El aspecto bandeado es debido al vitreno y clareno, siendo el fuseno escaso. Los grosores del vitreno son inferiores a 10 mm. Estas características se repiten en todos los carbones, a excepción de la capa 5 de Callacuyán cuyo carbón presenta un aspecto brechoide y granular de aspecto 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 Callacuyán. Estos "coal balls" tienen morfología alargada, elipsoidales y redondeadas cuyas dimensiones varían desde pocos centímetros hasta 40 cm, siendo duros y compactos (Lámina 4).

Análisis maceral: La vitrinita es mayoritaria en todos los carbones (> 80% vol.) seguido de inertinita (12 % vol.) y liptinita (< 7 % vol.)(Tabla 3.2.3).

Dentro del grupo vitrinita se han identificado telinita, corpocolinita, telocolinita y desmocolinita. Los macerales del grupo liptinita se encuentran vitrinizados, conformado por macroesporas, microesporas, y formas de resinas y cutículas. Como macerales del grupo inertinita se tiene la semifusinita y fusinita mostrando cavidades celulares (Lámina 5).

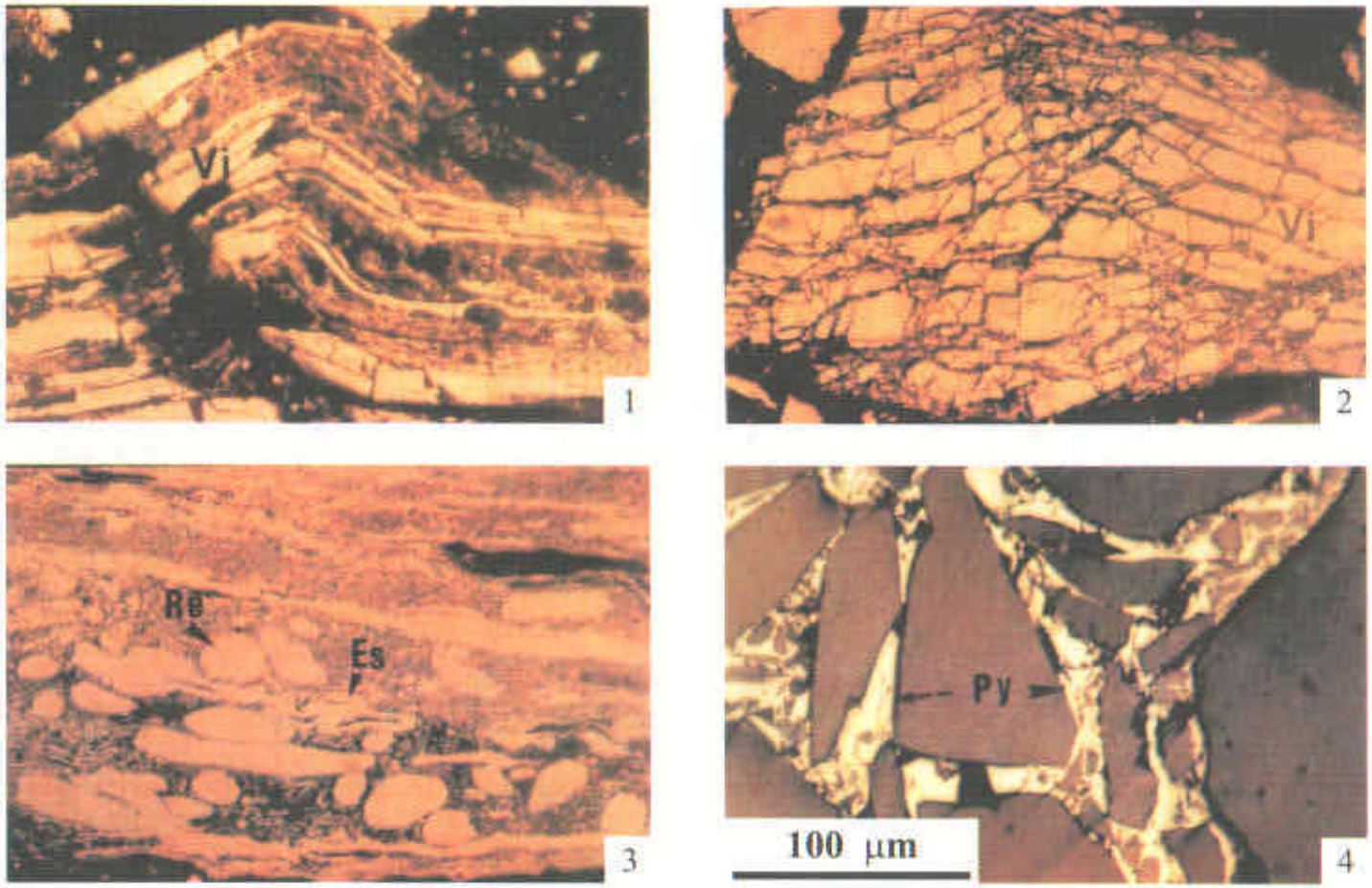
SECTOR	ZONA	CAPA	Cenizas * (%)	M.V ** (%)	C ** (%)	St * (%)	P.C * Kcal/Kg	Ro (%)	V (%)	Lv (%)	I (%)
Noroeste - Alto Chicama	Baños Chimú	Principal (Trujillo)	20,57	4,61	96,21	0,60	5 721	5,2	84,7	4,7	10,6
			21,55	4,95	95,93	0,34	5 870	5,2	80,8	7,1	12,1
			15,09	4,17	96,93	0,44	6 450	5,3	87,2	6,0	6,8
			23,46	4,32	95,58	0,49	5 626	5,3	83,2	4,0	12,8
			10,49	4,11	96,96	0,43	6 887	5,4	89,1	2,9	8,0
			7,21	4,26	96,71	0,40	7 224	5,4	91,2	2,5	6,3
			13,67	3,79	97,32	0,58	6 536	5,3	87,7	3,4	8,9
			11,48	3,50	97,07	0,47	6 813	5,4	91,2	2,3	6,5
	Huaday	Pincipal (Trujillo)	4,87	2,18	96,89	0,63	7 740	4,6	94,1	1,2	4,7
			14,53	3,17	96,59	0,61	6 787	4,5	91,7	2,5	5,8
			12,45	3,36	96,34	0,61	6 978	4,7	89,3	3,1	7,6
	Ambara	Principal (Trujillo)	6,20	2,64	96,80	0,63	7 635	4,6	89,0	5,4	5,6
			9,32	3,12	94,59	0,67	7 241	4,6	89,4	3,3	7,3
			6,19	7,95	92,85	0,70	7 174	4,5	92,3	2,0	5,7
	Cerro Arrenas	Pedregal 1	15,23	3,83	96,87	0,68	6 813	4,5	89,3	2,4	8,3
			15,73	4,46	95,80	0,64	6 672	4,9	86,2	4,0	9,8
	Peña del Gallo	Adriana	6,63	3,98	96,59	0.,78	7 351	5,1	94,6	2,3	3,1
		Gallina	6,88	2,56	96,84	0,78	7 468	4,8	95,0	0,4	4,6
Sureste - Alto Chicama	Cataullos	4	7,43	3,29	96,97	0,67	7 365	4,96	92,5	1,8	5,7
		5	14,48	4,19	95,66	0,70	6 720	5,07	86,7	3,1	10,2
		6	2,78	6,72	94,18	0,66	7 499	4,89	97,8	0,8	1,4
		7	18,11	3,82	97,37	0,62	6 331	4,90	82,8	5,5	11,7
	Los Andes	4	6,17	3,49	96,36	0,81	7 465	4,81	87,6	3,5	8,9
			42,86	11,76	89,34	1,22	3 918	4,90	83,6	5,6	10,8
			8,85	2,75	96,98	0,71	7 308	5,00	91,1	3,2	5,7
		5	3,47	2,12	97,91	0,61	7 809	4,86	94,4	2,7	2,9
			5,92	2,23	98,85	0,68	7 580	5,21	86,5	4,9	8,6
	Victoria	4	4,71	2,32	96,72	0,65	7 637	5,14	90,6	3,1	6,3
			10,40	3,26	96,50	1,06	7 069	4,94	92,8	2,3	4,9
		5	4,65	2,15	97,73	0,63	7 645	4,78	93,3	1,9	4,8
			8,09	1,84	98,37	0,27	7 441	4,67	86,1	6,8	7,1
			5,10	1,92	96,81	1,43	7 623	4,85	92,1	2,8	5,0
			1,45	1,19	99,39	0,32	8 020	4,84	100,0	0,0	0,0
		6	9,78	2,82	97,39	0,38	7 205	4,98	97,1	0,4	2,5
			5,25	2,51	92,92	0,46	7 623	5,11	96,6	1,2	2,2
			19,09	4,12	95,88	0,35	6 378	5,04	91,3	1,4	7,3
	Shulcahuanca	5	11,37	9,26	81,54	15,08	6 326	5,11	95,3	1,6	3,1
		6	12,03	3,48	96,42	0,67	7 124	4,63	80,2	9,9	9,9
	Tres Amigos	4	6,11	2,24	96,08	2,15	7 504	4,91	90,3	3,8	5,9
	Callacuyán	1	9,51	2,56	95,83	2,03	7 179	5,09	84,8	7,3	7,9
		2	7,34	2,32	96,83	0,97	7 425	4,92	89,1	4,5	6,4
		4N	4,52	2,59	97,08	0,98	7 688	5,01	96,9	0,4	2,7
			4,07	1,63	97,25	0,75	7 745	4,95	95,6	1,2	3,5
		4S	5,39	7,75	82,45	16,44	6 529	5,57	88,4	4,4	7,2
			7,60	7,34	80,52	14,89	7 066	5,71	88,6	6,4	5,0
		5	3,98	7,55	79,65	17,96	6 613	5,59	94,0	1,3	4,7
			4,76	14,57	73,90	23,11	6 221	5,66	97,8	0,6	1,6

M.V: Materias volátiles
C: Carbono
St: Azufre total
P.C: Poder calorífico

V: Vitrinita
Lv: Liptinita
I : Inertinita
Ro: Reflextancia random

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

Tabla 3.2.3 Resultados de los análisis petrográficos y químicos de los carbones de la cuenca del Alto Chicama (CARRASCAL, 1996).



Microfotografías de carbones de la cuenca del 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 - Callacuyán - sector sureste. RC/96.
4. Pirita (Py) rellenando microfracturas de vitrinita. Capa 5 - La Victoria - sector sureste.RC/96.

La materia mineral identificada ópticamente corresponde a cuarzo, arcillas y pirita singenética y epigenética.

Análisis de la reflectancia: Para los carbones del sector noroeste la reflectancia es elevada (4,48 - 5,43 %, Tabla 3.2.3) indicando 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 el rango de antracitas/meta-antracitas.

En general, para el sector noroeste existe cierta tendencia de aumento del rango. En el sector sureste el incremento de la reflectancia en dirección este y sureste de Callacuyán 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: Para el sector noroeste los contenidos de cenizas son relativamente bajos a moderados (< 24 %), las materias volátiles bajas (< 5 %), el carbono alto (94-97 %), bajo en hidrógeno (< 1 %) y en azufre total (< 1 %) (Tabla 3.2.3). Para el sector sureste los valores en cenizas son también bajos (< 20 %), bajos volátiles (< 4 %), altos en carbono (96-98 %), bajos en hidrógeno (< 1 %).

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

Los carbones del sector de Gaby-Shona (Gaby, Shela, San Martín) presentan contenidos bajos de 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).

Los carbones procedentes del Bajo Chicama (Katy, Tapa, Oro Negro, Matalache, Víctor Manuel, Alegría) contienen cenizas 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).

La materia mineral contenida en los carbones de esta cuenca está compuesta mayoritariamente por Si y Al, en menor proporción por Fe, Ca, K y Ti. Los carbones de Callacuyán presentan elevados contenidos de Ni, Cr, Pb, Zn (501-1500 ppm) con relación al resto de los carbones de la cuenca. Asimismo, OJEDA CHÁVEZ 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 Callacuyán.

Estos contenidos elevados están en estrecha relación con los carbones que presentan un alto contenido de azufre total (principalmente en estado elemental) indicando en

este sector de la cuenca del Alto Chicama una relación genética de estos elementos con la circulación de fluidos hidrotermales.

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

Tipo, origen, ambiente deposicional y rango: Los carbones son de *tipo húmico*, con aspecto bandeado por los litotipos vitreno y clareno. Los restos orgánicos que lo constituyen proceden de árboles y vegetación arbustiva. Su origen se establece como *autóctono/alóctono*.

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

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 la afectó, siendo su evolución paralela al resto de los carbones. Al azufre elemental de los carbones del extremo sureste (Shulcahuanca y Callacuyán) se le asigna un origen termogenético debido a los fluidos sulfurosos derivados de la actividad magmática.

Todos los carbones de esta cuenca son de rango antracíticos/meta-antracíticos situándose en el estadío de la metagénesis avanzada. Este alto grado de evolución orgánica sería equivalente al estadío de anchimetamorfismo o anchizona en transición a la zona de metamorfismo de bajo grado, estando relacionado con una carbonificación anormal de carácter regional producido por un metamorfismo térmico, causado por el emplazamiento de los cuerpos intrusivos del Batolito de la Costa y de stocks intrusivos de menores dimensiones.

A pesar de esta carbonificación regional se observa una zonación del rango con aumento hacia el borde oeste y sureste de la cuenca debido en este caso a un cabalgamiento regional, que controla el emplazamiento de los intrusivos. Este hecho y la existencia de carbones menos evolucionados en las áreas este/noreste de la cuenca da lugar a una zonación en franjas paralelas del rango con incremento de este a oeste (Fig. N° 3.2.5).

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

Cuenca de Yanacancha **Lámina 6**

Foto Nº 1 Horizonte carbonoso. Sector central. Yanacancha. RC/96.

Foto Nº 2 Capas de carbón intercaladas con tobas arcillosas. Sector oeste. Yanacancha. RC/96.

3.2.3 Cuencas de Goyllarisquizga y Jatunhuasi

3.2.3.1 Cuenca de Goyllarisquizga

Formaciones y series con capas de carbón: La serie sedimentaria en esta cuenca tiene como basamento a los grupos Exelsior, Mitu y Pucará, sobre el cual descansa en concordancia el Grupo Goyllarisquizga (Cretáceo inferior) continuando con el Grupo Machay (Albiano), y suprayaciendo 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 ubicación de las capas de carbón es un sinclinal asimétrico con rumbo NO-SE cuyo eje se inclina al SE. La mina Goyllarisquizga se localiza en el flanco NE y en el eje del sinclinal.

El Grupo Goyllarisquizga (Neocomiano), en el área de esta mina, tiene unos 500 m de grosor y está constituido por 6 miembros conformados por: una serie inferior con carbón (litología variada y en forma lenticular), las areniscas Murucata, una serie superior con carbón (volcánicos en la base y arcillas), las capas Bolognesi (capas rojas y volcánicos), la arenisca Chonta y una arenisca calcárea (PAGE, 1960).

Las series portadoras que contienen carbón se localizan en la parte inferior del Grupo Goyllarisquizga. Estando integrada por los miembros Serie inferior y Serie superior constituídos a su vez por areniscas y capas de carbón. Estas series se encuentran separadas por el Miembro Murucata conformado por areniscas y conglomerados cuarzosos (BROGGI, 1927).

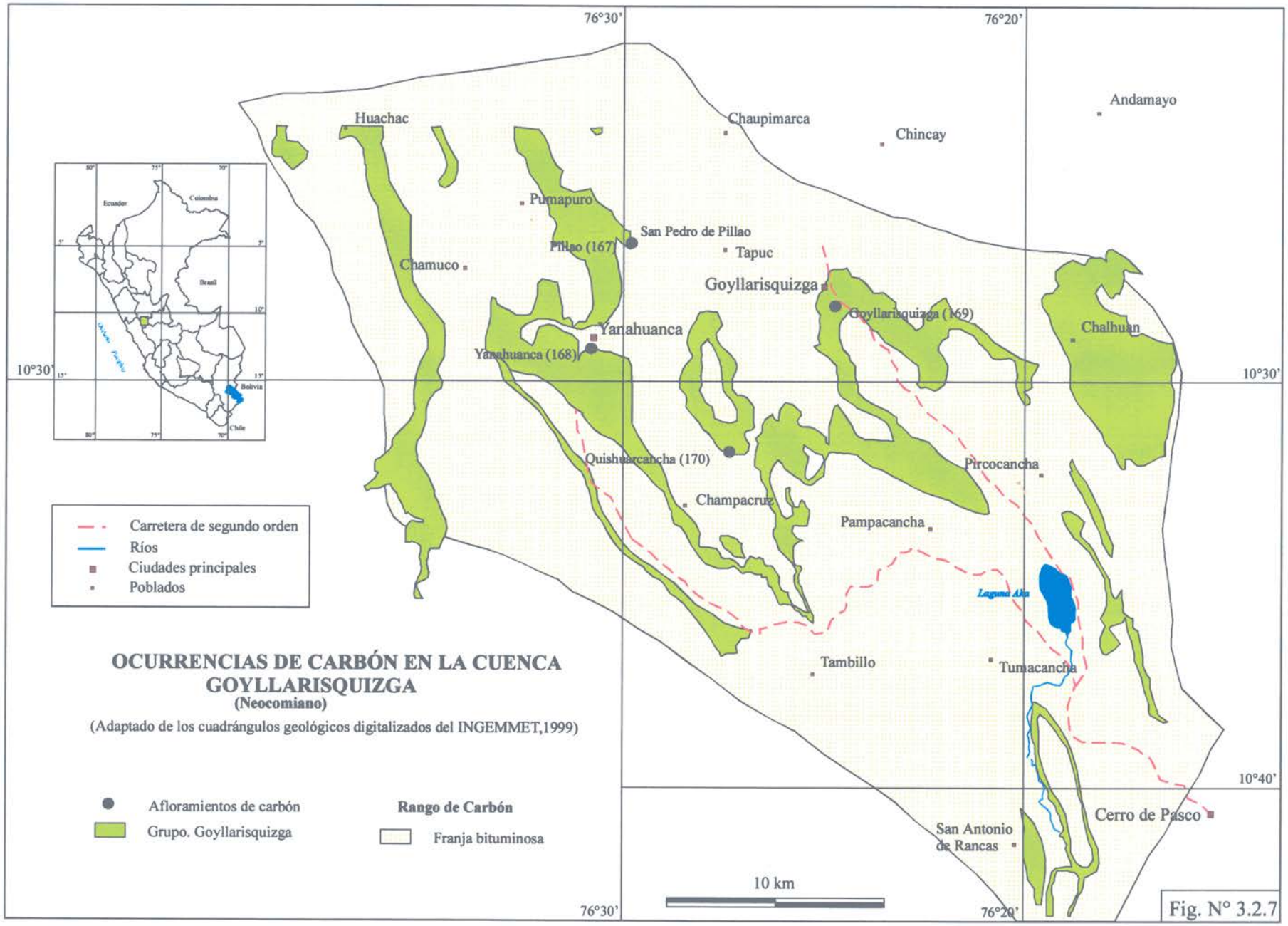
Yacimiento de Goyllarisquizga: La serie inferior contiene sólo una capa delgada (< 1 m) poco continua, mientras que la serie superior contiene 4 capas denominadas: Principal, Paralelo, Primera y Segunda (HORNA, 1985). Ambas series están conformadas por areniscas blancas cuarzosas intercaladas con lutitas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

Capa principal: Tiene de 1-3 m de grosor, se encuentra localizada entre arcillas refractarias, hacia el extremo norte del distrito se vuelve impura.

Capa paralela: Presenta de 1,3 - 2,6 m de grosor. Contiene pirita, arcillas y concreciones calcáreas. Está separada de la capa principal por una capa delgada de arcilla refractaria gris clara que varía entre 0,1-0,3 m de grosor.

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

Capa segunda: Sólo 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 grosor.


76°30'
76°20'
10°30'
10°40'
Huachac
Chaupimarca
Chincay
Andamayo
Pumapuro
San Pedro de Pillao
Pillao (167)
Tapuc
Chamuco
Goyllarisquizga
Goyllarisquizga (169)
Chalhuan
Yanahuanca
Yanahuanca (168)
Quishuarcancha (170)
Pircocancha
Champacruz
Pampacancha
Laguna Alta
Tambillo
Tunacancha
Cerro de Pasco
San Antonio de Rancas
10 km
Ecuador
Colombia
Brasil
Bolivia
Chile
Carretera de segundo orden
Ríos
Ciudades principales
Poblados
OCURRENCIAS DE CARBÓN EN LA CUENCA GOYLLARISQUIZGA
(Neocomiano)
(Adaptado de los cuadrángulos geológicos digitalizados del INGEMMET,1999)
Afloramientos de carbón
Grupo. Goyllarisquizga
Rango de Carbón
Franja bituminosa
Fig. N° 3.2.7

En general, las capas son de carácter lenticular y tienen grosores 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 grosores considerables así, la capa Principal (9 m), Paralelo (9 m), Primera (4 m) y Segunda (3 m) haciendo un total de 25 m de carbón. Las capas Principal y Paralelo son las más continuas y extensas encontrándose separadas por una capa de pizarra arcillosa cuyo grosor varía de pocos centímetros a algunos metros.

Sector de Pillao: Se sitúa al noroeste de Cerro de Pasco, en la quebrada de Chaupihuaranga. Las capas con carbón son de carácter lenticular con potencias que alcanzan hasta 5 m localizadas en el Grupo Goyllarisquizga.

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

Sector de Quishuarcancha: Se sitúa 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, reconocidos en Goyllarisquizga, se encuentran unidos formando un paquete de carácter lenticular. 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, cuya potencia en su zona axial alcanzaron los 10 m mientras que, en la zona de Milagro alcanzan 2,5 m y en la zona de Jaro 1,5 m.

Sector de Yanahuanca: Localizado entre los sectores de Quishuarcancha y Pillao. La serie portadora es la misma que en Goyllarisquizga, presenta facies de areniscas cuarzosas y pizarras. Las zonas con lentes de carbón son: Visacancha, Huachapo, Shaygua y Alpamarca. Los grosores máximos alcanzan los 4 m (Huachapo), son lenticulares y gradan a pizarras carbonosas.

Sector de Margos: Situado 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 (Dos de Mayo). El afloramiento más próximo a Margos es el de Togana distante 5 km, el mismo que presenta 3 lentes superpuestos con potencias de 0,4 a 1,5 m (BROGGI, 1927) prolongándose hacia Llamapashillo localizado en Garhuash.

Características petrográficas: Los carbones son de color negro semibrillante a brillante, poco compactos, deleznables y de fractura irregular. Presentan un aspecto bandeado (vitreno y clareno) con laminaciones finas de pizarra carbonosa y en ocasiones pirita. Los carbones han alcanzado el rango de sub-bituminosos (BROGGI, 1927; MUCHO, 1992) sin embargo, PAGE (1960) indica un rango bituminoso.

SECTOR	Cenizas * (%)	M.V * (%)	C * (%)	St * (%)	P.C * Kcal/Kg	Ro (%)	V (%)	Lv (%)	I (%)
Calancho	67,69	20,33	2,36	0,29	2 044	0,57	79,3	13,80	6,90
Riqueza Sur	22,72	34,87	63,81	1,04	6 123	0,67	95,65	3,90	0,45
Melenique	31,15	27,56	57,61	4,53	5 523	0,78	93,55	4,27	2,18
Celica Norte	30,67	27,37	58,65	2,38	5 524	0,77	92,02	4,68	3,30
Mozambique	43,35	26,68	45,78	0,56	4 009	0,59	83,70	7,90	8,40
Negro Bueno	21,04	33,40	66,98	4,33	6 602	0,74	80,15	12,15	7,70
Cosmos	25,14	33,30	62,04	4,45	6 009	0,68	88,23	6,96	4,81
Insolina	8,86	31,04	74,29	2,95	7 150	0,72	91,75	2,35	5,90
Esperanza	5,85	33,30	79,40	2,45	7 750	0,74	93,20	2,60	4,20
Huaychao	13,69	32,39	72,00	2,66	6 958	0,75	93,95	2,40	3,65
Cachi Norte	9,33	33,68	74,24	4,38	7 251	0,67	93,42	4,06	2,52
Cachi Sur	9,69	32,42	74,79	3,92	7 293	0,88	96,20	0,83	2,97
Llacsa	35,23	23,65	56,73	1,96	5 308	0,90	90,60	4,95	4,45
Chaucha	35,87	10,26	57,89	2,57	5 056	1,85	89,90	0,00	10,10
Estancia	21,79	8,28	70,97	3,01	6 455	2,51	91,93	0,00	8,07

* Sobre base seca
M.V: Materias volátiles
C : Carbono
St: Azufre total
P.C: Poder Calorífico
Ro: Reflectancia random
V : Vitrinita
Lv: Liptinita
I : Inertinita

Tabla 3.2.4 Resultados de los análisis petrográficos y químicos promedios de los carbones de la cuenca de Jatunhuasi (CARRASCAL, et al; 1998)

Características geoquímicas: Los contenidos de cenizas son altos de 24 a 60%, las materias volátiles medias a altas de 20 a 40 % y el carbono fijo de 22 a 45%. Los contenidos de 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.

Los análisis químicos promedios de los carbones de Pillao, Quishuarcancha y Yanahuanca muestran características similares a los de Goyllarisquizga, alcanzando el rango de sub-bituminosos (BROGGI, 1927).

Tipo, origen, ambiente deposicional y rango: Los carbones tienen un origen autóctono a alóctono dado que presentan suelos conformados por arcillas refractarias con restos vegetales en la base, así como por su marcado carácter lenticular y alto contenido en cenizas.

Las características geológicas y litológicas, 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.

Los datos petrográficos y algunos análisis químicos indican que los carbones de la cuenca de Goyllarisquizga han alcanzado el rango de carbones sub-bituminosos/ bituminosos. 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.

3.2.3.2 Cuenca de Jatunhuasi

Formaciones y series con capas de carbón: En esta cuenca el Grupo Goyllarisquizga (Neocomiano) está constituido por areniscas cuarzosas blancas y amarillentas presentando laminación cruzada intercalándose lutitas oscuras y capas de carbón. La cuenca ha sufrido diversas fases tectónicas de la orogenia andina siendo fallada y deformada. La estructura principal la constituye el sinclinal de Jatunhuasi, en cuyos flancos NE y SO se localiza la serie portadora con capas de carbón, la misma que se ubica en la parte superior del Grupo Goyllarisquizga. Las capas presentan los mayores grosores en Célica-Negro Bueno, Cosmos, Insolina-Esperanza, Cachi Sur-Cachi Norte, Llacsa y Chaucha.

La serie portadora tiene de 15-20 m de grosor estando constituida por areniscas blancas de grano medio a grueso intercaladas con limolitas, lodolitas, lutitas y 6 capas de carbón, denominadas A, B, C, X, Y, Z (Fig. N° 3.2.8) (MACLAUGHLIN, 1922) siendo las más continuas las capas A-B, X-Y y Z, las más irregulares las capas C y Z.

Capa A-B: De 0,2 a 1,70 m de grosor, con una capa de lutitas intermedia. En la base se presentan bandas impuras de lutitas, arcillas refractarias y areniscas de grano fino. 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 grosor varía de 0,35 a 1,50 m. En general, presenta 2 capas de carbón separadas por una banda de arcilllas y areniscas grises deleznables.

Capa Z: Se sitúa de 4 a 6 m por debajo de la capa X-Y, tiene de 0,20 a 0,40 m de grosor, alcanza hasta 0,70 m hacia el extremo norte de la cuenca.

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. N° 3.2.9 se muestra las ocurrencias de carbón en esta cuenca.

Características petrográficas: Macroscópicamente los carbones son de color negro semibrillante a brillante, sedoso, compacto, a veces un tanto opaco, deleznable y de fractura irregular. Es bandeado por los litotipos vitreno, clareno y laminaciones finas de lutita carbonosa. El vitreno se presenta en lechos lenticulares brillantes de 0,5 a 5 mm de grosor alcanzando hasta 2,5 cm (Cachi Norte).

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

Análisis maceral: El grupo mayoritario (Tabla 3.2.4) lo constituye la vitrinita (> 85 %) seguido por el grupo liptinita (< 11 %) e inertinita (< 10 %)(CARRASCAL et al. 1996/1998).

Análisis de la reflectancia: La reflectancia de la vitrinita para esta cuenca está comprendida entre 0,57 a 2,51 % (Tabla 3.2.4). Las zonas de menor reflectancia se dan en Calancho y Mozambique (0,59 %) y la más alta en Chaucha (1,85 %) y Estancia (2,51 %, CARRASCAL et al. 1996/1998), PEARSON (1981) reporta valores de reflectancia de la vitrinita (0,67 a 1,01 %).

Los valores de la reflectancia indican que han alcanzado el rango de carbones bituminosos de altos volátiles (Calancho, Riqueza, Melenique, Célica, Negro Bueno, Cosmos, Insolina, Esperanza, Cachi, Llacsa), bituminosos de bajos volátiles (Chaucha) y semiantracitas/antracitas (Estancia).

Características geoquímicas: Los valores en cenizas son variables y los contenidos más altos (20-43%) se presentan en el sector norte y oeste de la cuenca. Los más bajos (< 15 %) corresponden al sector este (Tabla 3.2.4).

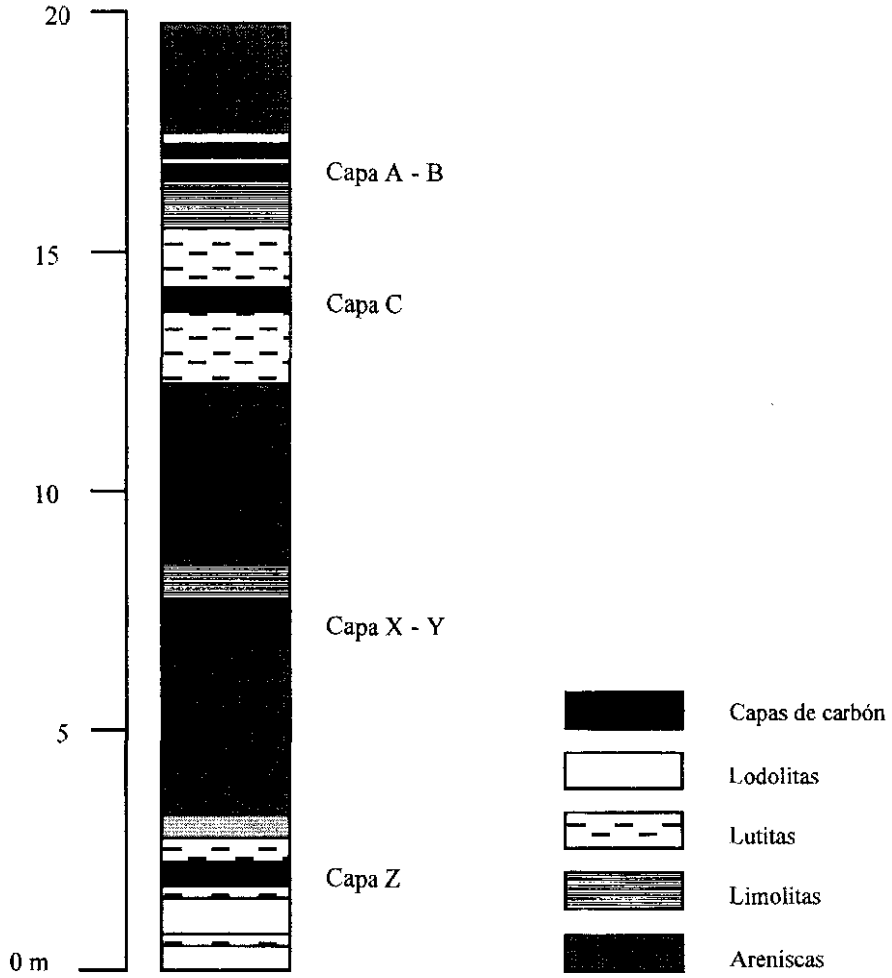
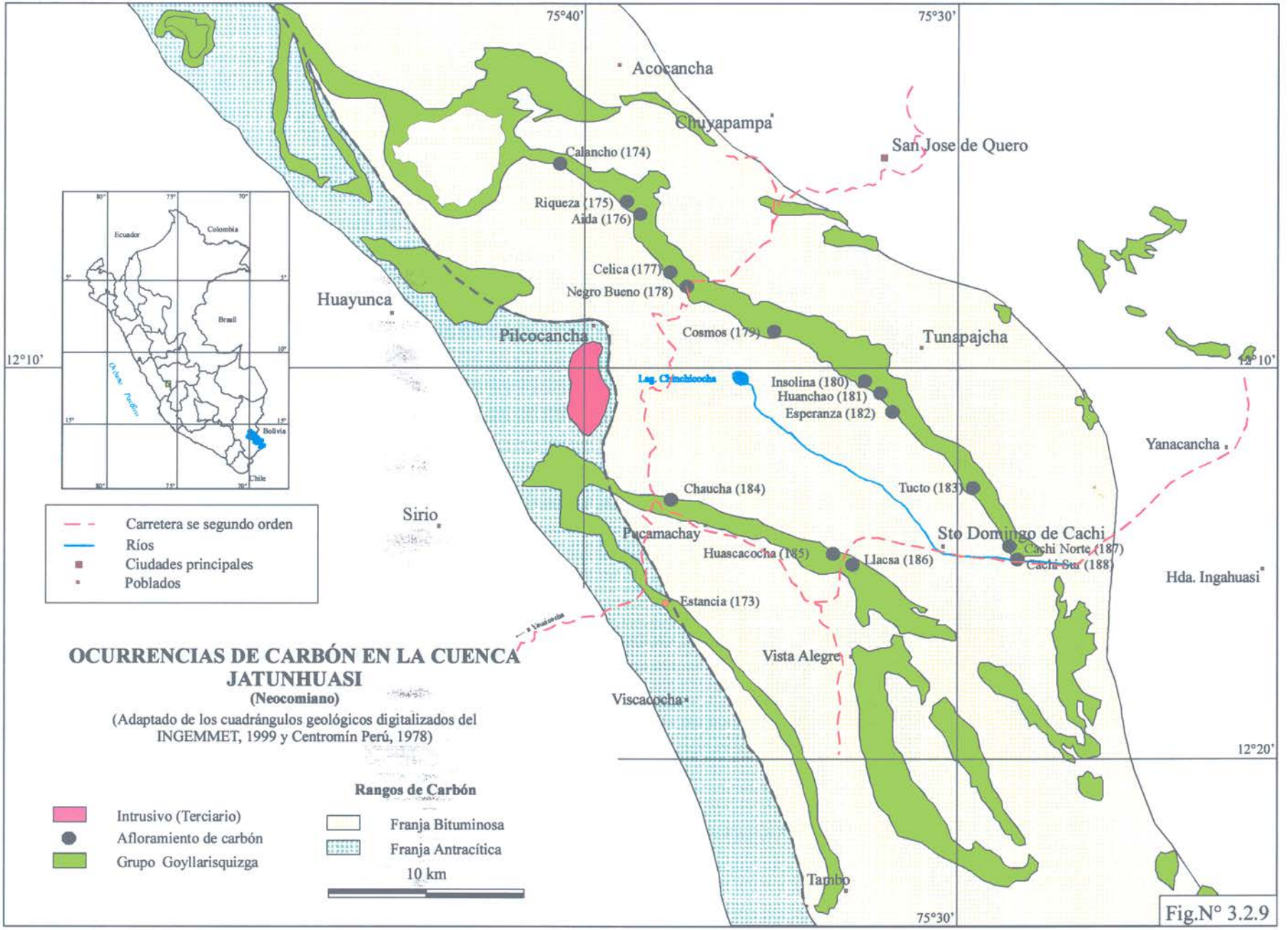


Fig. 3.2.8. Serie portadora representativa de la cuenca de Jatunhuasi (Adaptado de Centromín Perú, 1978).


75°40'
75°30'
12°10'
12°20'
Acocancha
Chuyapampa
San Jose de Quero
Calancho (174)
Riqueza (175)
Aida (176)
Celica (177)
Negro Bueno (178)
Huayunca
Pilcocancha
Cosmos (179)
Tunapajcha
Lag. Chinchicocha
Insolina (180)
Huanchao (181)
Esperanza (182)
Yanacancha
Chaucha (184)
Tucto (183)
Sto Domingo de Cachi
Cachi Norte (187)
Cachi Sur (188)
Sirio
Pucamachay
Huascacocha (185)
Llacsa (186)
Hda. Ingahuasi
Estancia (173)
Vista Alegre
Viscacocha
Tambo
Ecuador
Colombia
Brasil
Bolivia
Chile
Océano Pacífico
Carretera se segundo orden
Ríos
Ciudades principales
Poblados
OCURRENCIAS DE CARBÓN EN LA CUENCA JATUNHUASI
(Neocomiano)
(Adaptado de los cuadrángulos geológicos digitalizados del INGEMMET, 1999 y Centromín Perú, 1978)
Rangos de Carbón
Intrusivo (Terciario)
Afloramiento de carbón
Grupo Goyllarisquizga
Franja Bituminosa
Franja Antracítica
10 km
Fig.N° 3.2.9

Los contenidos de materias volátiles más bajos (8-10 %) se presentan en las zonas de Chaucha y Estancia y los más elevados (27-34 %) en las zonas localizadas en el flanco NE del sinclinal de Jatunhuasi. Los contenidos en carbono más bajos (45-66 %) en las zonas del flanco NE del sinclinal y los más altos (74-79 %) en el 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 Melenique, Negro Bueno, Cachi Norte y Cachi Sur y los más bajos (< 3 %) en las zonas restantes.

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

Tipo, origen, ambiente deposicional y rango: Los carbones de aspecto bandeado por los litotipos vitreno y clareno son de *tipo húmico*. Las características petrográficas presentadas por la fracción orgánica y la materia mineral indican 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 vitrinítica y la materia mineral asociada indican que los carbones se habrían generado en ambientes de llanura deltaica, en transición a facies fluviátiles bajo condiciones húmedas, siendo la cuenca probablemente de carácter parálica.

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 estadío de la catagénesis: Calancho, Riqueza, Melenique, Célica, Negro Bueno, Cosmos, Insolina, Esperanza, Cachi, Llacsa), bituminosos de bajos volátiles (Chaucha) y semiantracitas/antracitas (Estancia)(Fig. N° 3.2.9).

A nivel de cuenca se observa que los carbones, menos evolucionados, se localizan hacia el NE de la cuenca y los más evolucionados se distribuyen hacia el sector oeste (Fig. N° 3.2.9). Esta distribución podría estar relacionado con el emplazamiento de cuerpos intrusivos que habrían influenciado térmicamente en la evolución de los carbones.

3.2.4 Otras Cuencas

Cuenca de Cajamarca

Sector 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 en la Formación Chimú, con rumbo general NO-SE y buzamientos de 10°-15°SO aflorando unos 10 km (GASTAÑAGA, 1979).

Los carbones presentan bajo contenido de cenizas 7-12 %, bajas 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). Son de rango antracítico.

Sector de Celendín: 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 antracítico.

Sector de Huasmín: En el distrito de Huasmín de la provincia de Celendín dentro de la Formación Chimú se tienen capas con carbón. Los contenidos en cenizas son 22 %, materia volátil 17 %, carbono fijo 69 %, azufre total 1 % y poder calorífico 6 700 Kcal/kg (MUCHO, 1992). Son de rango bituminoso.

Sector de Cajabamba: En las márgenes del río Condebamba 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 existen 5 capas con carbón, con grosores de 0,8 a 2,0 m localizadas en la Formación Chimú. El rango de los carbones varía de bituminosos a antracíticos (MEDINA, 1991).

Cuenca de Chiclayo

En esta cuenca se presentan afloramientos aislados y esporádicos de capas de carbón localizados en la Formación Chimú y San Pedro del Valanginiano. El rango del carbón es antracítico (MEDINA, 1991). Sus posibilidades y potencial son poco conocidos.

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 de origen continental. Se reportan delgadas capas carbonosas.

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 y los escudos de Brasil y Guyana, se depositaron capas con carbón. Así, VALDIVIA (1966) y SOTO (1979) señalan delgadas capas en el Grupo Oriente, especialmente en la Formación Cushabatay que es coetánea con la 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 Pipos cerca de Cheto provincia de Bongará existen afloramientos carbonosos (Servicio de Geología y Minería (SGM),1971). En Loreto, Alto Amazonas cerca del río Potro afluente del Marañón afloran capas de carbón (SGM, 1971) de rango bituminoso a antracitas.

3.2.5 Interpretación del ambiente deposicional y evolución de los carbones mesozoicos dentro del contexto geológico regional de los Andes peruanos

3.2.5.1 Medio ambiente paleogeográfico

Las unidades litológicas en las formaciones productivas con carbón del Grupo Goyllarisquizga, probablemente correspondan a la progradación de un gran delta en dirección oeste, siendo aceptado que la cuenca Oeste Peruana se rellenó en parte con los aportes de los sedimentos procedentes del Escudo Brasileño y de la Guyana. 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 del Marañón, el cual aportó 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 a lo que siguieron los depósitos continentales clásticos de los ambientes deltaicos. Las series portadoras de carbón se originaron fundamentalmente en los ambientes continentales (formaciones Oyón y Chimú).

En las cuencas Oyón, Santa y Alto Chicama las series portadoras corresponden a la Formación Oyón perteneciendo a las facies occidentales (borde oeste) del Grupo Goyllarisquizga depositadas durante el Jurásico superior-Cretáceo inferior.

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

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 del Alto Chicama.

A nivel regional, la distribución areal y vertical de dos a tres series portadoras (una en la Formación Oyón y dos en la Formación Chimú) muestran claramente hacia el noroeste un incremento en el grosor de las mismas y en el número de capas de carbón en ellas contenidas. (Fig. N° 3.2.10)

La distribución general de las tres series portadoras muestran una progradación de piso a techo (desde la Formación Oyón a Chimú) y desde el sureste hacia el noroeste (Fig. N° 3.2.10).

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 en las facies occidentales del Grupo Goyllarisquizga alcanzan unos 2 500 m de grosor en el norte (Alto Chicama) y unos 1 500 m en el centro (Oyón) (Fig. N° 3.2.10). Por el contrario, la serie sedimentaria del mismo Grupo Goyllarisquizga indiferenciado de las facies orientales y meridionales tienen menores grosores alcanzando unos 700 m en el norte y 500 m en el centro del Perú, ubicándose las capas carbonosas en la parte inferior y superior de dicho grupo.

Las turberas de la Formación Oyón y las facies occidentales de la Formación Chimú corresponderían a facies de llanura deltaica inferior/superior con influencia de aguas salobres y dulces, mientras que las turberas de las facies orientales-meridionales se desarrollaron en facies deltaicas alejadas del mar.

3.2.5.2 Evolución térmica y distribución regional del rango

Los carbones de la cuencas mesozoicas alcanzaron diferentes grados de evolución que irían desde el estadío 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 de la Cordillera Blanca, lo que es especialmente evidente en la cuenca del Santa.

La correlación de la reflectancia de la vitrinita con respecto a los contenidos en carbono para los carbones mesozoicos (CARRASCAL et al. 1998)(Fig. N° 3.2.11) muestran que los 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 del Santa y Alto Chicama) están más próximos a dichos cuerpos.

Adicionalmente al metamorfismo regional producido por los intrusivos, el aporte de calor debido a la actividad magmática-hidrotermal habida en el Terciario inferior-

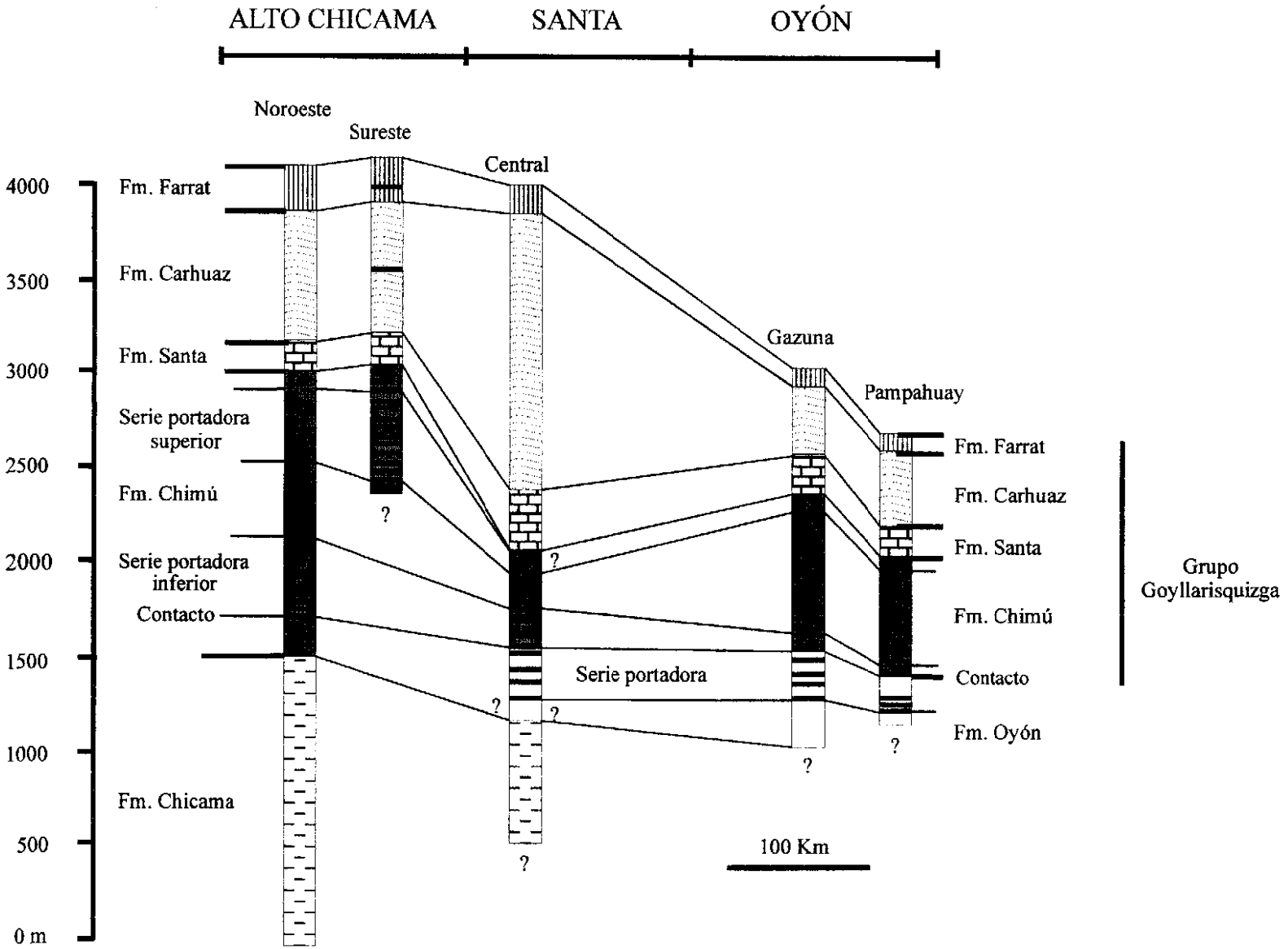


Fig. 3.2.10. Distribución y correlación regional de las series portadoras de carbón de las cuencas Oyón, Santa y Alto Chicama (CARRASCAL, 1996).

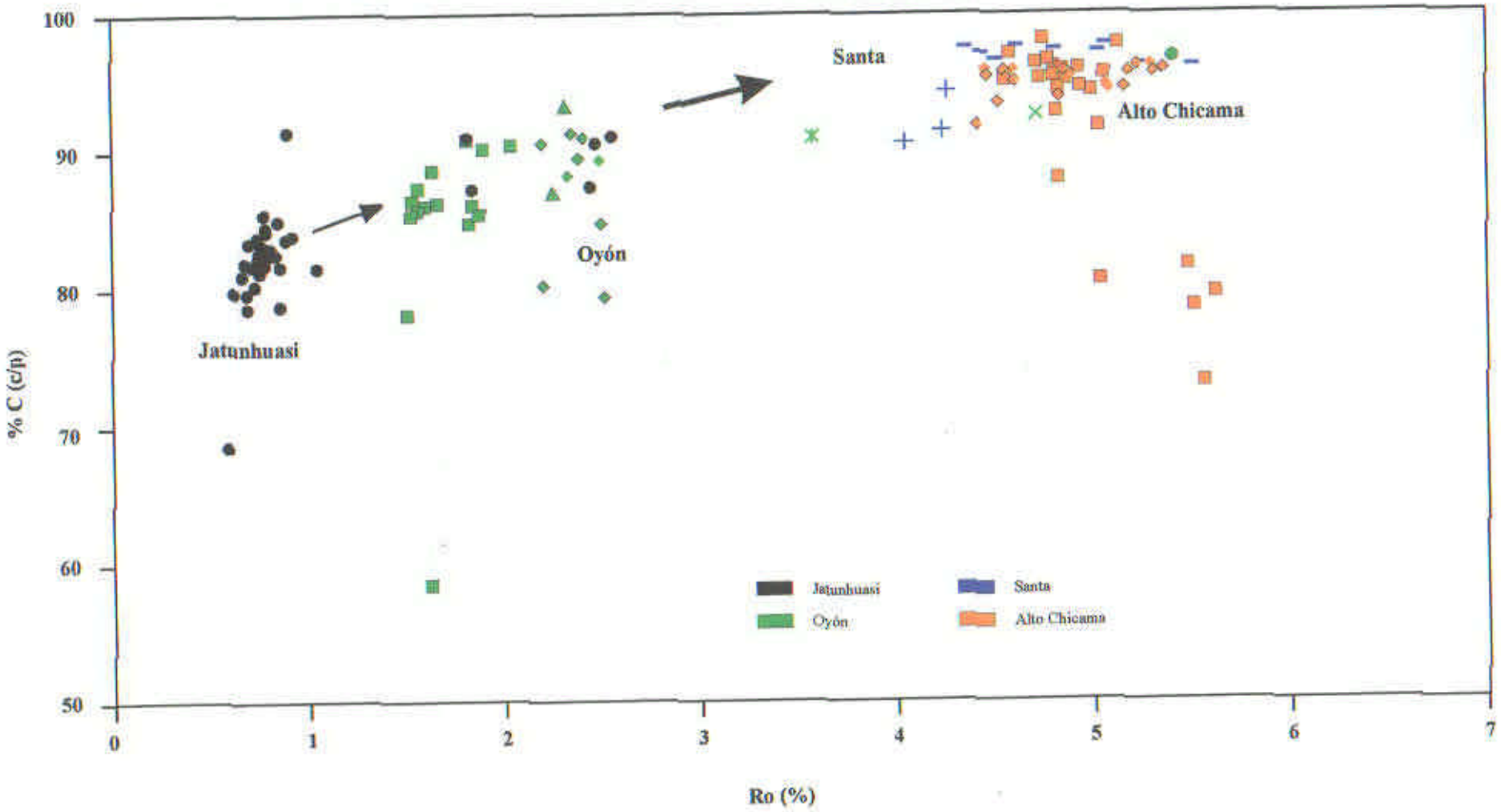


Fig. 3.2.11 Correlación de la reflectancia de la vitrinita con los contenidos en carbono para los carbones mesozoicos (CARRASCAL et al.; 1998).

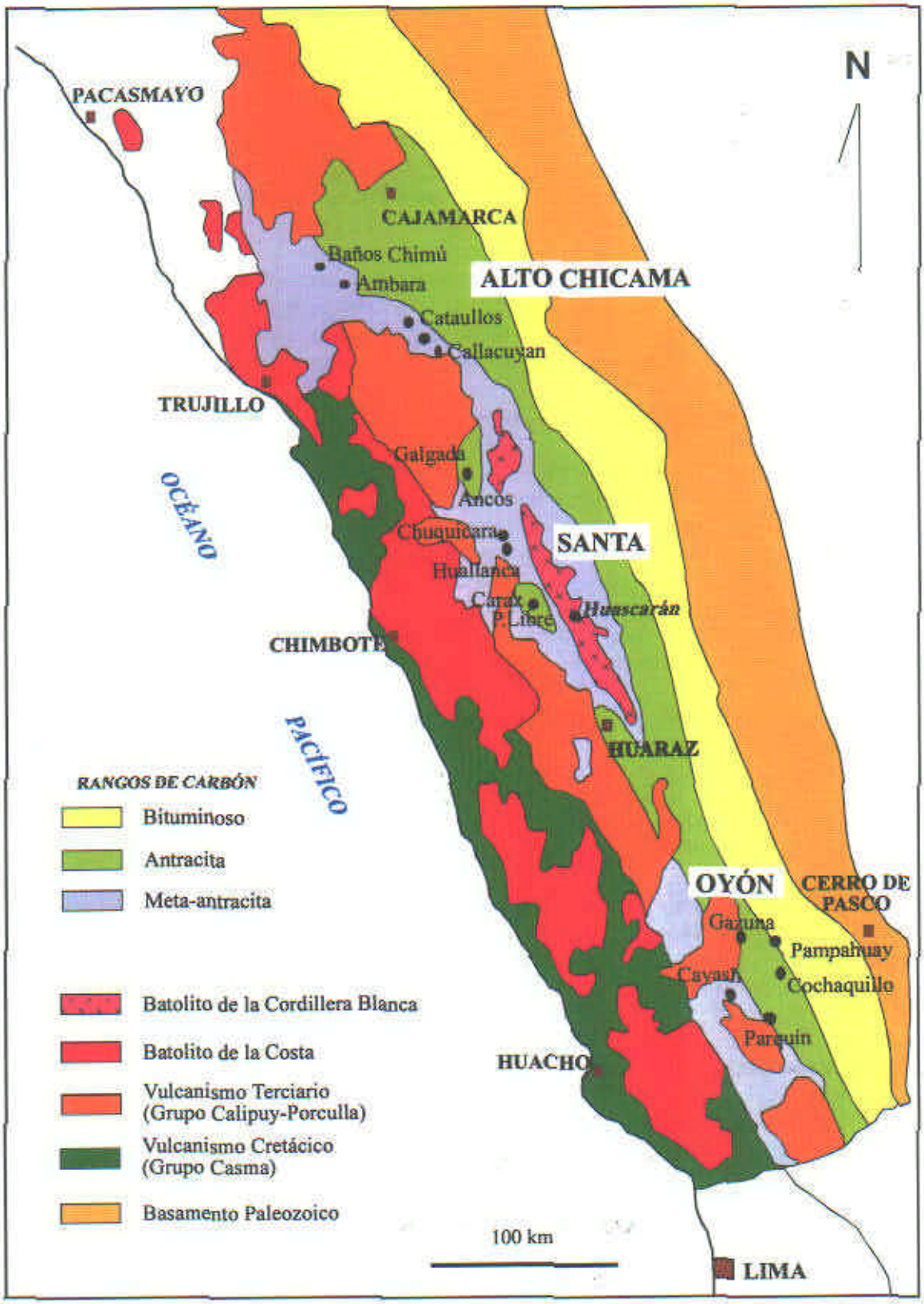


Fig. N° 3.2.12 **Zonación regional del rango de los carbones mesozoicos dentro del contexto geológico regional de los Andes del norte y centro del Perú, (CARRASCAL, 1996).**

superior en las diferentes cuencas, y puesta 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 estaría localizada en las áreas próximas a los focos de ascenso del magma.

La estrecha relación entre el rango y el grado de anistropía 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 las cuencas del Santa y Alto Chicama demuestran la influencia 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. N° 3.2.12) 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 más estrecha de menor rango o franja bituminosa que se localiza hacia el este de la Cordillera Occidental (Fig. N° 3.4).

El esquema de zonación del rango propuesto por CARRASCAL, (1996) se basa en los parámetros de la reflectancia, porcentaje de carbono, y materias volátiles.

Los carbones antracíticos/meta-antracíticos de las cuencas del 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 dicha cuenca aparecen en la zona transicional entre las dos franjas. En el sector central del Perú los carbones de las cuencas de Goyllarisquizga y Jatunhuasi localizados hacia el este, se ubican en la franja bituminosa.

Los procesos magmáticos y tectónicos que han dado lugar a la zonación del rango y las características específicas de estas cuencas serían consecuencia de la colisión y subsecuentes procesos de subducción de la placa Pacífica (Dorsal de Nasca) debajo de la placa Sudamericana.

3.3 CUENCAS CENOZOICAS

Las principales cuencas cenozoicas con carbón se distribuyen en Yanacancha (Cajamarca), en el sector noroeste (Tumbes-Piura) y en el nororiente (Loreto-Amazonas).

3.3.1 Cuenca de Yanacancha

Formaciones y series con capas de carbón: La cuenca de Yanacancha se sitúa en los Andes del norte del Perú y la formación portadora es la Formación Porculla (Terciario inferior-medio).

La Formación Porculla cubre discordantemente a los sedimentos plegados del Cretáceo superior alcanzando unos 150 a 200 m de grosor, constituida por dos megasecuencias de material piroclástico retrabajado. En la parte intermedia a 125 m de la base se intercalan delgadas capas de areniscas, limolitas y arcillas/lutitas que gradan a capas de carbón, formando un solo paquete carbonoso de 8 m de grosor.

La parte inferior (2,5 m), del paquete carbonoso, está constituida por limolitas y lodolitas con delgadas capas de carbón. La parte media que es la parte principal (3 m) por capas de arcillas, tobas arcillosas y chert intercaladas con 6 a 8 capas (0,15 a 0.5 m) lenticulares de carbón y la parte superior (2,5 m) por tobas arcillosas intercaladas con arcillas (Fig. N° 3.3.1 y Lámina 6). El paquete carbonoso en su conjunto representa un ambiente de depósito de llanura de inundación fluvio-lacustrino somero de aguas dulces. Tiene una orientación general N-S con inclinaciones de 10-20° hacia el este. Este nivel ha sido cortado por dos sistemas de fallas inversas y normales de dirección NO-SE correspondientes a los últimos estadíos de la fase tectónica Quechua (Mioceno terminal-Plioceno inferior).

Algunos autores como STEINNMAN (1929) indican que el horizonte carbonoso de Yanacancha podría ser de edad miocénica.

Correlación del horizonte carbonoso: Este horizonte presenta lateralmente un cambio de facies desde el sector oeste hacia el noreste de la cuenca. En el sector oeste y sur predominan las capas de tobas intercaladas con capas de carbón, que en el sector central gradan a facies arcillosas y luego a facies de chert hacia los sectores norte y noreste de la cuenca (CARRASCAL et al. 1995).

En la base del nivel principal se 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.

Características petrográficas: Los carbones aparecen bandeados por los litotipos vitreno y clareno, color negro a pardo oscuro, semibrillante, fractura irregular y aspecto heterogéneo.

El vitreno se presenta en lechos lenticulares brillantes con grosores medios de 1-5 mm intercalándose ocasionalmente entre las bandas semibrillantes de clareno finas laminaciones de lutitas carbonosas.

Análisis maceral: El grupo vitrinita es mayoritario (70-90 % vol.) seguido de liptinita (6-20 % vol.) e inertinita (2-10 % vol.)(Tabla 3.3.1). Los macerales del grupo vitrinita son desmocolinita, telocolinita, telinita, gelocolinita y corpocolinita. Como liptinita cutinita, esporinita y resinita presentan fluorescencia habiéndose reconocido exudatinita y fluorinita que muestran una coloración amarillo intensa a naranja (Lámina 7). En el grupo Inertinita fusinita y semifusinita hay escasa inertodetrinita, esclerotinita y micrinita.

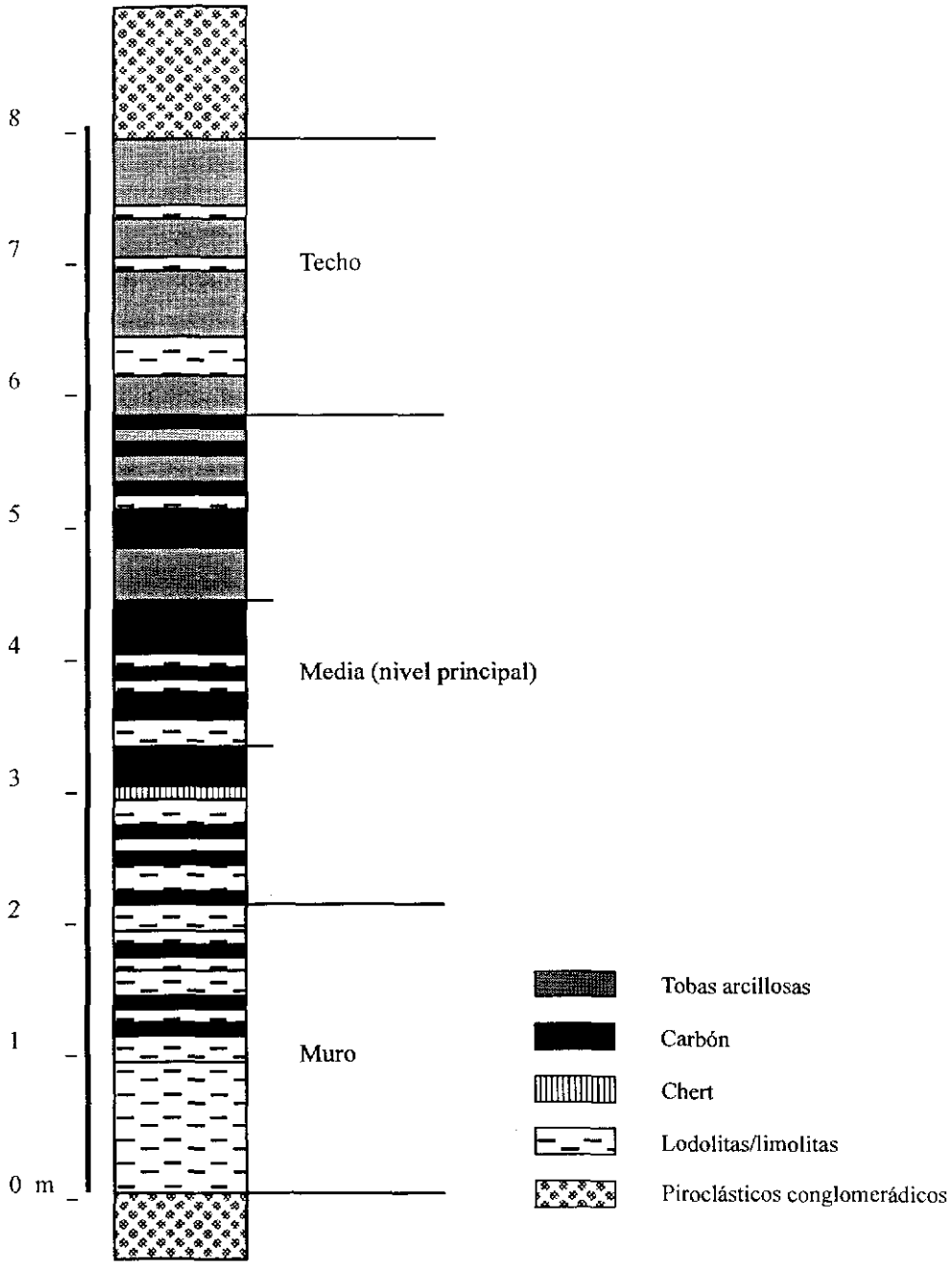
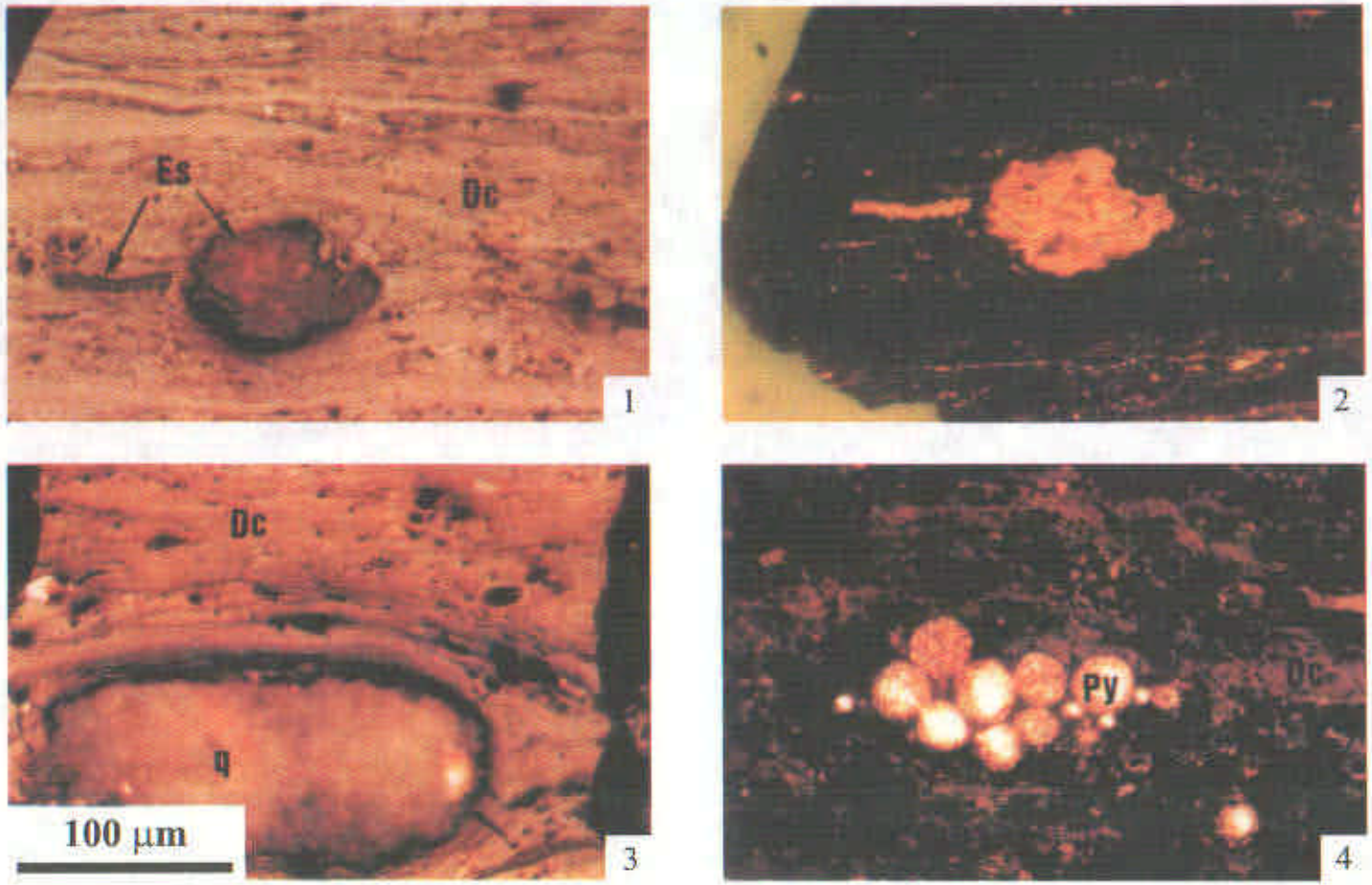


Fig. 3.3.1. Sección estratigráfica del horizonte carbonoso "principal" de la cuenca de Yanacancha (CARRASCAL, 1995).



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.

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

Análisis de la reflectancia: Los bajos valores (Tabla 3.3.1) de la reflectancia (0,5-0,6 %) obtenidos para todos los carbones permite clasificarlos como sub-bituminosos/ bituminosos de altos volátiles, equivalente al estadío del tránsito de la diagénesis/catagénesis (inicio de la ventana de generación de aceites) de la 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 los valores más elevados (0,58 – 0,63 %) ocurren en los carbones de los sectores sur y oeste de la cuenca mientras que, los más bajos (0,52 -0,53 %) se encuentran en el sector noreste, indicando una ligera tendencia a aumentar el rango desde el noreste hacia el suroeste de la cuenca (CARRASCAL et al. 1995).

Características geoquímicas: Los contenidos en cenizas son variables (11-47 %), las materias volátiles son homogéneas (37-44 %), el carbono varía de 72-81 % y el hidrógeno de 3 a 5 % (Tabla 3.3.1). El azufre total es altamente variable, así los carbones del sector norte y noreste presentan valores altos (3-6 %) bajo la forma de azufre pirítico y sulfato. En los carbones del sector central, oeste y sur son menores (< 2 %). El contenido en azufre (principalmente pirítico) tiende a aumentar desde el sector suroeste hacia el noreste y en sentido vertical se incrementa de techo a piso asociado principalmente a la facies chertosa.

La materia mineral está constituida principalmente por Si, Al y Fe aunque sus proporciones varían de un sector a otro. Las fases minerales identificadas son cuarzo, feldespatos, arcillas, pirita, clorita, calcita y apatita.

Tipo, origen, ambiente deposicional y rango: Los carbones son de tipo *húmico* y los restos orgánicos proceden de vegetación herbácea y de tejidos leñosos (árboles). Sus características indican un origen autóctono.

Las características geológicas y petrográficas permiten indicar que el horizonte carbonoso se originó en un medio ambiente fluvio-lacustre.

Los carbones de la capa Principal son propios de una turbera pantanosa (swamp) en la que predominaron condiciones húmedas. Las facies correspondientes han sido de tipo límnico con influencia de aguas dulces. La cuenca por su posición geográfica corresponde a una cuenca de carácter límnico.

De acuerdo a los parámetros de rango, los carbones de esta cuenca, son sub-bituminosos/bituminosos de altos volátiles, situados en el tránsito de la diagénesis/

SECTOR	Cenizas * (%)	M.V ** (%)	C ** (%)	St * (%)	P.C * (Kcal/Kg)	Ro (%)	V (%)	Lv (%)	I (%)
Oeste (1)	23,64	39,79	74,87	2,65	5 260	0,58	78,8	18,4	28,
	11,71	40,22	74,07	1,43	5 953	0,58	76,1	18,1	5,8
Sur (2)	18,53	41,62	73,79	0,72	5 265	0,63	87,2	10,5	2,3
	34,56	44,06	73,78	0,51	4 013	0,61	80,8	12,8	6,4
Central (3) Y (3')	27,02	39,40	77,90	0,81	5 141	0,55	89,7	6,6	3,7
	27,34	39,11	77,61	0,68	5 079	0,54	79,9	14,9	5,2
	59,60	41,46	79,04	0,85	2 783	0,60	91,1	2,7	6,2
	11,90	34,07	76,04	0,89	6 278	0,54	73,1	20,2	6,7
	13,37	37,54	77,43	1,04	6 252	0,53	70,6	20,2	9,2
	14,25	38,02	77,07	1,42	6 132	0,55	77,9	14,6	7,5
	1,64	39,07	77,32	1,19	6 405	0,53	75,7	7,8	6,5
	25,22	38,14	76,45	2,50	5 229	0,57	80,9	12,0	7,1
	25,81	40,08	81,14	1,86	5 294	0,53	78,0	17,1	5,1
Norte (4)	47,50	42,70	72,15	3,63	3 736	0,54	78,2	13,1	8,7
	14,68	39,45	77,08	3,54	5 898	0,54	78,0	16,8	5,2
Noroeste (5)	32,05	42,74	77,14	0,94	4 522	0,52	76,6	13,5	9,9
	24,98	40,62	73,98	2,95	5 072	0,53	71,9	17,7	10,4
	26,34	41,77	72,74	6,69	4 716	0,55	80,3	14,3	5,4

M.V: Materias volátiles

C: Carbono

St: Azufre total

P.C: Poder calorífico

V : Vitrinita

Lv: Liptinita

I : Inertinita

Ro: Reflectancia random

* Valores obtenidos sobre base seca

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

Tabla 3.3.1 Resultados de los análisis petrográficos y químicos de los carbones de la cuenca Yanacancha (CARRASCAL, 1996).

SECTOR	0 - 10 (ppm)	11 - 100 (ppm)	101 - 500 (ppm)	501 - 1000 (ppm)	1001 - 1500 (ppm)
Oeste (1)	Cr	Nb, Zr, Cu, Zn, Pb	Ba, Rb, Sr, Ni, V		
	Cu	Nb, Pb	Zr, Rb, Cr, Ni, V, Zn	Sr	Ba
Sur (2)	Ni	Nb, Cu, Pb	Zr, Rb, Cr, V, Zn	Sr	Ba
		Nb, Zr, Sr, Cu, Ni, Pb	Ba, Rb, Cr, V, Zn		
Central (3) y (3')	Ni	Nb, Zr, Cr, Cu, Pb	Rb, Sr, V, Zn	Ba	
		Nb, Zr, Cr, Cu, Ni, Pb	Rb, Sr, V, Zn	Ba	
	Ni	Nb, Cu, Pb	Zr, Rb, Sr, V, Zn	Ba, Cr	
		Nb, Cu, Ni, Pb	Zr, Rb, Sr, V, Zn	Ba, Cr	
		Nb, Cu, Pb	Zr, Rb, Sr, Cr, Ni, V, Zn	Ba	
		Nb, Cu, Pb	Zr, Rb, Sr, Ni, V, Zn	Ba, Cr	
		Nb, Cu, Pb	Zr, Rb, Sr, Ni, V, Zn	Sr	Ba
		Nb, Cu, Pb	Zr, Rb, Sr, Cr, Ni, V, Zn	Ba	
Norte (4)	Cr, Nb	Zr, Cu, Zn, Pb	Ba, Rb, Sr, Ni, V		
	Nb, Cr, Pb	Cu, Zn	Zr, Rb, Sr, Ni, V	Ba	
Noroeste (5)		Nb, Zr, Cu, Ni, Zn, Pb	Rb, Sr, Cr, V	Ba	
	Nb, Cr, Cu, Pb	Zr	Ba, Rb, Sr, Ni, V, Zn		
	Nb, Cr, Pb	Zn	Zr, Rb, Sr, Cu, Ni, V	Ba	

Tabla 3.3.2 Límites de concentración de los elementos traza en las cenizas de los carbones de la cuenca de Yanacancha (CARRASCAL, 1996).

catagénesis. A nivel de cuenca, el rango del carbón tiende a aumentar ligeramente desde el noreste hacia el suroeste relacionado con la proximidad de fallas.

La evolución de los carbones sería debida al enterramiento y subsidencia normal de la cuenca, a la cual sólo localmente se sobreimpuso la actividad tectónica (fallas) de los últimos estadíos de la fase Quechua.

3.3.2 Cuenca de Tumbes-Piura

Formaciones y series con capas de carbón: En el noroeste peruano, las formaciones Máncora (Oligoceno) y Zorritos (Mioceno) formadas por una secuencia de areniscas y lutitas (PALACIOS, 1994) contienen capas con carbón, reconocidas desde el poblado El Peligro hasta la Caleta de La Cruz (ESCUDERO, 1985).

En Tumbes la serie carbonosa se localiza en las formaciones Máncora y Zorritos (Mioceno) presentando afloramientos con rumbo N-S y buzamiento de 0°-25°E (CRUZADO, 1985). Así se tiene:

Acantilado Mal Paso: Aflora una capa de carbón de 0,77 m de grosor.

Caleta Grau: Afloran 4 capas de carbón de 0,6; 0,9; 0,35 y 0,2 m respectivamente en capas de areniscas y lutitas.

Los Pinos: Aflora una capa de carbón de 0,20 m de grosor.

Punta Bonanza: Situado en el km 1 282 de la carretera Panamericana, afloran 3 capas de carbón de 0,2 a 0,3 m.

Punta Gigantal: Afloran 4 capas de carbón de 0,3, 0,05, 0,2 y 0,25 m de grosor en lutitas carbonosas.

Caleta Acapulco: Afloran 2 capas de carbón de 0,3 y 0,1 m de grosor en lutitas carbonosas.

Punta Pico: En lutitas se intercalan capas delgadas (0,1 m) de carbón.

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

En Piura la serie carbonosa se encuentra en la Formación Ostrea (Eoceno medio) así como en Peña Negra y Carrizo. Asimismo, se han reportado capas con carbón en las perforaciones realizadas por petróleo en las áreas de Peña Negra, Taimán y Álvarez Oveja-Carrizo.

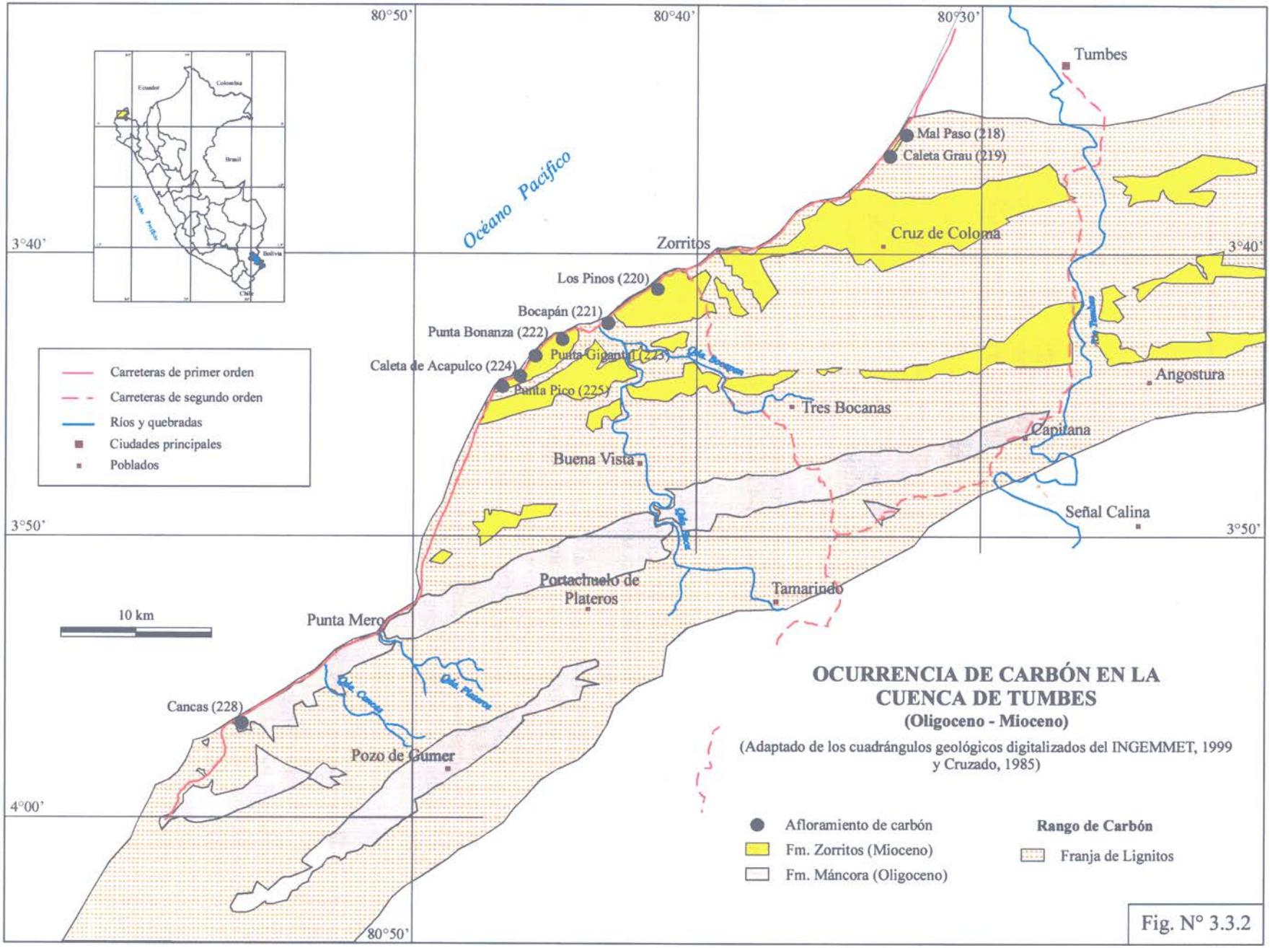

80°50'
80°40'
80°30'
3°40'
3°50'
4°00'
Tumbes
Mal Paso (218)
Caleta Grau (219)
Océano Pacífico
Zorritos
Cruz de Coloma
Los Pinos (220)
Bocapán (221)
Punta Bonanza (222)
Punta Gigante (223)
Caleta de Acapulco (224)
Punta Pico (225)
Angostura
Tres Bocanas
Capitana
Buena Vista
Señal Calina
Portachuelo de Plateros
Tamarindo
Punta Mero
Cancas (228)
Pozo de Gumer
10 km
Carreteras de primer orden
Carreteras de segundo orden
Ríos y quebradas
Ciudades principales
Poblados
Ecuador
Colombia
Brasil
Bolivia
Chile
Océano Pacífico
OCURRENCIA DE CARBÓN EN LA CUENCA DE TUMBES
(Oligoceno - Mioceno)
(Adaptado de los cuadrángulos geológicos digitalizados del INGEMMET, 1999 y Cruzado, 1985)
Afloramiento de carbón
Fm. Zorritos (Mioceno)
Fm. Máncora (Oligoceno)
Rango de Carbón
Franja de Lignitos

Fig. N° 3.3.2

En la Fig. N° 3.3.2 se muestran las ocurrencias reconocidas de carbón en la cuenca de Tumbes-Piura.

Características petrográficas: Los carbones de estas cuencas son bandeados de color negro a marrón pardusco, compactos y de aspecto brillante a terroso, presentan laminaciones de lutitas carbonosas. Los análisis palinológicos de los carbones muestran que la vegetación estuvo constituida por *Rhizopora Bruguiera* (80%), y en menor proporción por *Iriartites Tumbezensis berry, Ficus Winslowiana* y helechos (CRUZADO, 1985).

Análisis maceral: El grupo maceral predominante es la vitrinita (telinia y colinita), así como inertinita (esclerotinita) y liptinita (cutinitas) (ÁLVAREZ, 1985).

Análisis de la reflectancia: Los valores de la reflectancia varían de 0,25 - 0,30%. Estas bajas reflectancias obtenidas para todos los carbones permite clasificarlos como lignitos.

Características geoquímicas: Los contenidos en cenizas son variables (20-60 %) al igual que en las materias volátiles (25-43 %). El carbono fijo varía de 15-37 % y los contenidos en azufre total de 1- 6 %.

Tipo, origen, ambiente deposicional y rango: Los carbones son de tipo húmico y los restos orgánicos proceden de tejidos leñosos (árboles) y vegetación herbácea. Sus características y la materia mineral asociada permite indicar un origen autóctono a alóctono.

Las características geológicas del área, su composición maceral vitrinítica, 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 parálicas.

De acuerdo a los parámetros de rango los carbones han alcanzado el estadío de lignitos debido al enterramiento y subsidencia normal de la cuenca.

3.3.3 Cuenca de Loreto

Formaciones y series con capas de carbón: La cuenca de Loreto se localiza en el oriente del Perú y abarca una extensa área que se prolonga hacia Brasil y Colombia, formando parte de la Llanura Amazónica la misma que está conformada por una potente secuencia de sedimentos cenozoicos de piedemonte (molasas) 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 está constituida por lutitas grises, lodolitas marrones, arcillas azuladas y capas lenticulares de lignitos (PALACIOS, 1995).

En la cuenca Loreto la serie carbonosa es la Formación Pebas. Se han reconocido capas de carbón en las áreas de Nanay (pozo 26x), Valencia (pozo 25x), Capirona (2x) y Corrientes (X1)(CRUZADO, 1985) (Fig. N° 3.3.3).

En el pozo 26x-Nanay se reconoció un horizonte carbonoso localizado en la Formación Marañón (Plio-Pleistoceno) y 4 horizontes en la Formación Pebas. En el pozo 25x-Valencia 5 horizontes de carbón; en el pozo 2x-Capirona 3 niveles y en el pozo X1-Corrientes 2 horizontes todos ellos en la Formación Pebas.

Asimismo, se han reconocido horizontes carbonosos en las áreas de Pebas, Pijuayal, Angamos, Coloria, Barros y en los ríos Mirim y Yavarí.

Río Putumayo: En las cercanías del poblado Flor de Agosto en lodolitas carbonáceas se intercalan capas delgadas de carbón (0,1-0,15 m) .

Alto Amazonas: En el territorio brasileño del Alto Amazonas la compañía Petrobras reporta capas de carbón en la Formación Pebas y también en las áreas del río Solimoes, Yavarí, Isa (OLIVEIRA et al. 1919). En el pozo de Alto Amazonas Petrobras señala la presencia de 4 horizontes de carbón de 13 a 15 m de grosor en la Formación Pebas.

En la Fig. N° 3.3.3 se muestra las ocurrencias de carbón de esta cuenca.

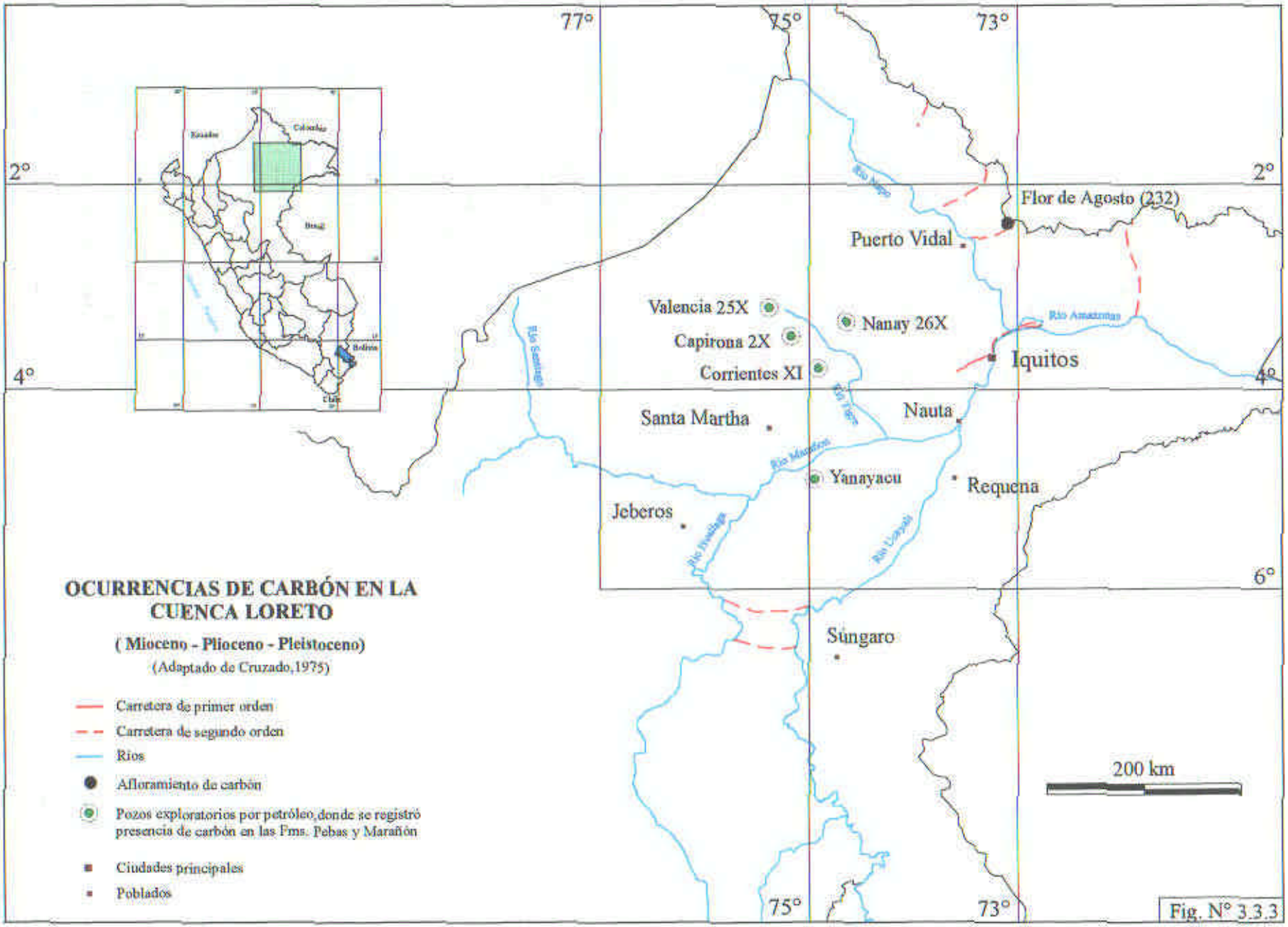
Características petrográficas: Los carbones son bandeados de color negro a marrón pardusco, compactos, denso, aspecto laminar a astilloso con laminaciones de lodolitas carbonosas. Los análisis palinológicos de los carbones de Nanay indican que contienen abundantes esporas fungales, menor proporción de Trilete y Monolete (CRUZADO, 1985), habiéndose además reconocido plantas criptógamas.

En Putumayo los carbones presentan flora herbácea dominada por helechos con palinomorfos: *Verrucatasporites, Psilatasporites*, esporas fungales. Una muestra procedente de Tarapoto está constituida por vitrodetrinita con algunos fragmentos de telinita, aconpañados por inertinita (escleortinita) (ÁLVAREZ, 1985).

Análisis de la reflectancia: El valor de la reflectancia obtenida para el carbón de Tarapoto es de 0,17 %. (ÁLVAREZ, 1985).

Características geoquímicas: Los contenidos en cenizas son variables (18-48 %) las materias volátiles varían de 23-40 %, el carbono fijo de 17-50 % y los contenidos en azufre total de 0,5 - 8 %.

Tipo, origen, ambiente deposicional y rango: Los carbones son de *tipo húmico* y los restos orgánicos proceden de tejidos leñosos (árboles) y vegetación herbácea. Estas características así como la materia mineral (pirita) y restos de fragmentos de mosluscos asociadas permite indicar un origen autóctono a alóctono. Las características geológicas, la composición maceral con predominancia de vitrinita, el tipo y contenido de materia


77°
75°
73°
2°
4°
6°
Flor de Agosto (232)
Puerto Vidal
Valencia 25X
Capirona 2X
Corrientes XI
Nanay 26X
Iquitos
Santa Martha
Nauta
Yanayacu
Requena
Jeberos
Sungaro
Río Napo
Río Amazonas
Río Santiago
Río Tigre
Río Marañón
Río Pastaza
Río Ucayali
200 km
OCURRENCIAS DE CARBÓN EN LA CUENCA LORETO
(Mioceno - Plioceno - Pleistoceno)
(Adaptado de Cruzado,1975)
Carretera de primer orden
Carretera de segundo orden
Rios
Afloramiento de carbón
Pozos exploratorios por petróleo,donde se registró presencia de carbón en las Fms. Pebas y Marañón
Ciudades principales
Poblados
Fig. N° 3.3.3

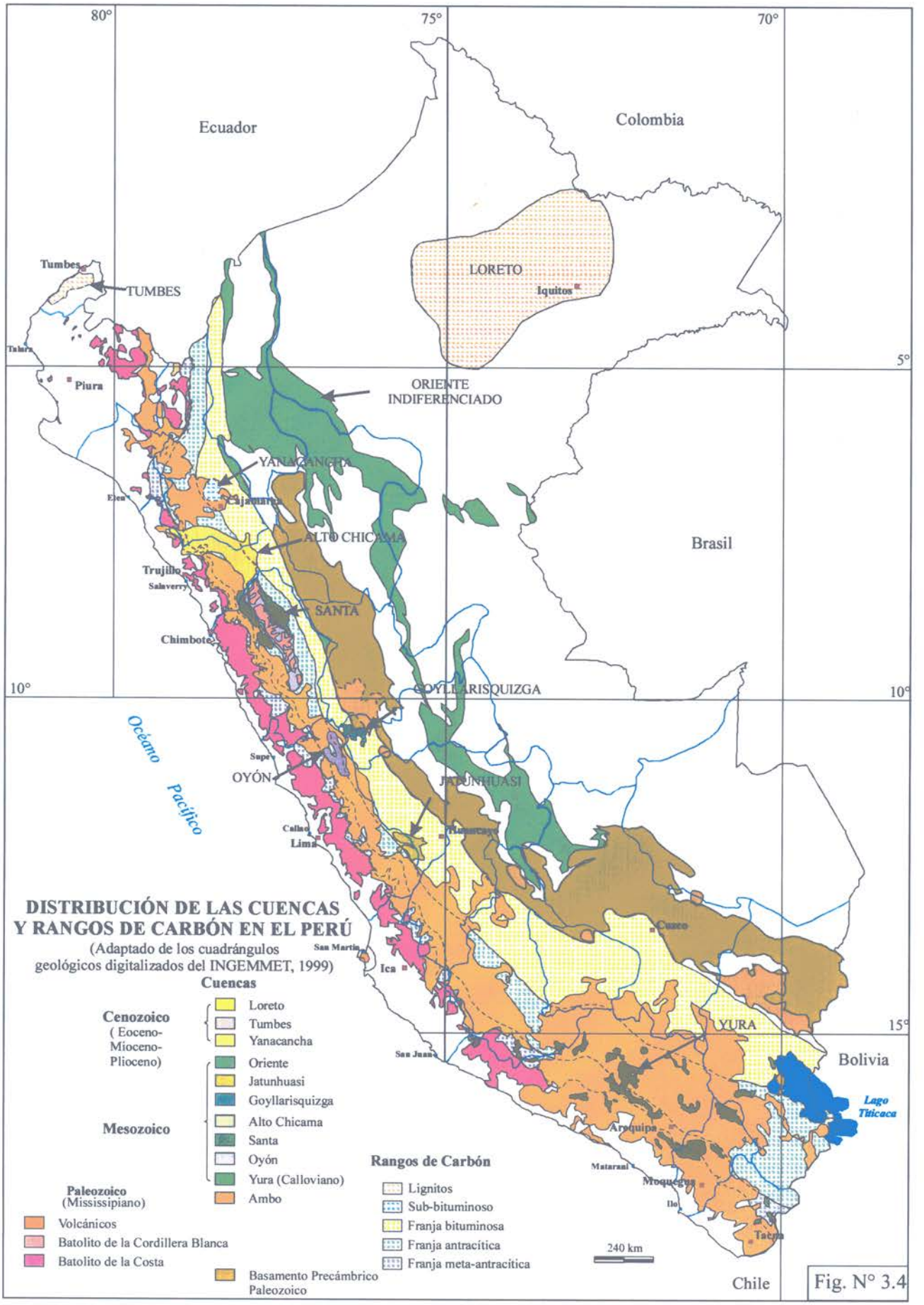

80°
75°
70°
5°
10°
15°
Ecuador
Colombia
Brasil
Bolivia
Chile
Océano Pacífico
Tumbes
TUMBES
Talara
Piura
LORETO
Iquitos
ORIENTE INDIFERENCIADO
YANACANCHA
Chiclayo
ALTO CHICAMA
Trujillo
Salaverry
SANTA
Chimbote
GOYLLARISQUIZGA
Supe
OYÓN
JATUNHUASI
Callao
Lima
Huancayo
Cusco
San Martín
Ica
YURA
San Juan
Lago Titicaca
Arequipa
Mataraní
Moquegua
Ilo
Tacna
240 km
DISTRIBUCIÓN DE LAS CUENCAS Y RANGOS DE CARBÓN EN EL PERÚ
(Adaptado de los cuadrángulos geológicos digitalizados del INGEMMET, 1999)
Cuencas
Cenozoico (Eoceno-Mioceno-Plioceno)
Loreto
Tumbes
Yanacancha
Mesozoico
Oriente
Jatunhuasi
Goyllarisquizga
Alto Chicama
Santa
Oyón
Yura (Calloviano)
Ambo
Paleozoico (Mississipiano)
Volcánicos
Batolito de la Cordillera Blanca
Batolito de la Costa
Basamento Precámbrico Paleozoico
Rangos de Carbón
Lignitos
Sub-bituminoso
Franja bituminosa
Franja antracítica
Franja meta-antracítica

Fig. N° 3.4

mineral, indican que los carbones se originaron en un medio ambiente pantanoso de estuarios bajo la influencia de aguas salobres, en condiciones húmedas y en cuencas parálicas.

De acuerdo a los parámetros de rango los carbones han alcanzado el estadío de turba a lignitos pardos debido al enterramiento y subsidencia de la cuenca.

La interpretación de la distribución regional a nivel del Perú del rango de los carbones se muestra en la Fig. N° 3.4.

Capítulo IV

RECURSOS Y RESERVAS DE CARBÓN

4.1 ESTIMACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS POR CLASES DE CARBÓN EN EL PERÚ

Los recursos totales de carbón, para el conjunto de las diferentes cuencas, se estiman en el orden de los 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 los recursos alcanzan los 1 880 Mt (SÁNCHEZ, 1985).

Estas variaciones en la estimación de los recursos se deben básicamente a que la mayor parte de las cuencas con carbón no han sido sistemáticamente evaluadas. En este sentido, solamente las cuencas de Oyón y del Alto Chicama (Kopex-Minero Perú, 1973, 1975) han sido evaluadas parcialmente, y en menor grado la cuenca del Santa (INGEMMET, 1992).

ESCUDERO (1979) estima los recursos 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 los recursos totales de carbón en el Perú se estiman en unos 1 054 Mt y sólo 49,02 Mt de reservas probadas haciendo un total 1 103 Mt.

A continuación se hace un resume los recursos y reservas de carbón estimadas en base a la información recopilada de las diferentes cuencas, subcuencas, sectores y zonas más importantes del país.

En la mayor parte de las cuencas no se han realizado una estimación de reservas, habiéndose hecho sólo en casos puntuales, por tanto las cifras que se dan son referenciales, producto de la recopilación de la información existente.

Asimismo, hay que indicar que no se señalan los criterios con las cuales han sido estimadas las diferentes reservas, salvo en el caso del sector sureste (Coina-Callacuyán) de la cuenca del Alto Chicama (Kopex-Minero Perú, 1976-1978).

En el presente trabajo sólo se consideran las reservas probadas, siendo las reservas probables y posibles consideradas como recursos (reservas geológicas) de carbón.

4.1.1 Cuencas Paleozoicas

Hasta el presente no se tiene una evaluación de los recursos y reservas reales de los carbones paleozoicos. Sólo se tienen datos puntuales como es el caso de los carbones de Paracas, donde se estiman unos 2,95 Mt de recursos totales de carbones sub-bituminosos (RASMUSS, 1926).

En general, las capas de carbón paleozoico han sido poco exploradas, debido a que son delgadas, lenticulares y esporádicas, con contenidos elevados de cenizas, siendo de poca importancia económica.

4.1.2 Cuencas Mesozoicas

La **cuenca de Yura** (Calloviano-Neocomiano) es muy extensa, sin embargo, los datos sobre los recursos son muy restringidos. Sólo se tienen datos del sector de Carumas el cual se encuentra dividido en zonas: occidental, central y oriental.

Las capas de carbón se encuentran contenidas en la Formación Hualhuani y los recursos totales estimados alcanzan los 2 892 Mt de carbón cuyo rango varía de bituminoso a antracítico (TORRES VARGAS, 1948).

La **cuenca de Oyón** (Berriasiano) presenta subcuencas o sectores distribuidos y agrupados por su posición geográfica en: Gazuna, Saquicocha, Pampahuay, Cochaquillo y Checras-Parquín. Han sido parcialmente evaluados los sectores de Gazuna, Pampahuay y Cochaquillo (Kopex-Minero Perú, 1973/74), siendo el sector de Pampahuay el mejor conocido.

Los recursos totales de carbón estimados para esta cuenca alcanzan los 172,05 Mt y reservas probadas del orden de 18 Mt (Tablas 4.1.1 y 4.1.8). El rango de los carbones varía desde bituminosos con bajos volátiles hasta antracitas.

La **cuenca del Santa** también ha sido subdividida en varios sectores: Galgada-Cocabal, Esperanza-Alianza, Caraz-Fray Martín, Sihuas-Pasacancha y Chavín-Huallanca. Las capas se localizan tanto en la Formación Oyón como en la Formación Chimú. Los yacimientos más conocidos son Cocabal, Galgada y Río Negro los cuales fueron explotados en décadas pasadas.

Los recursos totales estimados alcanzan los 214 749 Mt y como reservas probadas 575 940 toneladas (Tablas 4.1.2 y 4.1.8) siendo los carbones de rango antracítico a meta-antracítico.

CUENCA OYÓN

Sector	Reservas Probadas (t)	Recursos (t)	Rango	Referencias
Gazuna	13 000 000	93 000 000	Semi-antracita	R. Mucho (1992)
Saquicocha		1 800 000	Bituminoso Bajos Volátiles	Dunin-Borkowski (1999)
Pampahuay	5 000 000	29 000 000	Bituminoso Bajos Volátiles	R. Mucho (1992)
Cochaquillo		20 250 000	Semi-antracita	Kopex-Minero Perú (1973-1974)
Checras-Parquín		28 000 000	Antracita	Escudero (1977) y Broggi (1927)
Total Final	**18 000 000**	**172 050 000**		

Tabla 4.1.1 Recursos y reservas estimadas de carbón en la cuenca Oyón

CUENCA DEL SANTA

Sector	Zona	R. Probadas (t)	Recursos (t)	Rango	Referencias
Galgada-Cocobal	La Galgada		1 200 000	Antracita / Meta-antracita	Ingemmet (1992)
	Ruthy		1 000 000		R. Mucho (1992)
	Carbón WGC		2 500 000		R. Mucho (1992)
	Mano Poderosa	6 700	1 231 700		Ingemmet (1992)
	Vizcaya (Cocabal)	71 020	2 021 020		Ingemmet (1992)
	Centenario (Cocabal)		4 500 000		Ingemmet (1992)
	Río Negro	116 520	7 344 020		Ingemmet (1992)
	Eclipse	15 060	2 875 060		Ingemmet (1992)
	Esther	6 440	1 731 440		Ingemmet (1992)
Sub Total		*215 740*	*24 403 240*		
N. Esperanza Alianza	Ferrol	150 000	1 150 000	Antracita / Meta-antracita	R. Mucho (1992)
	María	18 250	10 421 750		Ingemmet (1992)
	San Pablo	100 000	3 100 000		R. Mucho (1992)
	Virgen de la Puerta	18 750	2 856 250		Ingemmet (1992)
	Los Ases		1 804 000		Ingemmet (1992)
	Nueva Eperanza	14 825	6 594 825		Ingemmet (1992)
	La Limeña		3700000		Ingemmet (1992)
	Betsy		4 000		Ingemmet (1992)
	Santa Julia		7 200 000		Ingemmet (1992)
Sub Total		*301 825*	*36 830 825*		
Caraz-Fray Martín	Huaylas	13 425	8 038 425	Antracita	Ingemmet (1992)
	Cóndor	750	6 525 750		Ingemmet (1992)
	Carbonera Caraz	4 200	1 444 700		Ingemmet (1992)
	Ingenio		5 000		Ingemmet (1992)
	Fray Martín		2 000		Ingemmet (1992)
Sub Total		*18 375*	*16 015 875*		
Sihuas-Pasacancha	Flor de Adoneram		80 000 000	Antracita	Horna (1985)
			4 500 000	Antracita / Meta-antracita	R. Mucho (1992)
Sub Total			*84 500 000*		
Chavín-Huallanca		40 000	53 000 000	Antracita	Horna (1985)
Sub Total		*40 000*	*53 000 000*		
Total Final		**575 940**	**214 749 940**		

Tabla 4.1.2 Recursos y reservas estimadas de la cuenca del Santa

CUENCA DEL ALTO CHICAMA: Sector Coina - Callacuyán

Sector		ECONÓMICAS			NO ECONÓMICAS			Rango
		R. Probadas (t)	R. Probables (t)	R. Posibles (t)	R. Probadas (t)	R. Probables (t)	Posibles (t)	
A	NO de Capachique	1 660 019	3 421 734	17 009 345	12 719	13 272	14 378	Antracita
B	Flanco NE del anticlinal Alto Chicama	720 765	1 749 305	6 396 314	68 256	137 420	218 190	Antracita
E	Yanahuanca, Graciela	5 006 166	6 193 986	63 178 416	138 036	329 430	1 971 880	Antracita
F	Los Andes, La Victoria Julio Cesar, José Antonio	5 549 489	7 475 842	64 465 849	34 839	225 071	3 157 235	Antracita
G	Shulcahuanca	5 878 296	8 025 103	34 900 461	339 834	427 103	1 696 085	Antracita
H	Tres Amigos, Callacuyán	6 408 006	7 612 794	25 186 749	243 604	394 834	1 526 280	Antracita
Sub Total		*25 222 741*	*34 478 764*	*211 137 134*	*837 288*	*1 527 130*	*8 584 048*	
Total Parcial		**270 838 639**			**10 948 466**			
Total Final		**281 787 105**						

Tabla 4.1.3 Reservas estimadas del sector de Coina-Callacuyán, de la cuenca del Alto Chicama. (Según Kopex-Minero Perú, 1974).

CUENCA DEL ALTO CHICAMA

Sector	Zonas	R. Probadas (t)	Recursos (t)	Rango	Referencias
Noroeste *Baños Chimú-Peña del Gallo*	*Cesar II* San Juan Bautista Ambara Cerro Arenas Peña del Gallo Huayday	*300 000* 5 000 100 000 100 000 200 000 69 000	*2 300 000* 505 000 3 100 000 5 100 000 3 100 000 1 625 000	Antracita / Meta-antracita	*R. Mucho (1992)* R. Mucho (1992) R. Mucho (1992) R. Mucho (1992) R. Mucho (1992) R. Mucho (1992)
Sub Total		*774 000*	*15 730 000*		
Sureste Coina-Callacuyán		25 222 741	256 564 364	Antracita / Meta-antracita	Kopex-Minero Perú (1974)
Sub Total		25 222 741	256 564 364		
Extremo Sureste Gaby-Angasmarca	Gabi *Shella* La Poderosa San M. de Porras Shona	150 000 *300 000* 100 000 150 000	3 150 000 *1 300 000* 1 100 000 1 150 000 2 000 000	Antracita	R. Mucho (1992) R. Mucho (1992) R. Mucho (1992) R. Mucho (1992) R. Mucho (1992)
Sub Total		*700 000*	*8 700 000*		
Bajo Chicama Cupisnique-Víctor Manuel	Cupisnique Consuelo Carbón FMB San Marcos Irma	 180 000 100 000 	24 000 000 1 000 000 2 180 000 2 100 000 2 000 000	Antracita	Horna (1985) R. Mucho (1992) R. Mucho (1992) R. Mucho (1992) R. Mucho (1992)
Sub Total		*280 000*	*31 180 000*		
Total Final		**26 976 741**	**312 174 364**		

Tabla 4.1.4 Recursos y reservas estimadas de la cuenca del Alto Chicama

La **cuenca del Alto Chicama** se encuentra subdividida geográficamente en los sectores: Baños Chimú-Peña del Gallo, Coina-Callacuyán, Gaby-Angasmarca y además se incluye la zona del Bajo Chicama (Cupisnique-Víctor Manuel).

Esta cuenca constituye una de las mejor estudiadas y evaluadas. Así, el sector sureste (Coina-Callacuyán) ha sido evaluada en detalle por Kopex-Minero Perú (1976-1978), siendo el yacimiento de Callacuyán objeto de exploraciones mediante labores subterráneas y perforaciones diamantinas.

Los criterios y principios de evaluación económica establecidos para el sector de Coina-Callacuyán por Kopex-Minero Perú (1976-1978) se basan 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. 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.

Los recursos totales determinados para el sector sureste (Coina-Callacuyán) alcanzan los 281,78 Mt (Tabla 4.1.3) y reservas probadas del orden de 25 222 Mt de carbones antracíticos.

Para toda la cuenca del Alto Chicama los recursos totales estimados alcanzan los 312 174 Mt (Tablas 4.1.4 y 4.1.8) y como reservas probadas 26 976 Mt de carbón de rango antracítico a meta-antracítico.

La **cuenca de Goyllarisquizga** se divide en los sectores: Goyllarisquizga, Quishuarcancha, Pillao y Yanahuanca. El yacimiento de Goyllarisquizga es el único que ha sido explotado intensamente por la Cerro de Pasco Corporation hasta 1971, año en que cerraron debido al agotamiento de las reservas (distrito El Dorado) y a su alto costo. En 1979 Centromín Perú asume el yacimiento, evaluándolo y reabriendo la mina ese mismo año, explotando los pilares remanentes. El yacimiento de Goyllarisquizga en 1985, tenía 242 198 toneladas de reservas de carbón, con 51,6 % de cenizas y 28,3 % de materias volátiles (HORNA, 1985).

Los recursos totales estimados para la cuenca de Goyllarisquizga alcanzan los 7,97 Mt (Tablas 4.1.5 y 4.1.8) y 1 542 Mt de reservas probadas de carbones de rango subbituminoso a semi-antracitas.

La **cuenca de Jatunhuasi** se divide en las zonas de: Riqueza, Célica, Negro Bueno, Cosmos, Insolina, Esperanza, Tucto, Cachi Norte y Cachi 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.

CUENCA GOYLLARISQUIZGA

Sector	R. Probadas (t)	Recursos (t)	Rango	Referencias
Goyllarisquizga	1 521 000	5 900 000	Sub-bituminoso	Horna (1985)
Quishuarcancha	5 500	50 000	Sub-bituminoso	Broggi (1927)
Pillao	12 000	2 000 000	Semi-antracita	Horna (1985)
Yanahuanca	4 000	20 000	Semi-antracita	Horna (1985)
Total Final	**1 542 500**	**7 970 000**		

CUENCA JATUNHUASI

Sector	R. Probadas (t)	Recursos (t)	Rango	Referencias
Célica	1 278 000			J.S. Page (1962)
Cosmos	59 635	60 844	Bituminoso de	M. Román, (1988)
Insolina	78 074	76 536	altos volátiles a	M. Román, (1988)
Chaucha	22 827	21 040	bituminoso de	M. Román, (1988)
Cachi Norte	325 037	180 285	bajos volátiles	M. Román, (1988)
Cachi Sur	141 722	118 550		M. Román, (1988)
Toda la cuenca		60 000 000		Horna (1985)
Total Final	**1 905 295**	**60 457 255**		

Tabla 4.1.5 Recursos y reservas estimadas de las cuencas Goyllarisquizga y Jatunhuasi

Los recursos totales estimados para esta cuenca alcanzan los 62 457 Mt (Tablas 4.1.5 y 4.1.8) y 1 905 Mt de reservas probadas de carbones bituminosos de altos volátiles a bituminosos de bajos volátiles.

Con respecto a las otras cuencas se tiene información muy puntual, así en la cuenca de Cajamarca se estima 54,87 Mt de recursos totales y reservas probadas del orden de 20 000 t (Tablas 4.1.6 y 4.1.8) de carbones sub-bituminosos a antracíticos. Para la cuenca Chiclayo se estima unas 400 000 t de recursos totales (Tablas 4.1.6 y 4.1.8) de rango antracítico.

En la Fig. N° 4.1.1 se muestra la distribución de recursos y reservas de carbón de las principales cuencas mesozoicas mientras que, en la Fig. N° 4.1.2 la distribución total de los recursos por cuencas y en la Fig. N° 4.1.3 la distribución por rangos de carbón.

4.1.3 Cuencas Cenozoicas

Las cuencas cenozoicas han sido poco exploradas, teniéndose solamente algunas referencias globales sobre los recursos de carbón.

La cuenca de Yanacancha es la cuenca mejor estudiada, tiene una extensión reducida y sus recursos totales alcanzan las 25 Mt (Tablas 4.1.7 y 4.1.8) de carbones sub-bituminosos.

Los recursos estimados para la cuenca Tumbes-Piura se localizan en la Formación Zorritos y son del orden de los 101 Mt (Tablas 4.1.7 y 4.1.8) de carbones de rango lignitos.

La cuenca Loreto abarca una gran extensión sin embargo, no se tienen datos sobre sus reservas. La información que se dispone indica que los recursos totales estimados alcanzan los 100 Mt (Tabla 4.1.7 y Tabla 4.1.8) de rango lignitos.

4.2 RECURSOS Y RESERVAS TOTALES A NIVEL DEL PAÍS

A nivel del país los recursos totales alcanzan los 1 054 Mt correspondiendo 825,1 Mt (78.3 %) a las cuencas mesozoicas, 226 Mt (21,4 %) a las cuencas cenozoicas y 2,95 Mt (0,3 %) a las cuencas paleozoicas (Tabla 4.1.8 y Fig. N° 4.1.4).

Del total de los recursos 553,5 Mt (52,5 %) corresponden al carbón de rango antracítico/meta-antracítico, 115,2 Mt (10,9 %) a carbón semi-antracítico, 93,5 Mt (8,9 %) a carbón bituminoso, 66,5 Mt (8,7 %) a carbón sub-bituminoso y 201 Mt (19,1 %) a carbón de rango lignitos (Fig. N° 4.1.5).

Las reservas totales sólo alcanzan 49,02 Mt.

OTRAS CUENCAS MESOZOICAS

Cuenca	Sector	R. Probadas (t)	Recursos (t)	Rango	Referencias
Cajamarca	Piñipata y Tuco		50 000 000	Antracita	Agramonte y Díaz (1982)
	Huasmín		4 000 000	Sub-bituminoso	Rómulo Mucho (1992)
	La Gloria	20 000	270 000	Antracita	Rómulo Mucho (1992)
	El Ferrol 31		100 000	Antracita	Rómulo Mucho (1992)
	Tayamac		500 000	Antracita	Málaga Santolalla (1904)
Total Final		**20 000**	**54 870 000**		

Cuenca	Sector	R. Probadas (t)	Recursos (t)	Rango	Referencias
Chiclayo	Motupe		400 000	Antracita	Rómulo Mucho (1992)
Total Final			**400 000**		

Tabla 4.1.6. Recursos y reservas estimadas de las cuencas de Cajamarca y Chiclayo

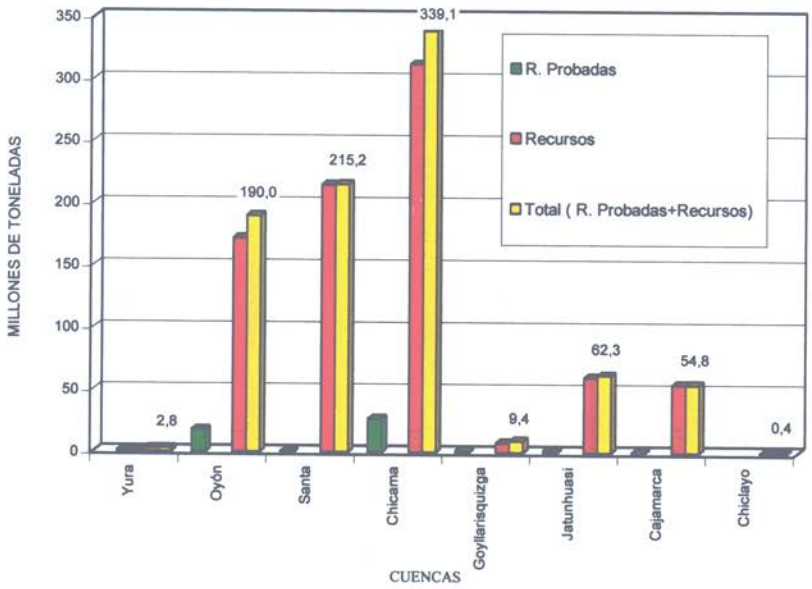


Fig. N° 4.1.1 Distribución de los recursos y reservas de carbón de las principales cuencas mesozoicas

TOTAL DE RECURSOS = 825.1 Mt

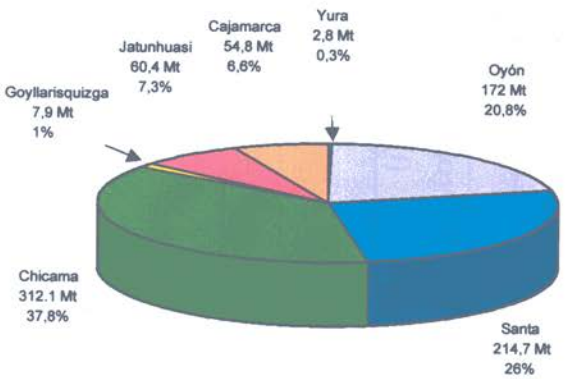


Fig. 4.1.2 Distribución de los recursos totales de las cuencas mesozoicas

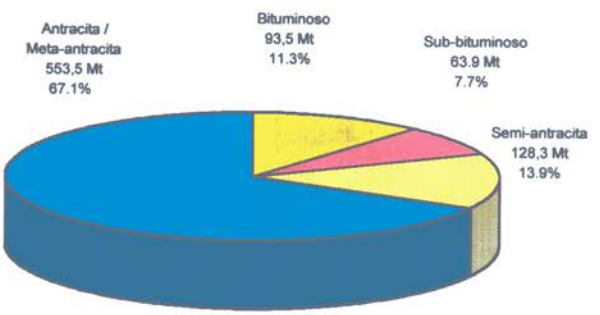


Fig. 4.1.3 Distribución de los recursos totales por rango de carbón de las cuencas mesozoicas

RESERVAS DE LAS CUENCAS CENOZOICAS

Cuenca	R. Probadas (t)	Recursos (t)	Rango	Referencias
YANACANCHA		25 000 000	Sub-bituminoso	Horna (1985)
Total Final		**25 000 000**		
Cuenca	**R. Probadas (t)**	**Recursos (t)**	**Rango**	**Referencias**
TUMBES		101 000 000	Lignito	R. Mucho (1992) Horna (1985)
Total Final		**101 000 000**		
Cuenca	**R. Probadas (t)**	**Recursos (t)**	**Rango**	**Referencias**
LORETO		100 000 000	Lignito	Horna (1985)
Total Final		**100 000 000**		

Tabla 4.1.7 Recursos y reservas estimadas de las cuencas cenozoicas

RECURSOS Y RESERVAS TOTALES

ERA	CUENCAS	R. PROBADAS (t)	RECURSOS (t)
PALEOZOICA	Paracas		2 950 000
MESOZOICA	Yura		2 892 000
	Oyón	18 000 000	172 050 000
	Santa	575 940	214 749 940
	Chicama	26 976 741	312 174 364
	Goyllarisquizga	1 542 500	7 970 000
	Jatunhuasi	1 905 295	60 457 255
	Cajamarca	20 000	54 870 000
	Chiclayo		400 000
CENOZOICA	Yanacancha		25 000 000
	Tumbes		101 000 000
	Loreto		100 000 000
Sub Total		**49 020 476**	**1 054 613 559**
Total			**1 103 634 035**

* En los casos donde las reservas probadas y probables no están diferenciadas, se ha considerado 50% como reservas probadas y 50% como reservas probables que pasan a formar parte de los recursos (reservas geológicas) de carbón.

Tabla 4.1.8 Recursos y reservas totales estimadas de carbón en el Perú

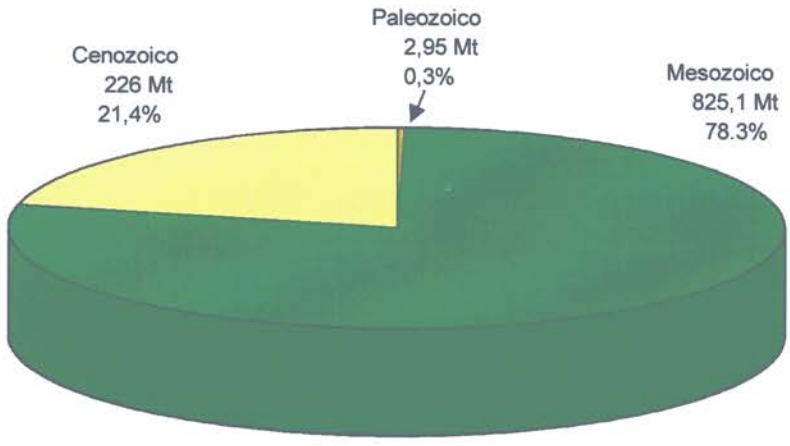


Fig. N° 4.1.4 Distribución de los recursos totales de carbón del Perú, por edades geológicas

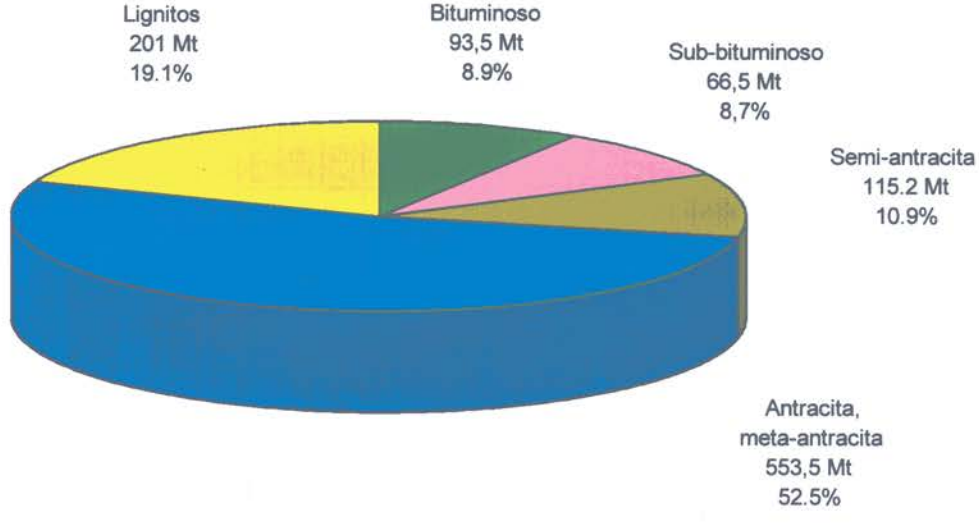


Fig. N° 4.1.5. Distribución de los recursos totales del Perú, por rangos de carbón

Capítulo V

ZONAS PROMISORIAS PARA LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE CARBÓN

5.1 EXPLORACIÓN POR CLASES DE CARBÓN

En base a la distribución y zonación del rango de los carbones del Perú (Fig. N° 3.4), se delinea las áreas prospectivas para localizar diversas clases (o rangos) de carbón, de acuerdo al interés del mercado y utilización de las industrias.

Los carbones bituminosos son los de mayor interés debido a la escasez de carbón coquificable y bituminoso de altos volátiles utilizados por las grandes industrias del cemento peruano.

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 para tener en cuenta.

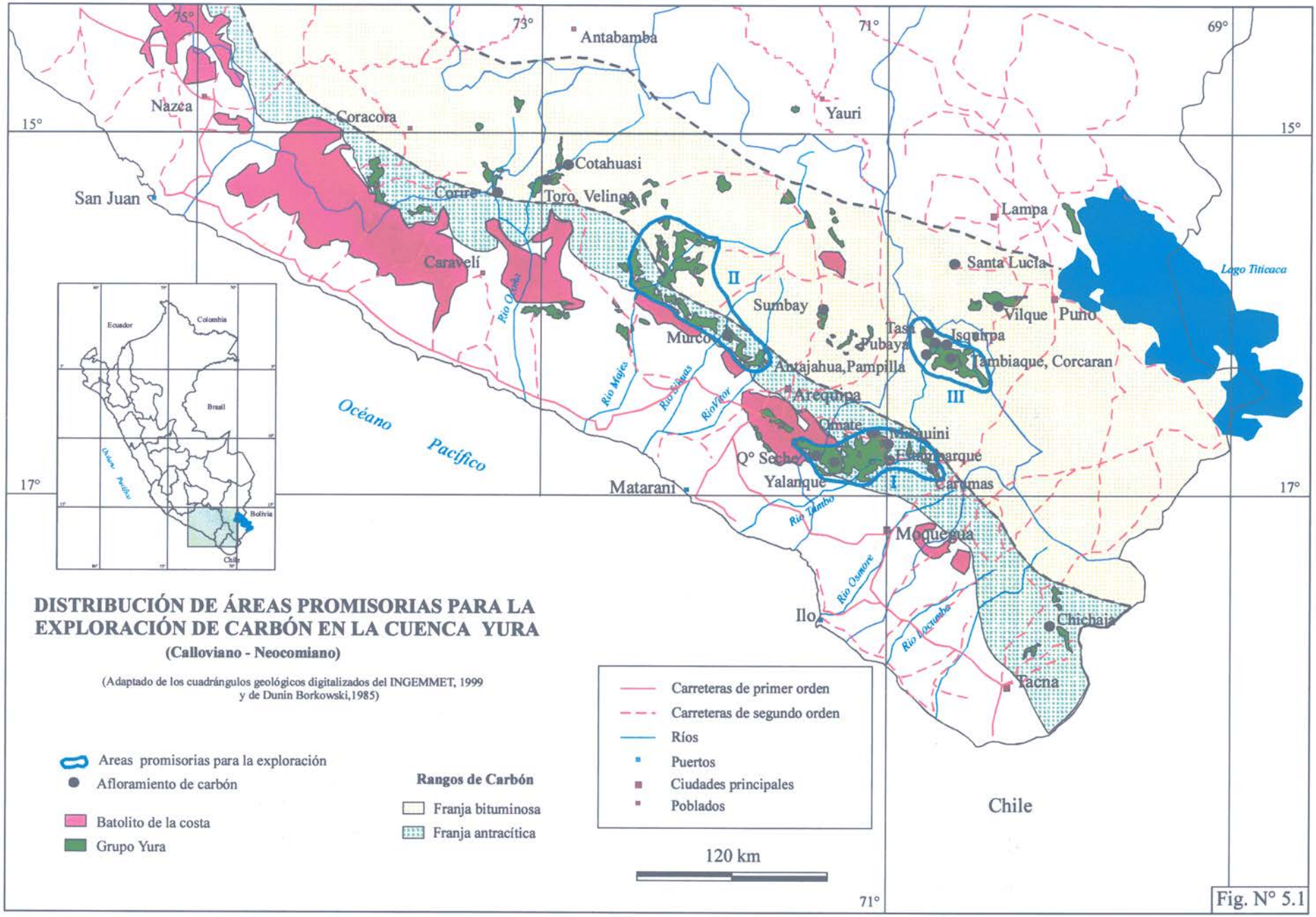
Teniendo en consideración el marco geológico regional de las diversas formaciones productivas con capas de carbón y la distribución de la zonación regional del rango de los carbones a nivel del país se señala las áreas de interés para la búsqueda de carbón antracítico y bituminoso.

Carbones Antracíticos / Meta-antracíticos

Hacia el oeste de la cuenca de Yura se localizan áreas con posibilidades de encontrar carbón de rango antracítico como la zona de Omate-Carumas (zona I) y Murco (zona II) (Tabla 5.1 y Fig. N° 5.1).

La exploración de los carbones del sur del Perú, podría representar un proyecto de interés, si se tiene en cuenta que hay una central térmica en Ilo y los complejos industriales de Cementos Sur y Aceros Arequipa.

La parte sur de la cuenca de Oyón constituye la franja donde se exploraría por carbón de alto rango (antracitas/meta-antracitas). Así se tiene la zona de Checras-Parquín (zona I), Quinahuasi (zona IV) y hacia el oeste la zona de Churín-Maray (zona VI) (Tabla 5.1 y Fig. N°. 5.2).



DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS PROMISORIAS PARA LA EXPLORACIÓN DE CARBÓN EN LA CUENCA YURA

(Calloviano - Neocomiano)

(Adaptado de los cuadrángulos geológicos digitalizados del INGEMMET, 1999 y de Dunin Borkowski,1985)

- Areas promisorias para la exploración
- Afloramiento de carbón
- Batolito de la costa
- Grupo Yura

Rangos de Carbón

- Franja bituminosa
- Franja antracítica

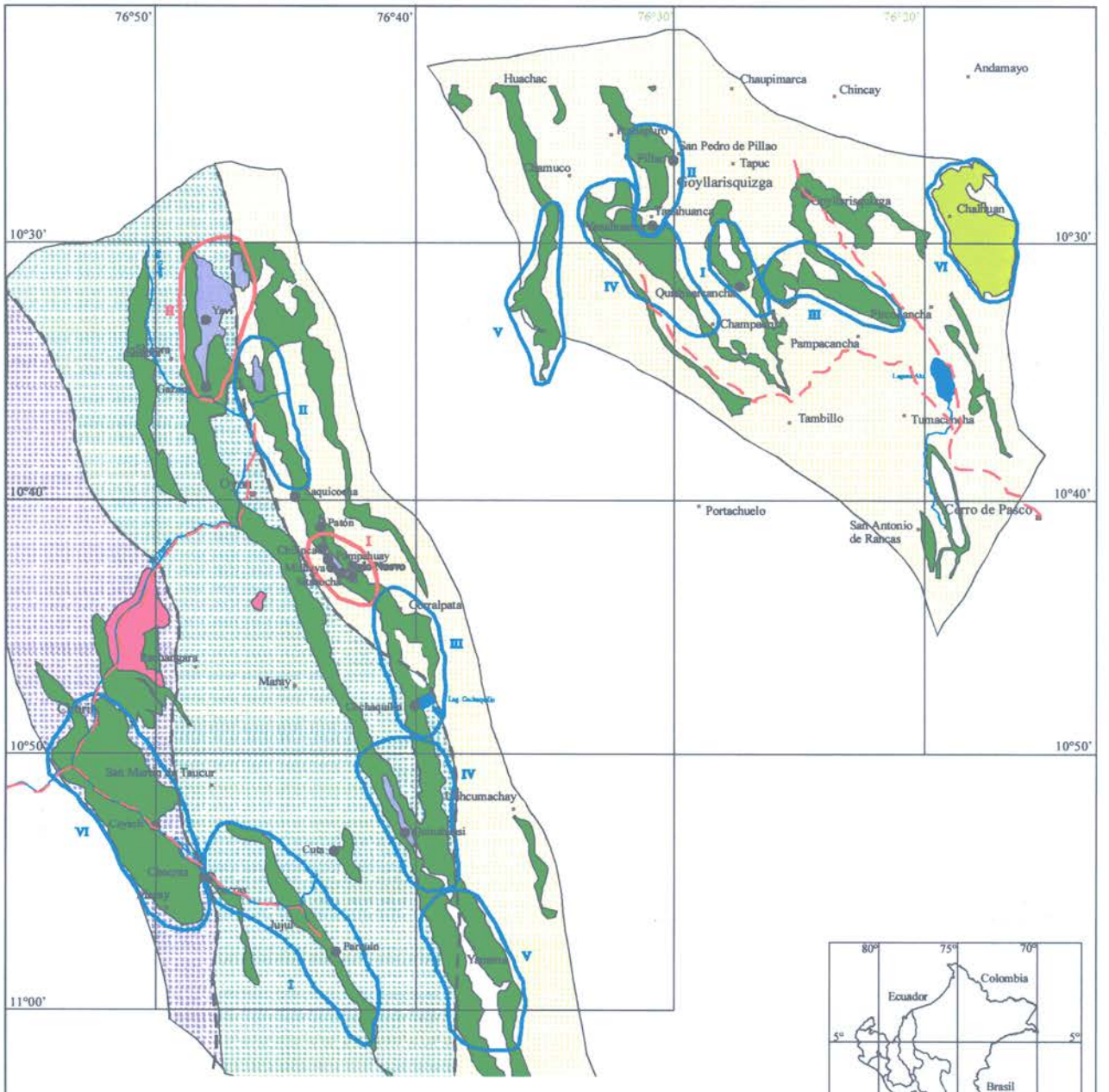
- Carreteras de primer orden
- Carreteras de segundo orden
- Ríos
- Puertos
- Ciudades principales
- Poblados

120 km

Fig. N° 5.1

EDAD	CUENCA	ZONA - ÁREA	PRIORIDAD EXPLORACIÓN	RANGO CARBÓN	REFERENCIA
Mesozoica	Yura	Omate-Carumas	I	Antracita	Fig. 5.1
		Murco	II	Antracita-bituminoso	
		Tasa-Tambiaque	III	Bituminoso	
	Oyón	Checras-Parquín	I	Antracita	Fig. 5.2
		Saquicocha-Quiches	II	Bituminoso	
		Corralpata-Cochaquillo	III	Semiantracita-bituminoso	
		Quinahuasi	IV	Antracita	
		Yanama	V	Semiantracita-bituminoso	
		Churín-Maray	VI	Antracita-meta antracita	
	Goyllarisquizga	Quishuarcancha	I	Bituminoso	Fig. 5.2
		Pillao	II	Bituminoso	
		Sur Goyllarisquizga	III	Bituminoso	
		Yanahuanca-Champacruz	IV	Bituminoso	
		Sur Chamuco	V	Bituminoso	
		Chalhuanca	VI	Bituminoso	
	Santa	La Limeña-Ferrol	I	Antracita	Fig. 5.3
		La Galgada-Cocabal	II	Antracita	
		Sta Julia-V. de la Puerta	III	Antracita	
		Caraz-Ranrahirca	IV	Antracita	
		Tarica-Pasacancha	V	Antracita	
		Piniachuco	VI	Antracita	
		Sureste Pasacancha	VII	Antracita	
		Piscobamba	VIII	Antracita	
	Alto Chicama	Huayday-Huaranchal	I	Antracita	Fig. 5.3
		Gaby-Shona	II	Antracita	
		Victor Manuel-Oro Negro	III	Antracita	
		Compin-Marmot	IV	Antracita-meta antracita	
		Cunanten	V	Antracita	
		Cupisnique	VI	Meta-antracita	
		Este Gaby-Shona	VII	Antracita	
		Chungurbamba-Huamachuco	VIII	Antracita	
	Jatunhuasi	Cosmos-Esperanza	I	Bituminoso	Fig. 5.4
		Tucto-Cachi	II	Bituminoso	
		Calancho-Negro Bueno	III	Bituminoso	
		Chaucha-Llacsa	IV	Bituminoso	
Cenozoica	Tumbes-Piura	Los Pinos-Punta Pico	I	Lignito	Fig. 5.5
		Cruz de Loma	II	Lignito	
		Punta Mero-Cancas	III	Lignito	

Tabla 5.1. Zonas promisorias para la exploración por clases de carbón en el Perú



DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS PROMISORIAS PARA EXPLORACIÓN DE CARBÓN EN LAS CUENCAS OYÓN - GOYLLARISQUIZGA

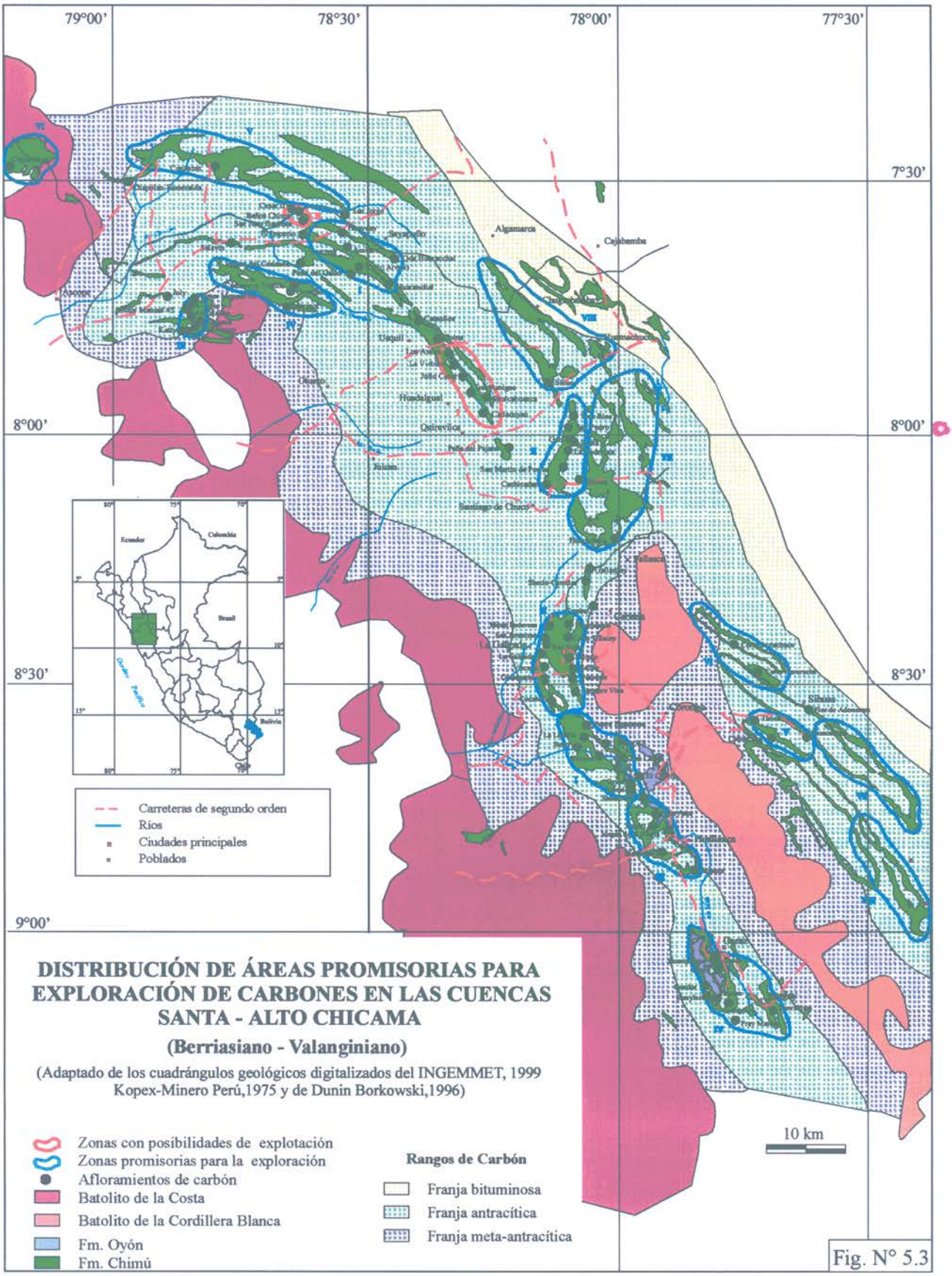
(Neocomiano)

(Adaptado de los cuadrángulos geológicos digitalizados del INGEMMET,1999)

Fig. N° 5.2

EDAD	CUENCA	ZONA - ÁREA	PRIORIDAD EXPLOTACIÓN	RANGO CARBÓN	REFERENCIA
Mesozoica	Oyón	Pampahuay	I	Bituminoso B.v.	Fig. 5.2
		Gazuna	II	Semi-antracita	Fig. 5.2
	Alto Chicama	Los Andes-Callacuyán	I	Antracita	Fig. 5.3
		Baños Chimú	II	Antracita	Fig. 5.3

Tabla 5.2. Zonas con posibilidades de explotación de carbones peruanos



DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS PROMISORIAS PARA EXPLORACIÓN DE CARBONES EN LAS CUENCAS SANTA - ALTO CHICAMA

(Berriasiano - Valanginiano)

(Adaptado de los cuadrángulos geológicos digitalizados del INGEMMET, 1999
Kopex-Minero Perú,1975 y de Dunin Borkowski,1996)

Fig. N° 5.3

En la cuenca del Santa se tienen las zonas de La Limeña-Ferrol (zona I), La Galgada-Cocabal (zona II), Santa Julia-Virgen de la Puerta (zona III), Caraz-Ranrahirca (zona IV). Asimismo en la franja oriental de esta cuenca poco explorada, se tienen las zonas de Tarica-Pasacancha (zona V), Pariachuco (zona VI), sureste de Pasacancha (zona VII) y Piscobamba (zona VIII)(Tabla 5.1 y Fig. N° 5.3). Esta franja continúa hacia el sureste a la zona de Chavín prolongándose hasta el área de Huallanca en la provincia de Dos de Mayo.

La exploración y futura explotación de carbón de esta cuenca podría abastecer a ACERCO (ex Siderperú) y a las pequeñas industrias de Chimbote así como para una posible central térmica en la región del Santa.

En la cuenca del Alto Chicama las zonas de interés por carbón antracíticos a meta-antracítico son: Huayday-Huaranchal (zona I), Gaby-Shela (zona II), Víctor Manuel-Oro Negro (zona III), Compin-Marmot (zona IV), Cunanten (zona V), Cupisnique (zona VI), este de Gaby-Shela (zona VII) y Chungurbamba-Huamachuco (zona VIII)(Tabla 5.1 y Fig. N° 5.3).

Las cuencas de Cajamarca, Chiclayo y Alto Pativilca constituyen zonas de interés para realizar exploraciones por carbón antracítico.

Carbones Bituminosos

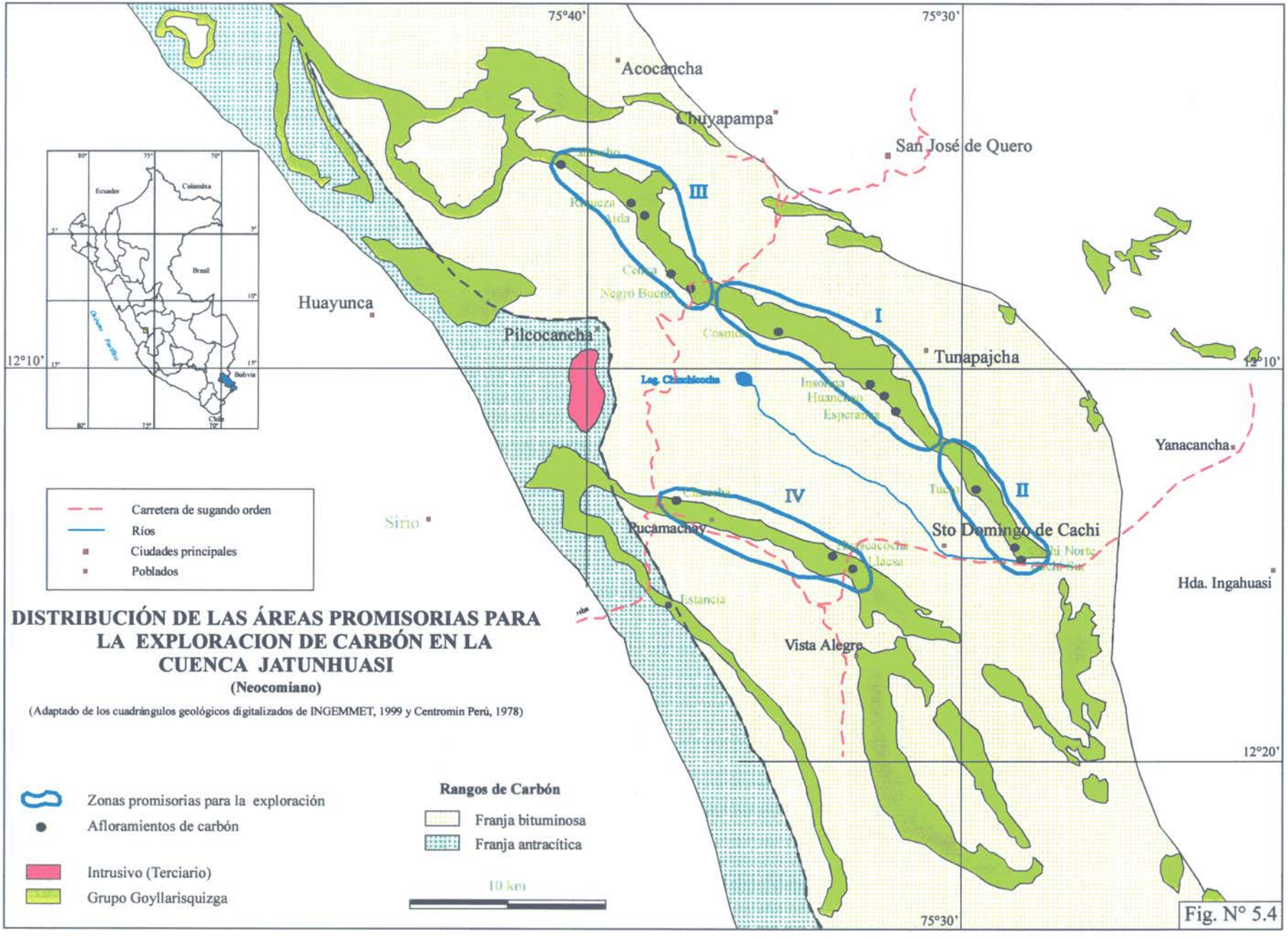
En la cuenca de Yura las zonas potencialmente interesantes para realizar exploración por carbón bituminoso se centrarían en la franja bituminosa localizadas hacia el este, y dentro de ella la zona de Tasa-Tambique (zona III) (Tabla 5.1 y Fig. N° 5.1).

En la cuenca de Oyón la exploración por carbón bituminoso deberá orientarse hacia las zonas de Saquicocha-Quiches (zona II), Corralpata-Cochaquillo (zona III) y Yanama (zona V)(Tabla 5.1 y Fig. N° 5.2).

En la cuenca de Goyllarisquizga en las zonas: Quishuarcancha (zona I), Pillao (zona II), al sur de Goyllarisquizga (zona III), Yanahuanca-Champacruz (zona IV), Sur de Chamuco (zona V) y Chalhuanca (zona VI)(Tabla 5.1 y Fig. N° 5.2) todas ellas por carbones bituminosos.

En la cuenca de Jatunhuasi en las zonas: Cosmos-Esperanza (zona I), Tucto-Cachi (zona II), Calancho-Negro Bueno (zona III), Chaucha-Llacsa (zona IV) se puede explorar por carbones bituminosos (Tabla 5.1 y Fig. N° 5.4).

La cuenca del Grupo Oriente poco conocida ofrece también perspectivas interesantes dado que existen afloramientos de carbón bituminoso, que podría abastecer la localidad de Rioja para la fabricación de cemento.



DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS PROMISORIAS PARA LA EXPLORACION DE CARBÓN EN LA CUENCA JATUNHUASI

(Neocomiano)

(Adaptado de los cuadrángulos geológicos digitalizados de INGEMMET, 1999 y Centromin Perú, 1978)

Fig. N° 5.4

Asimismo, en la zona de Cajamarca que probablemente contenga depósitos de carbón de rango bituminoso.

Lignitos

En La cuenca de Tumbes-Piura se reporta manifestaciones de carbón de rango lignitos en las zonas de Los Pinos- Punta Pico (zona I), Cruz de Loma (zona II) y Punta Mero-Cancas (zona III)(Tabla 5.1 y Fig. N° 5.5).

5.2 ZONAS CON POSIBILIDADES DE EXPLOTACIÓN

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 la explotación de este recurso orgánico.

De acuerdo al marco geológico y análisis de la distribución de las ocurrencias de carbón, la explotación realizada en décadas pasadas, su historia minera, las reservas probadas así como los recursos, y accesibilidad, se tiene que los sectores con mejores posibilidades para realizar una explotación corresponderían a los siguientes sectores.

Cuenca de Oyón

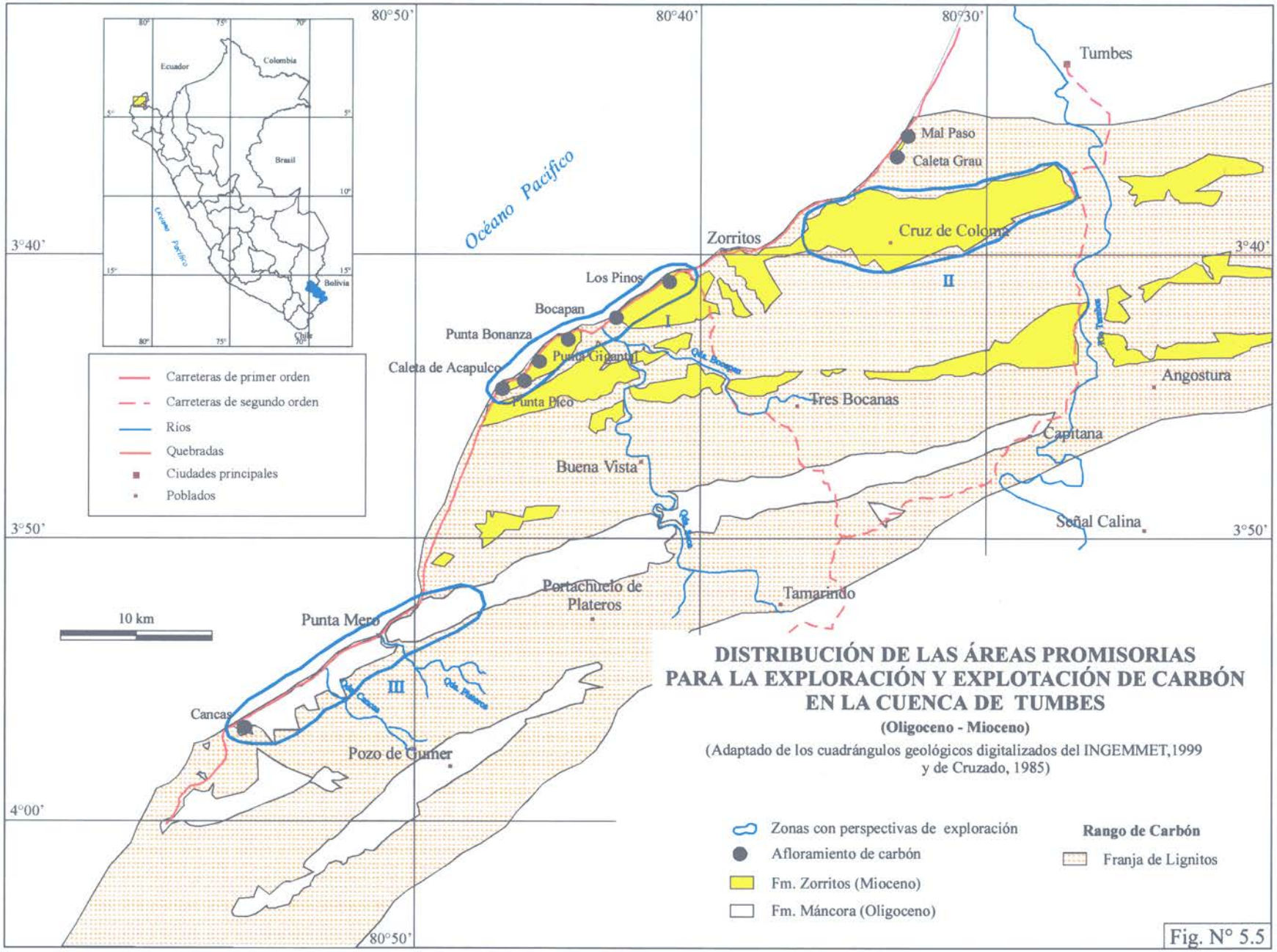
En la cuenca de Oyón las zonas más exploradas y con proyecciones de realizar explotaciones económicas serían: Pampahuay y Gazuna (Tabla 5.2 y Fig.5.2), fundamentalmente por carbón bituminoso y semi-antracíticos.

Pampahuay (zona I): Se sitúa al sureste de Oyón entre el río Patón y la quebrada Ruco. Es accesible mediante la vía afirmada Huacho-Oyón.

El sector de Pampahuay constituye uno de los más explorados mediante tres labores subterráneas (zonas de Chilinca, Pampahuay y Mishuya), alcanzando en total unos 800 m de longitud (Siderperú, 1980).

Esta zona se divide en 5 áreas: Chilinca, Pampahuay, Mishuya, Siglo Nuevo y Sitacocha, las que en conjunto alcanzan unos 5 km de longitud. Las capas de carbón se localizan en la Formación Oyón que aflora en el núcleo del anticlinal de Pampahuay de orientación general NO-SE.

La serie portadora de 4 capas importantes de carbón (Grande, Papilón, California y Lutay) con grosores de 0,5 a 4 m, se ubican en el flanco noreste con rumbo general N45°-60°O y buzamientos de 30°-45°NE.


80°50'
80°40'
80°30'
3°40'
3°50'
4°00'
Océano Pacífico
Tumbes
Mal Paso
Caleta Grau
Zorritos
Cruz de Colonna
II
Los Pinos
Bocapan
Punta Bonanza
Punta Gigante
Caleta de Acapulco
Punta Pico
I
Qda. Bocapan
Río Tumbes
Angostura
Tres Bocanas
Capitana
Buena Vista
Qda. Zorritos
Señal Calina
Portachuelo de Plateros
Tamarindo
Punta Mero
III
Río Cancas
Qda. Plateros
Cancas
Pozo de Gumer
10 km
Ecuador
Colombia
Brasil
Bolivia
Chile
Océano Pacífico
Carreteras de primer orden
Carreteras de segundo orden
Ríos
Quebradas
Ciudades principales
Poblados
DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS PROMISORIAS
PARA LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE CARBÓN
EN LA CUENCA DE TUMBES
(Oligoceno - Mioceno)
(Adaptado de los cuadrángulos geológicos digitalizados del INGEMMET,1999
y de Cruzado, 1985)
Zonas con perspectivas de exploración
Afloramiento de carbón
Fm. Zorritos (Mioceno)
Fm. Máncora (Oligoceno)
Rango de Carbón
Franja de Lignitos
Fig. N° 5.5

Los análisis de los carbones indican contenidos de cenizas de 20-33 %, materias volátiles de 13-23 %, carbono de 86-91 % y contenidos de azufre inferior a 2%. Los valores de la reflectancia varían de 1,5 a 2 % correspondiendo al carbón bituminoso de bajos volátiles.

Las reservas probadas estimadas alcanzan 5 Mt presentando como recursos 29 Mt de carbón.

A pesar del intenso disturbamiento sufrido por las capas de carbón, en la actualidad esta zona viene siendo explorada y desarrollada por Lar Carbón S.A. constituyendo una zona promisoria para la explotación de carbón bituminoso.

Gazuna (zona II): El sector de Gazuna se sitúa en el extremo noroeste de la cuenca de Oyón, en la quebrada Yavi, margen izquierda del río Ushpa. 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.

La zona este del anticlinal de Yavi presenta 6 capas de carbón (Poderosa, Carola, Lily, Santa María, Mariposa y Curucuta). Las capas afloran a lo largo de unos 2 km de longitud en dirección N10°E y buzamientos de 20°-50°E, presenta grosores que varían de 0,5 a 4 m.

Los análisis químicos indican valores de 10-30 % de cenizas, 9-12 % de M.V, 88-92 % de carbono y < 2,5 % de azufre. La reflectancia de la vitrinita es de 2,2-2,5 %, correspondiendo al rango de carbón semi-antracítico.

En este sector se estima 13 Mt de reservas probadas y 93 Mt de recursos. Constituyendo una zona promisoria para la explotación de carbón semi-antracítico.

La explotación de carbón bituminoso de esta cuenca abastecería a Cemento Andino, Cementos Lima y a las industrias localizadas en Lima.

Cuenca del Alto Chicama

En la cuenca del Alto Chicama las áreas más conocidas y explotadas artesanalmente, que constituyen zonas de interés para una explotación serían: los Andes-Callacuyán (Los Andes, Victoria y parcialmente el área de Callacuyán)(zona I) y Baños Chimú (zona II)(Tabla 5.2 y Fig. N° 5.3), todos ellos por carbón antracítico a meta-antracítico.

Los Andes-Callacuyán (zona I): Se localiza en el extremo sureste de esta cuenca y es accesible por la vía Trujillo-Otuzco-Callacuyán.

Las estructuras que controlan la Formación Chimú son los anticlinales de Yuracama, Pergoche y los sinclinales de Capachique y Canibamba siendo este último el más importante. En este sector sólo aflora la parte media-superior de la Formación Chimú donde se localizan las capas de carbón con rumbo general NO-SE y buzamientos de 65°-75°NE, con grosores de 1,4 a 2,8 m.

En la mina Los Andes se han reconocido y explotado parcialmente 3 capas de carbón denominadas 4, 5 y 6. La mina Victoria es la más importante y consecuentemente la más explotada, sobre todo, las capas 4 y 5. En la mina Callacuyán se tienen 5 capas de carbón, destacando las capas 4 y 5 por ser las más potentes, pero es la capa 4 la única que ha sido explorada.

Los análisis químicos y petrográficos indican 7-42 % de cenizas, 2-11 % de M.V, 89-98 % de carbono y < 1,5 % de azufre, excepcionalmente en el extremo SE de Callacuyán alcanza hasta 23 %. Los valores de la reflectancia son 4,6-5,7 % corroborando el rango antracítico.

En esta zona se estima 25 222 Mt de reservas probadas y 270 838 Mt de recursos. Por lo cual esta zona constituye uno de los más interesantes para una explotación a gran escala por carbón antracítico/meta-antracítico.

Baños Chimú (zona II): El sector de Huayday-Huaranchal localizado en el extremo noroeste de la cuenca del Alto Chicama es accesible desde Trujillo-Ascope-Lucma. Las principales estructuras que controlan la Formación Chimú donde se encuentra el carbón son los anticlinales de El Cepo, Loma Alta y Lucma siendo el más importante el de Lucma y los sinclinales Porvenir, Huayday y Grande. La zona más importante con capas de carbón es Baños Chimú.

En Baños Chimú a 200 m de la base de la Formación Chimú se localiza la capa de carbón Principal de 4 m de grosor, presentando rumbo NO-SE y buzamientos de 40°-50°NE. Los análisis químicos y petrográficos indican contenidos de 7-23 % de cenizas, < 1 % de azufre, 3-7 % de M.V, 92-97 % de carbono y < 1 % de azufre mientras que la reflectancia de la vitrinita es 4,2-5,4 % confirmando el rango antracítico.

En esta zona se estima 305 000 t de reservas probadas y 2,8 Mt de recursos, constituyendo otra zona interesante para el desarrollo y explotación de carbón antracítico.

La posible explotación de carbón en la cuenca del Alto Chicama abastecería a Cementos Pacasmayo, a las industrias de Trujillo, y a una probable central térmica en el Alto Chicama.

Existen muchas zonas en las cuencas mesozoicas que necesitan ser reevaluadas y exploradas adecuadamente, las cuales podrían constituir zonas promisorias para una futura explotación de este recurso orgánico.

PARTE II

MINERÍA Y UTILIZACIÓN DEL CARBÓN

Capítulo VI

MINERÍA DEL CARBÓN EN EL PERÚ

La demanda actual del carbón está estrechamente relacionada con el crecimiento económico; sin embargo, su mayor utilización a escala mundial es la generación de energía eléctrica (40%). Bajo este contexto, se debe tener presente que los recursos naturales para producir energía además del carbón se tienen otras alternativas como son: el petróleo y gas natural. Recursos como el aire y la energía solar no son grandes generadores de energía, la energía nuclear tiene grandes problemas ambientales. Entre los recursos naturales, el petróleo, el gas natural y el carbón constituyen recursos no renovables, por lo tanto agotables. A medida que se reduzcan las reservas de petróleo y gas natural el carbón tomará mayor importancia de la que tiene actualmente.

En el Perú la minería del carbón se ha visto restringida a una explotación a pequeña escala. La antracita peruana es el mejor carbón reconocido y considerado de buena calidad, se emplea en las fundiciones e industria metalmecánica, se vende y utiliza de acuerdo a su granulometría; la hulla en cambio es de mala calidad y se encuentra en menor abundancia requiriendo ser mezclado con carbón importado para producir coque. Las industrias cementeras importan hulla no aglomerada; el lignito de la selva baja no será utilizado aún, por encontrarse en una zona despoblada y con recursos alternativos de energía.

La problemática del carbón nacional es compleja y será necesario desarrollar métodos de explotación que permitan hacer rentables estos depósitos.

6.1 ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL

Antecedentes: En los primeros años del siglo pasado el carbón era la principal fuente energética y metalúrgica del Perú; la Cerro de Pasco Corporation explotó hulla en la mina Goyllarisquizga, para preparar el coque requerido por la fundición de La Oroya; el carbón antracítico se explotó en las minas Cocabal y La Galgada para abastecer los requerimientos de las siderúrgicas; la mina Callacuyán fue explotada parcialmente por la Northern Peru Corporation para cubrir sus necesidades.

La ubicación geográfica de algunas cuencas permitiría establecer un mercado potencial energético en áreas cercanas a ellas, la explotación de estas cuencas han sido a

poca escala, debido al desconocimiento de las características de las calidades del carbón peruano o la diversificación de sus usos.

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 que su comercialización se dirija a satisfacer necesidades específicas, como es el caso de los sectores cementero, petroquímico, papelero, cerámica, alimentos y otros.

Estado actual: La presencia del carbón en el Perú sigue siendo para el país un recurso no explotado, o de explotación restringida a la pequeña minería o minería artesanal, tal como lo indica Alberto Manrique (1988).

El escaso interés por la exploración, desarrollo y explotación del carbón se puede deber a varios factores entre los que podemos mencionar:

- La competencia del petróleo y sus derivados, a pesar de que la energía producida por el carbón es por lo menos 25% más económica.
- Los precios del petróleo que en décadas pasadas indujo a que las industrias cambiaran de carbón a hidrocarburos. Como consecuencia se produjo una baja en la demanda y el cierre de minas de carbón, restringiéndose la producción a pequeña escala.
- La infraestructura vial es también uno de los factores que incide en la 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 encuentran en la sierra y los consumidores potenciales en la costa.
- El desconocimiento de las variedades y usos específicos del carbón nacional determinan que no se ha desarrollado un mercado de consumo.

A continuación se señalan algunas referencias respecto al tipo de carbón que se ha explotado en las cuencas carboníferas del Perú.

Cuenca de Oyón: Sector Gazuna (semi-antracítico), Pampahuay (bituminoso), Checras-Parquín (antracítico).

Cuenca del Santa: Sector La Galgada (antracita-meta-antracita), La Limeña (antracita), Caraz-Pueblo Libre (antracita).

Cuenca del Alto Chicama: Sector noroeste (antracita, meta-antracita), sureste (antracita, meta-antracita).

Cuenca de Goyllarisquizga: Sector Goyllarisquizga (bituminoso).

Cuenca de Jatunhuasi: Sector Jatunhuasi (bituminoso).

Minas de carbón en operación: Las minas de carbón registradas, que operan actualmente son pocas y con una producción muy pobre.

Las siguientes empresas indican su producción en los tres últimos años:

PRODUCCIÓN POR EMPRESA (t)

Empresa	Unidad	Ubicación	1997	1998	1999(*)
Carbonífera San Benito S.R.Ltda.	San Benito	La Libertad	6.915	6.596	0
Cía. Minera Agregados Calcáreos	Huaylas A.C.	Ancash	0	0	0
CÍA Minera Las Camelias S.A.	Las Camelias 6	Lima	0	0	0
Cía Minera Tripsa S.A.	Esther	Ancash	0	0	0
Delgado Ruiz Conejo, Efraín	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	0
Minerales Andinos S.A:	La Gloria JF	Piura	0	0	0
Total			**22.046**	**21.031**	**1.198**

Fuente: DGM-MEM (*) cifra preliminar

DERECHOS MINEROS POR CARBÓN EN EL PERÚ

UBICACIÓN	DERECHOS REGISTRADOS	INCIDENCIA %
Ancash	45	20,1
Cajamarca	1	0,4
Huánuco	4	1,8
Junín	18	8,1
La Libertad	74	33,0
Lambayeque	1	0,4
Lima	77	34,4
Pasco	4	1,8
Total	**224**	**100,0**

Fuente: RPM-MEM

6.2 COTIZACIÓN DEL CARBÓN EN EL MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL

El precio del carbón en el mercado nacional se debe exclusivamente a la calidad del material y a la distancia que existe entre el yacimiento y la industria consumidora. No existen precios de venta uniformes, el precio puede variar entre US $ 10 y US $40 por tonelada.

En cambio la cotización internacional, obtenida de las importaciones totales de carbón, que para el año 1998 fueron de US$ 21 311 184 por la importación de 437 041 TM de carbón de diversas fuentes, indica una cotización promedio CIF de mercado de US$ 49/TM.

6.3 EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS DEL MERCADO

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 para el año 2030 el doble del requerido en 1995 y el triple para el año 2050.

Se pronostica que la población mundial crecerá de 5 290 millones de habitantes censados 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 el World Energy Council (WEC), las reservas económicamente recuperables de crudo son aproximadamente 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 están localizados en el Medio Oriente, regiones políticamente inestables.

El World Energy Council (WEC) advierte la atención por las energías no renovables y entre ellas el gas, y también sobre la adopción de 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 50 y 60 se tuvo un similar comportamiento por la energía nuclear y ahora es el turno del gas natural.

En el Perú el consumo se dará en función a las calidades del carbón, es decir que se usará para satisfacer fines específicos de la industria. El desconocimiento de sus variedades y posibilidades de uso, es tal vez uno de los factores que interfiere en el desarrollo de la minería del carbón en el país, a esto se suma el descubrimiento del gas de Camisea que representa una alternativa energética más atractiva.

Evolución mundial del carbón: La diversidad del comercio internacional del carbón es única. Los más grandes productores de carbón en el mundo son la República

Popular China (1 375 Mt) y los Estados Unidos de América (878 Mt) para 1996. Sin embargo, el más grande productor no es necesariamente el más grande exportador.

Los siguientes cuadros muestran la producción y reservas mundiales.

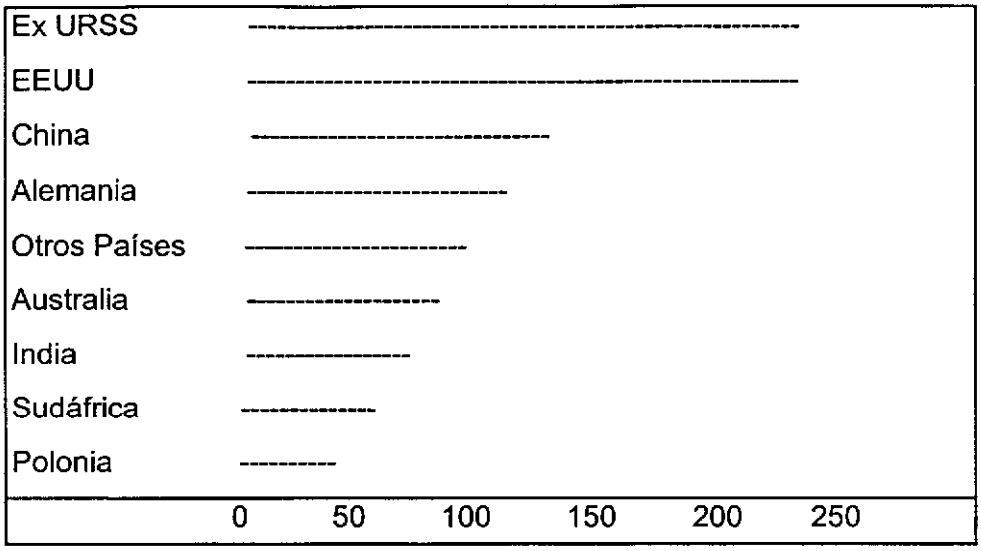
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARBÓN (Mt)

PAISES/REGIONES	1984	1988	1990	1992	1994	1998*	1999*
América del Norte	1 033	1 109	1 076	1 012	1 012	-.-	-.-
Estados Unidos	896	950	1 029	998	935	936	914
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	-.-	-.-
Cazaquistan	-.-	-.-	-.-	140	104	67	56
Rep. Checa	-.-	-.-	-.-	-.-	74	-.-	-.-
Ex Checoslovaquia	143	137	119	99	-.-	-.-	-.-
Polonia	267	294	237	219	201	117	112
Rusia	-.-	-.-	-.-	375	271	149	163
Ucrania	-.-	-.-	-.-	147	95	74	81
Ex URSS	700	761	775	-.-	-.-	-.-	-.-
Medio Oriente	1	1	1	2	2	-.-	-.-
Africa	184	208	200	206	202	-.-	-.-
Sudáfrica	179	200	191	197	195	223	224
Extremo Oriente/Oceanía	1 307	1 616	1 778	1 912	1 781	-.-	-.-
Australia	153	198	231	248	230	219	225
China	870	1 080	1 162	1 230	1 200	1 236	1 029
India	168	208	250	281	267	303	290
Indonesia	-.-	-.-	-.-	-.-		61	74
No especificado	-.-	-.-	-.-	-.-	127	-.-	-.-
Total mundial	**4 534**	**5 105**	**5 214**	**4 996**	**4 451**	**3 381**	**3 168**

E&MJ, Marzo 1996

* World Coal Institute (1998/1999)

RESERVA MUNDIAL DE CARBÓN (Mt)



E&MJ, Marzo 1996

Perspectiva mundial del carbón: La diversidad y abundancia de las reservas de carbón en el ámbito mundial sugieren 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.

PERSPECTIVA DEL MERCADO MUNDIAL DEL CARBÓN (Mt)

	DEMANDA		PRODUCCIÓN		IMPORTACIÓN		EXPORTACIÓN	
	1990	2010	1990	2010	1990	2010	1990	2010
ECE Región	1 821	1 798	1 83	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 América	751	907	891	1 054	17	28	127	175
Mundial	3 508	3 982	3 548	3 994	396	566	395	578

Evolución de la producción nacional del carbón: La producción del carbón nacional alcanzó niveles del orden de 200 000 toneladas en los años 50 y luego descendió a niveles de 30 000 toneladas, lo que aún no ha superado, se proyecta que el consumo de energía será el doble en el año 2030 y el triple en el año 2050.

Las características geológicas y la ubicación del carbón en gran parte del territorio permiten el fácil acceso al carbón antracítico producido que representa el 97% de la producción nacional, cuyas reservas probadas fueron 55,9 Mt para el año 1997.

La evolución de la 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 79	80 98	31 095	22 024	17 416	20 699	22 046	21 031	7 384

Fuente: DGM-Ministerio de Energía y Minas

De acuerdo a esta tabla, en 1997 la producción fue de 22 046 toneladas y para 1998 fue de 21 031 toneladas, por lo que observando los reportes de producción de estos años no se puede decir que hubo un incremento significativo de la demanda en el país.

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA 1998 (10^3 TEP)

Fuente	1997	1998	Variación (%)
Energía comercial			
Petróleo crudo	5 956	5 716	-4 00
Gas Natural	882	1 171	32 90
Carbón mineral	15	15	-3 10
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
TOTAL	**12 768**	**12 863**	**0 70**

Importación de Carbón: En 1998, las principales empresas han incrementado la importación en comparación a 1997 en un 35,1%; teniendo como proveedores a países cercanos como Colombia, Venezuela, Brasil, EEUU y otros más lejanos como Australia, España y otros.

Las empresas que más importaron carbón 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.

IMPORTACIONES DE CARBÓN 1998 (t)

EMPRESA	PROCEDENCIA	1997	1998
Lar Carbón 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	Brasil	No Registra	5
Occidental Peruana Inc	EEUU	No Registra	0
TOTAL		**323 598**	**437 041**

Consumo de carbón por sectores: el siguiente cuadro nos muestra el consumo de carbón mineral por sectores.

CONSUMO DE CARBÓN MINERAL POR SECTORES 1998 (t)

SECTOR	ANTRACITA	IMPORTADO	BITUMINOSO	TOTAL
1. RESIDENCIAL COMERCIAL				
* Briquetas de Carbón	1 458	0	0	1 458
* NorPerú S.A.	7 200	0	0	7 200
Subtotal	8 658	0	0	8 658
2. MINERO METALÚRGICO				
* Doe Run Perú (DivisiÓn 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
Subtotal	0	97 579	7 647	105 226
3. INDUSTRIAL				
* 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
Subtotal	11 534	330 162	6 898	348 595
4. PESQUERO				
* Pesqueras	0	0	6 000	6 000
Subtotal	0	0	6 000	6 000
5. AGROPECUARIAS				
* Briquetas de carbón	3 082	0	0	3 082
Subtotal	3 082	0	0	3 082
TOTAL	**23 274**	**427 741**	**20 545**	**471 560**

OTERG-MEM 1998

6.4 ASPECTOS TÉCNICOS MINEROS DE LA EXPLOTACIÓN

La exploración y explotación del carbón al igual que en otras sustancias metálicas y no metálicas tienen técnicas similares.

Exploración: Comprende a los estudios de geología (superficial y subsuelo), así como la evaluación de las reservas, de acuerdo a los criterios de clasificación económica del carbón.

Métodos de explotación: La explotación ha sido artesanal desde los tiempos de los romanos y en gran escala desde el Siglo XVIII. El carbón se extrae por dos métodos principales: minería de superficie y minería subterránea.

La elección del método está determinado 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 la explotación por este método, sin embargo esta proporción es significativamente menor en algunos importantes países productores de carbón, como Estados Unidos de América y Australia.

Minería en superficie: Este método incluye la remoción de material estéril hasta exponer los mantos de carbón. Los factores económicos de explotación están relacionados con su profundidad.

La minería de superficie es conveniente y económica sólo cuando el manto de carbón está cerca a la superficie, ya que recupera una cantidad mayor que la minería subterránea.

En el caso del Perú sólo se explotó por este método la mina Shela en Cachicadán donde se extraía el carbón de los afloramientos correspondientes a mantos de más de 6 m de grosor. El arranque se hacía con explosivos que determinaban la producción de una gran cantidad de finos; las operaciones eran mecanizadas y tenían 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.

Minería subterránea: El método de explotación subterráneo depende de las propiedades geomecánicas del mineral y de las rocas encajonantes.

En el Perú los métodos de explotación subterránea han debido considerar el poco grosor de los mantos y el alto ángulo de buzamiento. La mayoría de las minas trabajaron en forma artesanal y no continua. Los métodos producían menos dilución que los métodos mecanizados aunque la producción no excedía las 2 000 t/mes.

Inicialmente en Cocabal se utilizó el método de Shrinkage o almacenamiento, donde el carbón queda almacenado en los tajeos luego de ser minado. Este método fue cambiado debido a que producía muchos finos y afectaba directamente al precio.

Se implementó el método de corte y relleno de gradines invertidos, que consiste en escalones a manera de escalera invertida. Este método fue utilizado en Cocabal y La Galgada. En zonas tectónicamente disturbadas se empleó el método de gradines descendentes (Cocabal).

También se utilizó el método Pensilvaniano Long Hole (Taladros Largos) que es una modificación del método de subniveles, donde se emplean 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, tenía el inconveniente de producir dilución del carbón en los mantos delgados (Cocabal), obteniéndose bajos precios del producto.

Los mantos sub-horizontales se explotaban en La Limeña, Baños Chimú y otras minas, con el método de cámaras y pilares.

Es importante también seleccionar las zonas menos disturbadas, debido a que en las zonas de fuerte tectonismo es muy difícil seguir un método de minado, ya que requiere mucho sostenimiento encareciendo la explotación. La perturbación tectónica tritura el carbón mezclándolo con el estéril produciendo un material de poca aceptación en el mercado.

Tecnologías limpias de uso del carbón: La mayoría de las tecnologías limpias de uso del carbón se concentran en la producción de electricidad, 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 otros desarrollos tecnológicos que 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 como el lodo y el azufre. Se desarrollan también nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y el costo de la limpieza, al mismo tiempo que se mejora la calidad del agua de desecho.

Seguridad y salud: La carbonificación de la materia orgánica produce un fuerte desprendimiento de gases inflamables, esto es muy común en las minas de hulla donde su acumulación puede provocar explosiones, como el ocurrido en la mina Goyllarisquizga.

La extracción moderna del carbón alcanza estándares en seguridad y salubridad 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.

Capítulo VII

PREPARACIÓN, CONVERSIÓN Y UTILIZACIÓN INDUSTRIAL DEL CARBÓN

7.1 PREPARACIÓN DEL CARBÓN PARA USO INDUSTRIAL

La relación actual referida a reservas mundiales de carbón son aproximadamente 4 veces las reservas de petróleo (45 años) y gas (70 años).

Una efectiva preparación del carbón antes de la combustión mejora su homogeneidad, reduce los costos de transporte, las emisiones de SO_2, mejora la eficiencia en su utilización y produce menos cenizas.

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. El contenido de humedad varía desde 2 a 10%.

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.

Los factores que inciden en una buena y eficiente combustión son: adecuada mezcla aire-combustible, superficie de contacto de las partículas del combustible y el oxígeno. Así mismo, una zona de combustión mantenida a una temperatura superior a la ignición del combustible.

7.2 PERSPECTIVAS DE UTILIZACIÓN INDUSTRIAL

Dentro de las perspectivas de utilización industrial podemos citar: la industria del cemento, la siderurgia y centrales térmicas.

Industria del cemento: La fabricación del cemento se realiza mezclando las materias primas (caliza, arcilla o caolín en el caso del cemento blanco), y en menores proporciones: margas, arenas silíceas, óxidos de hierro. La calcinación del crudo en grandes hornos rotatorios produce el clínker, el mismo que molido y mezclado con yeso (que actúa como retardante del fraguado), escorias, y/o cenizas, da lugar al cemento

En la fabricación del cemento se tienen dos puntos de utilización de carbón que son:

- En hogares para producir gases calientes o empleados en el secado de la materia prima en molinos de crudo.
- En los hornos, para el mechero principal y los mecheros de los precalcinadores.

Es necesario que el carbón tenga un grado suficiente de homogenización.

Industria siderúrgica de Chimbote: La antracita peruana es observada debido a su granulometría fina, bajo contenido de hidrógeno y mayor de oxígeno lo que incrementa la temperatura de ignición.

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 (ACERCO).

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.

Las centrales térmicas y su problemática medioambiental: Al referirnos a las centrales térmicas convencionales o clásicas consideraremos a las centrales que utilizan combustibles fósiles como materia prima, es decir, carbón, petróleo y gas natural.

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 chorros de aire precalentados.

El primer proyecto energético independiente, integrado al sistema eléctrico interconectado del sur peruano, lo constituye la ejecución de una planta de energía termoeléctrica a carbón en la ciudad de Ilo (2000 - 2002), el mismo que alcanzaría una capacidad total de generación de 464 megavatios, convirtiéndose en una de las principales fuentes energéticas de esta importante región minera.

En las centrales térmicas se pueden encontrar los siguientes inconvenientes: extracciones, emisiones, contaminación térmica, contaminación acústica, vertidos químicos.

Dentro de las nuevas tecnologías energéticas, destacan las técnicas de uso limpio del carbón, comprendiendo 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.

Elaboración de coque metalúrgico con carbones peruanos: El coque es un residuo poroso que se obtiene al someter carbón bituminoso 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 constituído en su mayor proporción por carbono fijo, con adición de pequeñas cantidades de hidrógeno, oxígeno y nitrógeno que no exceden de 2-3 %.

Los constituyentes más nocivos en el coque son las cenizas, el azufre y las materias volátiles, incluyendo el agua, por tal razón es preciso depurar el carbón antes de coquizarlo, triturándolo y lavándolo.

El rendimiento en coque puede variar según la clase de carbón que se use como materia prima ó según el método seguido en su manufactura.

Los carbones aparentes para coquización, son los que se caracterizan por sus buenas propiedades aglutinantes, bajo contenido en cenizas, de 20 á 30% de materias volátiles cuando se destilan a 900°C. Los carbones que no presentan señal de intumescencia al calentarse y dejan un residuo incoherente, son los carbones del tipo no-coquizante.

Sólo los carbones que dan un coque resistente a las presiones y sacudidas pueden ser considerados en la categoría de buenos carbones coquizantes.

El coque fluido es una materia combustible derivada de los residuos pesados que se producen en las refinerías de petróleo y es diferente del producto conocido como coque de petróleo. El nombre de coque fluido, se debe a que en su elaboración se emplea la técnica llamada de sólidos fluidificados, que les permite fluir en una corriente de aire o de vapor de petróleo, de la misma manera que fluyen los líquidos.

Carbón para uso doméstico-briquetas de carbón: En 1980 la Pontificia Universidad Católica del Perú, PROCARBÓN (empresa estatal promotora de carbón) y la Agencia Interamericana de Desarrollo de los Estados Unidos (USAID) inician el Proyecto Carbón.

Este proyecto de utilización de la antracita tuvo como objetivo ampliar el mercado para el cisco, para lo cual se buscó introducir en el Perú las briquetas tipo coreano, hechas con finos de antracita aglomerados con arcillas bajo presión, de forma cilíndrica con agujeros para facilitar la combustión.

Actualmente se usa carbón pulverizado en la industria ladrillera.

Capítulo VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

Geología de los carbones peruanos

Geología y paleogeografía de las series con carbón

* En las cuencas paleozoicas la serie sedimentaria que contiene carbón es el Grupo Ambo (Mississipiano) de origen continental, en el cual se ha reconocido una serie de unos 100 m de potencia, conteniendo 8 horizontes con carbón de 0,10 a 1,3 m de grosor (zona de Paracas).

* Los carbones mesozoicos se generaron en subcuencas dentro de la cuenca Oeste Peruana durante el Jurásico superior y Cretáceo inferior. El desarrollo de las cuencas tuvo lugar de sur a norte, como la cuenca de Yura (Calloviano) estando las más jóvenes al norte en el Grupo Goyllarisquizga (Neocomiano).

El Grupo Goyllarisquizga contiene las series portadoras. Las facies occidentales conformadas por las formaciones Oyón y Chimú contienen 3 series. La primera de 250 m con areniscas blancas intercaladas con lutitas, contiene 9 niveles carbonosos de 0,3 a 3,0 m, localizados en la parte media a superior de la Formación Oyón (Berriasiano) y se distribuye en las cuencas Oyón y Santa. La segunda serie de 500 m de cuarcitas, limolitas y pizarras contiene 5 niveles importantes con carbón de 0,8 a 4,0 m situados en la parte inferior de la Formación Chimú (Valanginiano inferior) se le encuentra en las cuencas del Santa y Alto Chicama. La tercera serie de 400 m de cuarcitas y pizarras contiene 10 niveles carbonosos de 0,2 a 4,0 m en la parte media-superior de la Formación Chimú, habiendo sido identificada en la cuenca del Alto Chicama.

En general, las cuencas con carbón que corresponden a las facies occidentales del Grupo Goyllarisquizga (Oyón, Santa y Alto Chicama) pertenecen a una sola gran cuenca que prograda desde el centro hacia el norte del Perú.

En las facies orientales del Grupo Goyllarisquizga se reconocen 2 series con capas de carbón. Una serie constituida por areniscas blancas intercaladas con lutitas contenien-

do 4 horizontes de carbón de 1 a 3 m, localizados en la parte inferior de dicho grupo (cuenca de Goyllarisquizga). La segunda serie de 20 m con areniscas, limolitas y lutitas contiene 6 capas de 0,2 a 1,7 m 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 de dicho geoanticlinal y en menor grado del Escudo Brasileño y de la Guyana. Las facies occidentales presentan mayor subsidencia con respecto a las facies orientales.

* Las cuencas cenozoicas se habrían generado en cuencas tipo traspaís (cuencas Tumbes y Piura) y antepaís (cuenca Loreto) con carácter parálicas mientras que otras, habrían sido formadas en cuencas intramontañosas límnicas (cuenca Yanacancha).

La cuenca de Yanacancha presenta un único horizonte carbonoso de 8 m de grosor donde se distribuyen capas de carbón inferiores a 0,5 m de grosor intercaladas con lodolitas, chert y tobas arcillosas.

En la cuenca Tumbes la serie tiene de 10-15 m de potencia constituida por areniscas y lutitas con 4 a 5 capas de lignitos de 0,1 a 1 m de grosor, dentro de 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. En todos los casos 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 constituidas por restos de árboles, tallos y material herbáceo.

Por su posición paleogeográfica, las cuencas paleozoicas corresponderían a cuencas de carácter límnicas. Las mesozoicas y cenozoicas serían parálicas, a excepción de algunas cuencas cenozoicas de carácter intramontañoso límnica. El medio de deposición correspondería a ambientes deltaicos con influencia de aguas salobres y dulces en condiciones climáticas húmedas.

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. Así tenemos 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 del Santa, Alto Chicama, y los sectores 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 así como 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 sobreponiéndose a una evolución inicial de los sedimentos por subsidencia normal. Este metamorfismo se originó por la influencia térmica al emplazarse 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 los procesos de subducción de la placa de Nasca debajo del continente Sudamericano.

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 estadío de semi-grafitización de los carbones más evolucionados (cuencas del Santa y Alto Chicama).

Los carbones de las cuencas cenozoicas evolucionaron debido a la subsidencia normal de las mismas.

Perspectivas de exploración, explotación y recursos de carbón

Las áreas favorables para la exploración corresponden fundamentalmente a zonas aledañas a los yacimientos reconocidos y explotados parcialmente en las cuencas de Oyón, Santa, Alto Chicama, Goyllarisquizga y Jatunhuasi.

Las zonas de interés corresponden básicamente a las cuencas mesozoicas (Oyón y Alto Chicama) debido a que han sido mejor exploradas, con mayores reservas y mejor calidad de carbón.

A nivel de país los recursos de carbón total se estiman en 1 054 Mt de los cuales el 78,3 % (825,1 Mt) corresponde a las cuencas mesozoicas, el 21,4 % (226 Mt) a las cenozoicas y el 0,3 % (2,95 Mt) a las paleozoicas. Sólo se estima 49,02 Mt de reservas probadas.

El 52,5 % (553,5 Mt) del total de los recursos, corresponden a carbones de rango antracítico/meta-antracítico, el 10,9 % (115,2 Mt) a carbones semi-antracíticos, el 8,9 % (93,5 Mt) a sub-bituminosos y el 19,1 % (201 Mt) a lignitos.

Debido a las características geológicas (perturbación tectónica intensa, magmatismo, grosores angostos de las capas, entre otras), hacen que la exploración y explotación de este recurso sea difícil y económicamente poco atractivo.

Minería del Carbón en el Perú

Históricamente en el Perú se han explotado los yacimientos de carbón de manera artesanal y a pequeña escala. La década del 50 fue la época de mayor auge para la minería de carbón, llegando a exportar carbón antracitíco a Francia y Argentina.

Los métodos de explotación que fueron aplicados en los yacimientos peruanos son: Shrinkage o almacenamiento (Cocabal), 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 (Cocabal), el método de cámaras y pilares en los mantos sub-horizontales (La Limeña, Baños Chimú). La perturbación tectónica genera problemas de minado y aumenta el costo de explotación al mismo tiempo que reduce el valor del producto.

El yacimiento de Goyllarisquizga de la Cerro de Pasco Corporation, fue la única mina explotada sistemáticamente. Su explotación satisfacía las necesidades de su entorno.

La minería del carbón en el Perú continúa siendo artesanal y de pequeña escala. La presencia de mineros artesanales implica considerables pérdidas de reservas ya que al no tener un planeamiento técnico perturban el depósito generando derrumbes y provocando inestabilidad para el futuro minado, los productores sólo pueden cumplir con la entrega de pequeños lotes y en forma intermitente, con calidad heterogénea; los usuarios prefieren un suministro asegurado con carbón limpio y homogéneo. Como respuesta a esto se observa un rubro importante de importación desplazando a nuestra producción del mercado. Al año 1998 el promedio del precio del carbón fue de $ 49/t.

La minería del carbón en estos últimos años no ha incrementado los montos de producción, sin embargo el consumo de este recurso ha tenido aumentos significativos.

En el mercado internacional se estima un incremento del 2% anual en el rubro energético, para lo cual se desarrollan técnicas limpias para la explotación.

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 siendo el precio de cotización del carbón variable.

Utilización del Carbón en el Perú

Actualmente en el Perú no se prepara la antracita adecuadamente para su empleo, lo que le resta valor. La calidad y precio de la antracita se reduce con el tamaño del grano y con el contenido de impurezas, las que contenidas en el carbón incrementan el costo del transporte (llamado falso flete) y durante la combustión consumen calor, por lo que en muchos procesos metalúrgicos deben ser escorificadas. Las cenizas producen una gran cantidad de desechos y de partículas arrastradas aportando al deterioro del medio ambiente.

Las antracitas peruanas pueden utilizarse también para diferentes procesos metalúrgicos e industriales como la ya mencionada reducción directa de mineral de hierro y generación de gas combustible de alta pureza. La antracita gruesa se utiliza para los hornos de cubilote, fraguas e industria metal-mecánica en general. El cisco se emplea en los hornos para la fabricación de ladrillos.

En las minas de antracita peruana, no existe el problema de los gases explosivos. Las substancias volátiles han sido expulsadas casi totalmente del carbón.

8.2 RECOMENDACIONES

Geología

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.

Existen posibilidades favorables para localizar el carbón bituminoso en las cuencas mesozoicas distribuidas en el sector oriental del centro y norte del Perú; se recomienda tener en cuenta dichas áreas toda vez que existe una demanda insatisfecha de carbones coquificables y carbón bituminoso de altos volátiles usados 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 para tener en cuenta, dado el mercado actual existente. La exploración y estimación de reservas de carbón debe seguir una metodología adecuada a las condiciones geológicas reales.

Minería

La dilución es inevitable en la explotación de las minas de carbón, debido a la fuerte tectónica que afectó a estos depósitos, se hace necesario considerar la instalación de plantas de lavado para obtener un mejor producto.

Teniendo en cuenta las características geológico estructurales de las ocurrencias carboníferas es recomendable efectuar estudios de factibilidad económica comercial; a fin de orientar su aprovechamiento a las aplicaciones industriales.

Las actividades mineras y de procesamiento del carbón producen cantidades considerables de residuos sólidos y líquidos a menudo peligrosos para el medio ambiente, por lo que debe considerarse la eliminación de estos subproductos en el procesamiento del carbón con un mínimo impacto medioambiental. Es conveniente tomar en cuenta las nuevas tecnologías (limpias) para el mejor aprovechamiento de los recursos carboníferos dentro de un marco de desarrollo sostenible.

Al abandonar una mina de carbón se debería llevar a cabo un mínimo trabajo de impacto medioambiental para evitar la perturbación de la superficie terrestre (derrumbes, metano, contaminación del agua).

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, A. (1984) - Sustitución del petróleo por carbón mineral como fuente energética en la fabricación del cemento. Tesis, E.A.P. Ing. Geológica, Univ. Nac. de San Marcos, Lima.

Agramonte, J. (1985) - Geología del sector sureste de la cuenca carbonífera del Alto Chicama. En: Simposium Nacional del Carbón, 1, Lima 1985, Univ. Nac. de Ingeniería, Fac. de Ing. Geológica Minera y Metalúrgica, Lima, p. 3/1-11.

Alleman, V. (1985) - Paleontología de los carbones Paleozoicos peruanos. En: Simposium Nacional del Carbón, 1, Lima, 1985, Univ. Nac. de Ingeniería, Lima, p. 5/1-12.

American Society for Testing and Materials (1954) – ASTM 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. Instituto Nac. de Invest. y Fom. Mineros, Lima, 29 p. (A.T. Ingemmet A0557).

Assureira, E. (1993) .- El carbón: alternativa energética. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima.

Baez, J. (1995) - Desulfuración del carbón por flotación. Tunja, Univ. Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Revista Ingeniería de Minas,7: 29-35.

Benavides, V. (1956) - Cretaceous system in Northern Perú. Bull. Am. Mus. Natural History, 108, p. 492-552.

Benavides, V. (1962) - Estratigrafía Pre-terciaria de la región de Arequipa. Bol. Soc. Geol. Perú, (38):5-37.

Bennett E. (1955) - Carbón de Murco. Región de Arequipa. Recon.(16-20 Agosto). Lima, p. 7.

Broggi, J. (1927) - La industria carbonera en el centro del Perú. En: Síntesis de la minería peruana en el Centenario de Ayacucho, Ministerio de Fomento, Lima, t. 2, pt. 2, p. 1-93.

Cabrera La Rosa, A (1956) - Elaboración de coque metalúrgico con carbones peruanos. Inst. Nac. Invest. Fom. Min. Serie Memorándum, (3): 5-69.

CADEM (1996) - Manual de eficiencia de energía eléctrica en la industria. Editorial "Ente Vasco de Energía", Bilbao.

Carrascal, R. & Suárez, I. (1998) - Características petrográficas de los carbones Mesozoicos del centro y norte del Perú. Anales del I Congreso Panamericano de Minería, Lima. 11 p.

Carrascal, R. (1997c) - Análisis de la evolución y distribución del rango de los carbones de la Cuenca de Oyón (Jurásico superior). Minas (UNI), 3(7): 59-62.

Carrascal, R.; Suárez, I. & Martínez, M. (1997b) - Mineral matter and trace elements distribution in Mesozoic Coals from Peru. Proc. 9th Coal Science, Essen, vol.1, p. 413-416.

Carrascal, R. (1997a) - Grado de evolución y distribución regional del rango de los carbones de las principales cuencas del Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 9, Lima, 1997, Resúmenes extendidos. Soc. Geológica del Perú, Lima, p. 15-20.

Carrascal, R.; Suárez, I. & Martínez, M. (1996b) - Analysis of the evolution and rank distribution of coals from Oyón basin (Upper Jurassic) of Peru. Geogaceta, 20(3): 651-653.

Carrascal, R. & Suárez, I. (1996a) - Distribution du rang des charbons des principaux bassins carbonifères du Pérou. 16eme Réunion des Sciences de la Terre, Dynamique et Ëconomie de la Terre, Orléans, p. 123.

Carrascal, R. & Suárez, I. (1996) - Caracterización de los carbones de la cuenca de Jatunhuasi. Viabilidad de su explotación y problemas medioambientales. Proyecto Conjunto de Investigación UNI-INCAR, Oviedo. (Inf. interno ined.)

Carrascal, 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. & Suárez, I. (1995c) - Rank distribution of coals from the Oyon Basin (Upper Jurassic) of Peru. News of the International Committee for Coal and Organic Petrology, Krefel, (12): 11-12.

Carrascal, R. & Suárez, I. (1995b) - Geología, petrología y geoquímica de los carbones de la cuenca intramontañosa de Yanacancha (Terciario) - Perú. En: Soc. Geol. Perú, Volumen Jubilar Alberto Benavides, Lima, p. 47-67.

Carrascal, R. & Suárez, I. (1995a) - Petrographic and geochemical study of the "principal" coals

seams, Yanacancha basin (Tertiary) of Perú. *Proc. 8th Coal Science*, Oviedo, vol. 1, p. 211-214.

Carrascal, R.; Martínez, M. & Suárez, I. (1994b) - Estudio por microscopía óptica y electrónica de los carbones de la cuenca de Alto Chicama (Cretácico inferior). En: Congreso Peruano de Geología, 8, Lima, 1994, Resúmenes extendidos, Soc. Geológica del Perú, Lima, p. 58-61.

Carrascal, R.; Martínez, M. & Suárez, I. (1994a) - Caracterización química y análisis de la materia mineral de los carbones de la cuenca de Alto Chicama-Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 8, Lima, 1994, Resúmenes extendidos, Soc. Geológica del Perú, Lima, p. 55-57.

Carrascal, R., et al (1993a) - Étude préliminaire des anthracites et meta-anthracites des secteurs nord-ouest et sud-est du bassin péruvien du Alto Chicama (Crétacé Inférieur). 9e Colloque International des Pétrographes Organiciens Francophones. Bull. Centres. Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine, 18, Publ. Spéc., p. 63-66.

Cobbing, E.J., et al (1981) - Estudio geológico de la Cordillera Occidental del norte de Perú. INGEMMET, Boletín, Serie D: Est. Esp., 10, 252 p.

COFIDE & ITINTEC (1984) - El carbón mineral. Determinaciones analíticas de sus propiedades físico-químicas. Análisis en mezcla de carbón para el uso en ladrilleras artesanales. Proyecto carbón. División de Energía. DID, Lima.

Comisión Carta Geológica Nacional (1964) - Información geológica y minera del departamento de Moquegua. Lima, 7 p. (A.T. Ingemmet A0611).

Comisión Carta Geológica Nacional (1964) - Información geológica y minera del departamento de Amazonas. Lima, 4 p. (A.T. Ingemmet A0598).

Comisión Carta Geológica Nacional (1964) - Información geológica y minera del departamento de Cajamarca. Lima, 10 p. (A.T. Ingemmet A0602).

Comisión Carta Geológica Nacional (1964) - Información geológica y minera del departamento de La Libertad. Lima, 9 p. (A.T. Ingemmet A0607).

Comisión Carta Geológica Nacional (1964) - Información geológica y minera del departamento de Lambayeque. Lima, 3 p. (A.T. Ingemmet A0606).

Comisión Carta Geológica Nacional (1964) - Información geológica y minera del departamento de Lima. Lima, 10 p. (A.T. Ingemmet A0608).

Comisión Carta Geológica Nacional (1964) - Información geológica y minera del departamento de Arequipa. Lima, 10 p. (A.T. Ingemmet A0601).

Comisión Carta Geológica Nacional (1964) - Información geológica y minera del departamento de Apurímac. Lima, 11 p. (A.T. Ingemmet A0600).

Consejo Mundial de Energía (1995) - Medición de recursos energéticos. Edición 17 Tn. World Energy Council, Londres.

Consejo Mundial de Energía & ILASA (1995) - Perspectivas globales de energía para el 2050 en adelante. World Energy Council, Londres.

Cossío, A. (1964) - Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. Com. Carta Geol. Nac., Boletín, 8, 69 p.

Cossío, A. & Jaén, H. (1967) - Geología de los cuadrángulos de Puémape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa. Serv. Geol. Min., Boletín 17, 141 p.

Curran, D. (1941) - Informe sobre la cuenca carbonífera de Alto Chicama y otros yacimientos de carbón en el Perú y recomendaciones para el establecimiento de una industria carbonera. Min. de Fomento y O. Públicas, Lima. (A.T. Ingemmet A0560).

Diario Gestión (1998) - BID entrega 330 millones a Termoeléctrica – Perú. Gestión, Lima, 05 marzo.

Díaz, O. (1947) - Informe sobre la inspección realizada en los trabajos efectuados por el Banco Minero en las minas de carbón de Oyón. Banco Minero, Lima. (A.T. Ingemmet A0583).

Dunin Borkowski, E. (1981) - Los carbones en el Perú, posibilidades de su explotación. Bol. Soc. Geol. Perú, (68): 32-52.

Dunin Borkowski, E. (1983) - Ensayo preliminar sobre el carbón del Grupo Goyllarisquizga (Facies meridionales y orientales). Bol. Soc. Geol. Perú, (70): 13-24.

Dunin Borkowski, E. (1984) - Ensayo preliminar sobre el carbón del Grupo Goyllarisquizga (Facies occidentales). Bol. Soc. Geol. Perú, (73): 15-55.

Dunin Borkowski, E. (1985) - Los carbones Mesozoicos del Perú. Bol. Soc. Geol. Perú, (75): 65-71.

Dunin Borkowski, E. (1990) - Prospectos carboníferos de la sucesión Aristides Castro Gamboa y la mina de carbón Callacuyán de Minero Perú. 13 p. Lima. (Informe interno Sucesión Arístides Castro G.)

Dunin Borkowski, E. (1990) - El derecho minero especial Oyón de Siderperú S.A. Lima, 38 p. (Informe interno Siderperú).

Dunin Borkowski, E. (1990) - El abastecimiento de antracitas para Siderperú S.A. Lima, 36 p. (Informe interno Siderperú).

Dunin Borkowski, E. (1992) - Los últimos estudios de Ingemmet en la cuenca carbonífera del Santa y sus resultados. Lima, 7 p. (Arch. pers.)

Dunin Borkowski, E. (1992) - Aprovechamiento actual del carbón peruano. Lima, 12 p. (Arch. Pers.)

Dunin Borkowski, E. (1992) - Aprovechamiento de la antracita peruana. Primera parte: Aspectos geológicos, legales y del mercado. Peruvian Coal Report, Draft 4, 10 p.

Dunin Borkowski, E. (1992) - Aprovechamiento de la antracita peruana. Segunda parte: Aspectos mineros y de transporte. Peruvian Coal Report, Draft 5, 8 p.

Dunin Borkowski, E. (1996) - Minerales industriales del Perú: oportunidades de negocios. INGEMMET, Lima, 184 p.

E&MJ (1996) - Annual Commodities Review. E&MJ, 197(3), 61 p.

E&MJ (1998) - Annual Commodities Review. E&MJ, 199(3), 47 p.

E&MJ (1999) - Annual Commodities Review. E&MJ, 200(3), 55 p.

ECOCARBON (1994) - Manual del carbón. Bogotá, 172 p.

ELECTROPERU & INGEMMET (1992) - Estudio geológico y evaluación de reservas de carbón en la Cuenca del río Santa. Central carboeléctrica río Santa. Lima, 88 p. (A.T. Ingemmet A4009).

Escudero, J. (1976) - Lignito de Tumbes. En: Convención de Ingenieros de Minas del Perú, 13. Arequipa, 1976. Instituto de Ingenieros de Minas, Lima, 22 p.

Escudero, J. (1976) - Reservas carboníferas peruanas. En: Congreso ILAFA, México. Usos del carbón en siderurgia, abastecimientos y tecnologías. ILAFA, Santiago de Chile, p. 91-96.

Escudero, J. (1979) - El carbón del Alto Chicama. INGEMMET, Boletín, Serie B: Geol. Económica, 2, 79 p.

García, W. (1978) - Geología de los cuadrángulos de Puquina, Omate, Huaitire, Mazo Cruz y Pizacoma. Inst. Geol. Min., Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 29, 64 p.

Gastañaga, A. (1977) - Fuentes de carbón mineral en el Perú. Conversatorio. "Perspectivas de Reducción Directa en el Perú", p. 35-62

Greber, C. (1977) - Informe de la visita de peritaje realizada en los yacimientos de Pampahuay y Gazuna (Oyón). Cooperación Técnica B.R.G.M, Lima, 14 p. (A.T.Ingemmet A0584).

Guevara, C. (1969) - Geología del cuadrángulo de Characato (hoja 33t). Serv. Geol. Min., Boletín 23, 53 p.

Habich, E. (1904) - Yacimientos carboníferos del distrito de Checras. Bol. Cuerpo Ing. Minas Perú, 18, p. 9-32.

Henry, J.P. & Schmacher, W.J. (1996) – El carbón como recurso versátil: fuerza eléctrica, combustibles líquidos y gaseosos. En: Samamé, M., El Perú Minero. Fimart, Lima, t. VI: Tecnología, vol. 2, p. 1269-1286.

Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros (1963) - Recursos minerales en el departamento de Lambayeque. Lima, 4 p. (A.T. Ingemmet A0142).

International Committee for Coal Petrology (1963) - International handbook of coal petrology. 2a. ed. C.N.R.S, Paris.

International Committee for Coal Petrology (1971) - International handbook of coal petrology. 2a.ed.,1st. supplement, C.N.R.S, Paris.

International Committee for Coal Petrology (1975) - International handbook of coal petrology. 2a.ed., 2nd. supplement, C.N.R.S, París.

ITINTEC (1984) - El carbón mineral como sustituto de petróleo en hornos industriales. Informe Final. Convenio CV. N° 044-84. COFIDE-ITINTEC. DID, Lima.

Jojoa, J. (1995) - La explotación de bancos de carbón y el consumo específico de madera. Tunja. Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia. Revista Ingeniería de Minas, 7: 71-78.

Knapp, R.H. (1942) – Proyecto de informe sobre los yacimientos carboníferos de Oyón y Checras, provincia de Cajatambo, departamento de Lima, 27 p. (A.T. Ingemmet A0546).

Kopex & Minero Perú (1973) - Estudio geológico de los derechos especiales de Minero Perú en la hoya carbonífera de Oyón. Katowice y Lima, 300 p. (Informe inédito).

Kopex & Minero Perú (1975) - Estudio geológico de los yacimientos de carbones minerales. Zona Coina-Callacuyán. Cuenca de Alto Chicama. Katowice y Lima, 240 p. (Informe indédito).

Ladera, A. & Rospigliosi, C. (1988) - Informe sobre la explotación del depósito de lignito de Zorritos. INGEMMET, Lima, 8 p. (A.T. Ingemmet A3757).

López, M. & Morán, G. (1959) - Propiedades físicas y químicas del carbón peruano. En: Convención de Ingenieros de Minas del Perú, 5, Lima, 1959. Anales, Instituto de Ingenieros de Minas, Lima, p. 1-24.

Málaga Santolalla, F. (1921) - El carbón en el Perú. En: Congreso. Nacional de la Industria Minera, 1, Lima, 1917-18. Anales, Imp. Torrres Aguirre, Lima, t. 4, p. 57-332.

Manrique, A. (1988) - Geología económica de las cuencas de Alto Chicama, Santa, Oyón y Jatunhuasi. Procarbón – Cofide – Naciones Unidas, Lima. (Informe inédito, Arch. Mineroperú).

Marocco, R. (1975) - Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas. Inst. Geol. Min., Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 27, 51 p.

Marocco, R. & Del Pino, M. (1966) - Geología del cuadrángulo de Ichuña. Com. Carta Geol. Nac., Boletín, 14, 57 p.

Márquez, E. (1992) - Geología y potencial carbonífero de la parte central de la sub-cuenca Chavín (cuenca del Santa). Tesis Ing., E.A.P. de Ing. Geológica, Univ. Nac. de San Marcos, Lima, 95 p.

McLaughlin, D.H. (1921) - Yacimiento de carbón de Oyón. Cerro de Pasco Corporation, Lima, 34 p. (A.T. Ingemmet A0585).

Medina, H. (1991) - Cuencas carboníferas en el Perú y mapa geológico catastral por tipos de carbón. En: Congreso Peruano de Geología, 7, Lima, 1991, Resúmenes extendidos, Soc. Geológica del Perú, Lima, t. 2, p. 643-647.

Megard, F. (1968) - Geología del cuadrángulo de Huancayo. Serv. Geol. Min., Boletín 18, 123 p.

Ministerio de Energía y Minas (1998) - Balance Nacional de Energía. M.E.M., Oficina Técnica de Energía, Lima, 96 p.

Ministerio de Energía y Minas (1998) - Anuario estadístico de Electricidad. M.E.M., Dirección General de Electricidad, Lima, 147 p.

Molina Ibáñez & Chicharro Fernández (1990) - Fuentes de energía y materias primas. Madrid.

Mucho, R. (1992) - Combustión de carbón mineral en el Perú; curso práctico. Cementos Norte Pacasmayo, Lima, 60 p. (Informe interno).

Newell, N.D.; Chronic, J. & Roberts, T.G. (1953) - Upper Paleozoic of Peru. Geological Society of America, New York, Memoir 58, 276 p.

Ojeda, M. & Mendoza, A. (1985) - Distribución de elementos traza en carbones peruanos.

Simposium Nacional del Carbón, 1, Lima, 1985. Univ. Nac. de Ingeniería, Lima, 28/1-26 p.

Page, J.S. (1960) - Geología del carbón. En: Convención de Ingenieros de Minas del Perú, 6, Lima, 1960. Anales, Instituto de Ingenieros de Minas, Lima, p. 8-21.

Palacios, O. (1994) - Geología de los cuadrángulos de Paita, Piura, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada. Seca, Zorritos, Tumbes, Zarumilla. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 54, 190 p.

Paz, M. & Rodríguez, W. (1986) - Recursos minerales del departamento de Puno. De Re Metállica, (13):4-11.

Pearson, D.E. (1981) - Report to the United Nations Revolving Fund For Natural Resources Exploration on a Coal Mission to Peru. Victoria, Canada, 12 p. (Informe interno).

Pecho, G. (1981) - Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomás (hojas 29-p, 29-q y 29-r). INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 35, 94 p.

Petersen, R. (1978) - Coal resources of Peru. En: Kottlowski, F.E.; Cross, A.T. & Meyerhoff, A.A., eds., Coal resources of the Americas. Geol. Soc. Am., Spec. Paper 179, p. 35-42.

Pflucker, L. (1950) - El carbón. Minería Peruana, vol. 9, nos. 75 al 82. (Un extracto en A.T. Ingemmet. A0568).

Pitcher, W.S. (1975) - On the rate of emplacement of batholiths. Jl. Geol. Soc. London, 131(6): 587-591.

Rassmuss, J. (1947) - La perforación por carbón en Paracas. Cuerpo de Ingenieros de Minas, Lima, 4 p. (A.T. Ingemmet A0562).

Roccatagliata, R.J. (1986) - Tecnología del uso de la antracita peruana. COFIDE, UNESCO, PROCARBON, Lima, 69 p.

Society of Mining, Metallurgy and Exploration (1999) – Annual report. Mining Engineering, 51(5):35-110.

Soto, F. (1979) - Facies y ambientes deposicionales cretácicos. área centro sur de la cuenca Marañon. Bol. Soc. Geol. Perú, (60):233-250.

Stach, E., et al (1982) – Stach's textbook of coal petrology. Gebruder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 356 p.

Steinmann, G. (1929) - Geologie del Perú. Carl Winters Universitats-buchhandlung, Heidelberg, 448 p.

Steppenbeck, R. (1939) - Geologie des chimatales in nordperu und seiner anthracitlagerstätten. Geol. Paleont. Abhand. N. F., 16 (20).

Teichmuller, M. & Teichmuller, R. (1982) - Fundamentals of coal petrology. En: Stach, E., et al, Stach´s Textbook of coal petrology. Gebruder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, p. 5-86.

Tejada, R. (1987) - Informe correspondiente a la visita realizada al prospecto carbonífero Parquín con representantes de Corde Lima. INGEMMET, Lima, 4 p. (A.T. Ingemmet A3621).

Tisón, M. (1960) - Visita a la cuenca de Oyón-Pampahuay. INGEMMET, Lima, 7 p. (A.T. Ingemmet A0553).

Tissot, B.P. & Welte, D.H. (1984) - Petroleum formation and occurrence. 2ª. ed., Springer-Verlag, Heidelberg, 669 p.

Torres, D. (1943) - Memorandum preliminar sobre el establecimiento de centros permanentes de trabajo en el río Napo y afluentes en la frontera con el Ecuador. Cuerpo de Ingenieros de Minas, Lima, 7 p. (A.T. Ingemmet A0650).

Torres, D. (1943) - Carbón del distrito de Carumas en el departamento de Moquegua. Cuerpo de Ingenieros de Minas, Lima, 51 p. (A.T. Ingemmet. A0579).

Torres, D. (1950) - Notas sobre la cuenca carbonera de Oyón y su relación con las otras cuencas del país. Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Lima, 23 p. (A.T. Ingemmet. A0582).

Tribuna Alemana (1996): Las centrales carboeléctricas. En: Samamé, M., El Perú Minero. Fimart, Lima, t. VI: Tecnología, vol. 2, p. 1293-1294.

UNESA (1996) - El sector eléctrico español y el medio ambiente. Folleto informativo.

Universidad de Navarra (1997) - Curso: Población, ecología y ambiente. (http://www.ceit.es/asignaturas/ecologia/ecologia.htm)

Valdivia, H. (1966) - Sección medida en el Pongo de Tiraco. Petroperú, Area de Investigación y Desarrollo, Lima. (Informe interno).

Vicente, J.C., et al (1982) - La cuenca de Arequipa (Sur Perú) durante el Jurásico-Cretácico. En: Congreso Latinoamericano de Geología, 5, Buenos Aires, 1982, Actas, Servicio Geológico Nacional, Buenos Aires, t. 1, p. 121-153.

Weibenbach, N. (1986) - Factibilidad del proyecto de antracita - Mina Ambara y Huayday-Lucma, Perú. Grundstofftechnik, Essen, Germany.

Wilson, J. & García, W. (1962) - Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca. Com. Carta Geol. Nac., Boletín, 4, 81 p.

Wilson, J. (1959) - Informe geológico del área de Huayday-Lucma, departamento de La Libertad. Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Lima, 35 p. (A.T. Ingemmet A0564).

Wilson, J. (1963) - Cretaceous Stratigraphy of Central Andes of Peru. Bull. Am. Asoc. Petrol. Geol., 47(1): 1-34.

Wilson, J. & Reyes, L. (1964) - Geología del cuadrángulo de Pataz (hoja 16-h). Com. Carta Geol. Nac., Boletín, 9, 91 p.

Wilson, J.; Reyes, L. & Garayar, J. (1967) - Geología de los cuadrángulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Serv. Geol. Min., Boletín 16, 95 p.

Wilson, J. & Baldock, J. (1969) - Informe del viaje a Piñipata, Rambran y Sorochuco, departamento de Cajamarca. Servicio de Geología y Minería, Lima, 10 p. (A.T. Ingemmet A0672).

CUENCAS PALEOZOICAS

CUENCA PARACAS

N°		SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACIÓN	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
1		**Costero**	Paracas	Península de Paracas, a 30 Km de la desembocadura del río Grande	Ambo	Mississipiano	Bituminoso	Rassmuss (1926)
2			Lagunillas	Península de Paracas, a 30 Km de la desembocadura del río Grande	Ambo	Mississipiano	Bituminoso	Rassmuss (1926)
3			Vichaycoto	A 15 km al sur de Huánuco, límite entre Huánuco y Cerro de Pasco	Ambo	Mississipiano	Antracita	Steinmann (1911)
4			Molino del Carmen	A 15 km al sur de Huánuco, límite entre Huánuco y Cerro de Pasco	Ambo	Mississipiano	Antracita	Lisson (1925)
5			Cochacalla	Límite departamental entre Huánuco y Cerro de Pasco	Ambo	Mississipiano	Antracita	Broggi (1927)
6			Era Nueva	Límite departamental entre Huánuco y Cerro de Pasco	Ambo	Mississipiano	Antracita	Broggi (1928)
7	**Coal**	**rdillera Oriental**	Pamparcón	Límite departamental entre Huánuco y Cerro de Pasco	Ambo	Mississipiano	Antracita	Broggi (1929)
8			Cutama	Límite departamental entre Huánuco y Cerro de Pasco	Ambo	Mississipiano	Antracita	Broggi (1930)
9			Cumbe	Límite departamental entre Huánuco y Cerro de Pasco	Ambo	Mississipiano	Antracita	Broggi (1931)
10			Tambo	Límite departamental entre Huánuco y Cerro de Pasco	Ambo	Mississipiano	Antracita	Broggi (1932)
11			Huaracalla	Límite departamental entre Huánuco y Cerro de Pasco	Ambo	Mississipiano	Antracita	Broggi (1932)
12			Carhuamayo	Al sureste de Cerro de Pasco	Ambo	Mississipiano	Antracita	Broggi (1932)
13			Coñaviri	Provincia de Lampa - Puno	Ambo	Mississipiano	Bituminoso/antracita	Paz M. et al. (1986)
14			Vilque	Provincia de Lampa - Puno	Ambo	Mississipiano	Bituminoso/antracita	Paz M. et al. (1986)
15			Mañaso	Provincia de Puno	Ambo	Mississipiano	Bituminoso/antracita	Paz M. et al. (1986)
16			Capachique	Provincia de Puno, cercano a las riberas del lago Titicaca	Ambo	Mississipiano	Bituminoso/antracita	Paz M. et al. (1986)
17		**Altiplano**	Juli	Provincia de Chucuito-Puno, cercano a las riberas del lago Titicaca.	Ambo	Mississipiano	Bituminoso/antracita	Paz M. et al. (1986)
18			Chucuito	Provincia de Chucuito-Puno, cercano a las riberas del lago Titicaca	Ambo	Mississipiano	Bituminoso/antracita	Paz M. et al. (1986)
19			Chupica	Departamento de Puno	Ambo	Mississipiano	Lignito	Steinmann (1930)
20			Colcani	Departamento de Puno	Ambo	Mississipiano	Lignito	Steinmann (1931)
21			Santa Rosa	Departamento de Puno	Ambo	Mississipiano	Lignito	Paz M. et al. (1986)
22		**Selva**	Río Carbón	Margen derecha del río Carbón - Madre de Dios	Ambo	Mississipiano	Lignito	Torres Vargas (1943)

CUENCAS MESOZOICAS
CUENCA YURA

N°		SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACIÓN	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
23			Corire	Parte alta del río Ocoña, entre los departamentos de Arequipa y Ayacucho	Yura	Calloviano	Sub bituminoso	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú
24			Toro	Al noreste de Corire, margen izquierda del río Ocoña - Arequipa	Yura	Calloviano	Sub bituminoso	E. Dunin B. (1985)
25	(	Corire-Murco	Velinga	Al noreste de Corire, margen izquierda del río Ocoña - Arequipa	Yura	Calloviano	Sub bituminoso	E. Dunin B. (1985)
26			Cotahuasi	Cotahuasi - Arequipa	Yura	Calloviano	Sub bituminoso	E. Dunin B. (1985)
27			Murco	Parte alta , margen izquierda del río Sihuas - Arequipa	Yura	Calloviano	Antracitas	Vargas (1979)
28			Sumbay	Sumbay, Km 103 del FF.CC Arequipa-Puno, Arequipa.	Yura	Calloviano	Bituminoso/antracita	Ingemmet. A.T: A0601 (1964)
29			Tasa	Ichuña - Moquegua	Yura	Calloviano	Sub bituminoso	Marocco, et al. (1966)
30			Pubaya	Ichuña - Moquegua	Yura	Calloviano	Sub bituminoso	Marocco, et al. (1966)
31			Isquirpa	Al norte de Carumas - Moquegua (afloran a lo largo del río Tambo)	Yura	Calloviano	Sub bituminoso	E. Dunin B. (1985)
32			Tambiaque	Al norte de Carumas - Moquegua (margen izquierda del río Tambo)	Yura	Calloviano	Sub bituminoso	E. Dunin B. (1985)
33			Corcarán	Al norte de Carumas - Moquegua (margen izquierda del río Tambo)	Yura	Calloviano	Sub bituminoso	E. Dunin B. (1985)
34			Antajahua	Al norte de Carumas - Moquegua (afloran a lo largo del río Tambo)	Yura	Calloviano	Sub bituminoso	Marocco, et al. (1966)
35			Pampilla	Al norte de Carumas - Moquegua (afloran a lo largo del río Tambo)	Yura	Calloviano	Sub bituminoso	Marocco, et al. (1966)
36	C:	arumas-Vilque	Qda. Seche	Al sur de Chapi - Arequipa	Yura	Calloviano	Antracita	E. Dunin B. (1985)
37			Yalanque	Al sureste de Chapi - Moquegua (margen derecha del río Tambo)	Yura	Calloviano	Antracita	E. Dunin B. (1985)
38			Omate	Al noroeste de Carumas	Yura	Calloviano	Antracita	Loza (1984)
39			Misquini	Al noreste de Chapi - Moquegua (margen derecha del río Tambo)	Yura	Calloviano	Antracita	E. Dunin B. (1985)
40			Estamparque	Al noroeste de Carumas	Yura	Calloviano	Antracita	E. Dunin B. (1985)
41			Carumas	Carumas, quebrada de Omoye y Saclaque. Moquegua.	Yura	Calloviano	Bituminoso/antracita	Torres Vargas (1948)
42			Santa Lucía	Al suroeste de Cabanillas - Puno	Yura	Calloviano	Sub bituminoso	E. Dunin B. (1985)
43			Vilque	Dist. Vilque, Prov. Puno. Puno.	Yura	Calloviano	Sub bituminoso	E. Dunin B. (1985)
44			Paruro	Dist. de Paruro, Prov. de Cusco. Cusco.	Yura	Calloviano	Antracita	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú
45		Paruro	Livitaca	Dist. Livitaca, Pov. de Chumbivilcas. Cusco.	Yura	Calloviano	Antracita	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú
46		Chichaja	Chichaja	Noreste de Tacna	Yura	Calloviano	Antracita	E. Dunin B. (1985)

CUENCA OYÓN

N°		SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACIÓN	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
47			Saquicocha	Al sureste de Oyón	Chimú	Berriasiano	Bituminoso	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú
48			Patón	Al sureste de Oyón	Oyón	Berriasiano	Bituminoso	Carrascal 1996. Tesis Doctoral
49			Chilinca	Extremo noroeste del sector de Pampahuay	Oyón	Berriasiano	Bituminoso	Carrascal 1996. Tesis Doctoral
50		**Pampahuay**	Pampahuay	Entre el río Patón y la Qda. Ruco	Oyón	Berriasiano	Bituminoso	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú
51			Mishuya	Continuación hacia el sureste de la zona de Pampahuay	Oyón	Berriasiano	Bituminoso	Carrascal 1996. Tesis Doctoral
52			Siglo nuevo	Entre las zonas de Mishuya y Sitacocha	Oyón	Berriasiano	Bituminoso	Carrascal 1996. Tesis Doctoral
53			Sitacocha	Continuación hacia el sureste de Siglo Nuevo	Oyón	Berriasiano	Bituminoso	Carrascal 1996. Tesis Doctoral
54			Yavi	Anticlinal de Yavi, al norte de Oyón	Oyón	Berriasiano	Antracita	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú
55		**Gazuna**	Gazuna (oeste)	Extremo noroeste de la cuenca de Oyón, Qda. Yavi.Oyón-Lima	Oyón	Berriasiano	Semi-antracita	Carrascal 1996. Tesis Doctoral
56			Gazuna (este)	Extremo noroeste de la cuenca de Oyón, Qda. Yavi.Oyón-Lima	Oyón	Berriasiano	Semi-antracita	Carrascal 1996. Tesis Doctoral
57		**Cochaquillo**	Cochaquillo	Oyón - Lima, prolongación al sureste de Pampahuay	Oyón	Berriasiano	Semi-antracita	Carrascal 1996. Tesis Doctoral
58			Cuta	Sector sureste de la cuenca de Oyón, a 3 Km del pueblo de Rapaz	Oyón	Berriasiano	Antracita	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú
59		**Cuta**	Quinahuasi	Al sureste de Cochaquillo	Oyón	Berriasiano	Antracita	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú
60			Chanca	Paraje de Chanca-Provincia de Cajatambo-Lima	Oyón	Berriasiano	Semi-antracita	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú
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	Berriasiano	Antracita/Meta-antracita	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú Carrascal 1996. Tesis Doctoral
62	Ch	**ıecras-Parquín**	Checras	Dist. Sta. Leonor, Prov. de Chancay. Lima	Chimú	Berriasiano	Antracita	Curso: Combustión de Carbón Industrial en el Perú
63			Parquin	Poblado de Parquín - Lima	Chimú	Berriasiano	Antracita	Carrascal 1996. Tesis Doctoral

CUENCA SANTA

Nº	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACIÓN	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
64		Shecle-Carceles	Al noroeste de Cabana, Prov. de Ancash.	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
65		Cambal	Al noroeste de Cabana, Prov. de Ancash.	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
66		Huachumin	Al noroeste de La Galgada, Prov. de Ancash.	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
67		Mano Poderosa	Río Tablachaca, 0.5 Km al noreste de la mina Galgada	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
68		Cerro Tillacay	Dist. de Tauca, Prov. de Pallasca. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
69		San Jeronimo	Dist. de Tauca, Prov. de Pallasca. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
70		Río Negro	Dist. de Tauca, Prov. de Pallasca. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
71	**Galgada-Cocabal**	La Galgada	Río Tablachaca extremo noroeste de la cuenca de Santa	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
72		Eclipse	Dist. de Tauca, Prov. de Pallasca. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
73		Vizcaya	Al noroeste de la cuenca del Santa	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
74		Esther	Dist. de Tauca, Prov. de Pallasca. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
75		Centenario	Al noroeste de la cuenca del Santa	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
76		Porvenir	Al noroeste de la cuenca del Santa	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
77		Siempre Viva	Al noroeste de la cuenca del Santa	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
78		Cocabal	Dist. de Tauca, Prov. de Pallasca. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
79		Carbón WGC	Al noroeste de la cuenca del Santa	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
80		Nueva Esperanza	Al sureste de Corongo, Prov. de Corongo, Ancash.	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
81		La Limeña	Al sureste de Corongo, Prov. de Corongo, Ancash.	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
82		Betsy	Entre los pueblos de Chuquicara y Huallanca, río Santa	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
83		María vs	Dist. de Macate, Prov. de Santa. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
84		San Carlos	Dist. de Macate, Prov. de Santa. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
85		Roxana	Entre los pueblos de Chuquicara y Huallanca, río Santa	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
86		El Chorro	Dist. de Macate, Prov. de Santa. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
87	**N. Esperanza-Alianza**	Orión	Dist. de Macate, Prov. de Santa. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
88		Ferrol	Dist. de Macate, Prov. de Santa. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	R. Mucho (1992)
89		Santa Julia	Dist. de Macate, Prov. de Santa. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
90		Los Ases	Dist. de Huallanca, Prov. de Huaylas. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
91		Eymar	Dist. de Huallanca, Prov. de Huaylas. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
92		Virgen de la Puerta	Dist. de Huallanca, Prov. de Huaylas. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	Ingemmet (1992)
93		Pia Rumi	Al suroesta de Huallanca, Prov. de Huaylas. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
94		Alianza	Al suroesta de Huallanca, Prov. de Huaylas. Ancash	Chimú/Oyón	Valang/Berria	Antracita/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
95		Huaripampa	Dist. de Caraz, Prov. de Caraz. Ancash	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
96		Colca	Dist. de Caraz, Prov. de Caraz. Ancash	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
97		Caraz	A 1 Km del pueblo de Caraz, Prov. de Caraz. Ancash	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet (1992)
98		Condor	A 1 Km hacia el oeste de Pueblo Libre, Caraz. Ancash	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet (1992)
99	**Caraz-Fray Martín**	Huaylas	Dist. de Huaylas, Prov. de Huaylas. Ancash	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet (1992)
100		Huaraz		Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet (1992)
101		Ingenio	A 3 Km al sur de Pueblo Libre, Prov. de Caraz. Ancash	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet (1992)
102		Ranrahirca	Dist. de Yungay, Prov. de Huaraz. Ancash	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
103		Fray Martín	Al suroeste de Yungay, Prov. de Yungay. Ancash	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet (1992)
104		Cerro Pariachuco	Al noroeste de Sihuas, Prov. de Sihuas, Ancash.	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
105		Flor de Adoneram	Al noroeste de Sihuas, Prov. de Sihuas, Ancash.	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
106	**Sihuas-Pasacancha**	Cerro Bururuche	Dist. de Sihuas, Prov. de Sihuas. Ancash	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
107		Pasacancha	Al suroeste de Sihuas, Prov. de Sihuas, Ancash.	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
108		Cahuacuna	Al sureste de Sihuas, Prov. de Sihuas, Ancash.	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
109		Tarica	Al suroeste de Sihuas, Prov. de Sihuas, Ancash.	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)

CUENCA ALTO CHICAMA

N°	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACIÓN	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
110		Salavin	Qda. Salavín entre los cerros Conga Alta y Salavín	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 41, "Salavin" NP-9185-1000 Ha.- E. Dunin B.
111		Virgen del Consuelo	Qda. Quina Quina, al pie del pueblo de Marmot.	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 42, "Virgen del Consuelo".- E. Dunin B.
112		Carbonera Trujillo	Qda. Quina Quina, al pie del pueblo de Marmot.	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 42, "Carbonera Trujillo".- E. Dunin B.
113		Compin	sureste de Lucma, Prov de Otuzco. La Libertad.	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
114		July	Quebradilla que desemboca a un tributario de la Qda. Mina.	Oyón/Tinajones	Berriasiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 36, "Alegría".- E. Dunin Borkowski.
115		Victor Manuel N° 6	Al Sur del río (seco) Quiripano, Prov. de Ascope. La Libertad.	Oyón/Tinajones	Berriasiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 35, "Victor Manuel N° 6".- E. Dunin B.
116		Alegría	Ladera norte del C° Collao, al sur del río (seco) Quiripano.	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
117		Victor Manuel N° 5	Quebrada tributaria del río Chala, a 4 Kms de la ex hacienda Chala.	Oyón/Tinajones	Berriasiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 34, "Victor Manuel N° 5 y July".- E. Dunin B.
118	**Bajo Chicama**	Matalache	Dist. Sinsicap, Prov. de Ascope. La Libertad	Oyón/Tinajones	Berriasiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 37, "Matalaché y Matalaché N°3".- E. Dunin B.
119		Matalache N°3	Dist. Sinsicap, Prov. de Ascope. La Libertad	Oyón/Tinajones	Berriasiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 37, "Matalaché y Matalaché N°3".- E. Dunin B.
120		Marmot	Cerca al pueblo de Marmot, Prov de Otuzco. La Libertad.	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
121		Laguna	Prov. de Otuzco, La Libertad.	Oyón/Tinajones	Berriasiano	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	Berriasiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 33, "Oro Negro".- E. Dunin Borkowski.
123		La Tapa	Dist. Sinsicap, Prov. de Ascope. La Libertad	Tinajones	Berriasiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 32, "La Tapa".- E. Dunin Borkowski.
124		Katty	Dist. Sinsicap, Prov. de Ascope. La Libertad	Tinajones	Berriasiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 31, Grupo de Prosp. Carbon. Katty.- E. Dunin B.
125		Katty III	Dist. Sinsicap, Prov. de Ascope. La Libertad	Tinajones	Berriasiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 31, Grupo de Prosp. Carbon. Katty.- E. Dunin B.
126		Katty II	Dist. Sinsicap, Prov. de Ascope. La Libertad	Tinajones	Berriasiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 31, Grupo de Prosp. Carbon. Katty.- E. Dunin B.
127		Cupisnique	Dist, de Trinidad, Prov. de Pacasmayo. La Libertad.	Oyón/Tinajones	Berriasiano	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0575 (1950), A0607 (1964).
128		Cunanten	Al sueeste de Ascope, Prov. de Contumazá. Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
129		Chapolan-Esmeralda	Qda. Huangamarca, tributaria de la Qda. Santa Ana.	Oyón/Tinajones	Berriasiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 38, "Esmeralda" - caduco.- E. Dunin Borkowski.
130		El Cepo	Qda. El Cepo - Alto Chicama	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0557. (1966).
131		César II	Al noroeste de Huayday, margen derecha del río Chuquillanqui	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
132		Baños Chimú	Al noroeste de Huayday, margen derecha del río Chuquillanqui	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
133	**Baños Chimú-Ambara**	San Juan Bautista	Al noroeste de Huayday, margen izuierda del río Chuquillanqui	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
134		El Imperio	A 1 Km del caserío Chimillanchi, pasando la Qda Pinchaday.	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	Ficha N° 43, "El Imperio".- E. Dunin B.
135		Mina Ambara	Alturas del pueblo de Lucma, al suroeste de Huayday.	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0568(1950), A0607 (1964), A0564
136		Huayday	Al noroeste de Huaranchal, Prov. de Otuzco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
137		Qda. Huaranchal	Margen derecho mina Shumin e izquierdo mina Entrenada	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0557. (1966).
138		Cerro Arenas	Cerro Arenas, poblado San Andrés-Lucma.	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
139		Peña del Gallo	Quebrada Salamaca-Lucma	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
140		Huaranchal	Región de La Colpa y Agua Caliente, al sureste de Huayday	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0557. (1966).
141		Cataullo	Al noreste de Usquil, Prov. de Otuzco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	Kopex - Minero (1975)
142		Coina	Al este de Usquil, Prov. de Otuzco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	Kopex - Minero (1975)
143		Los Andes	Al noreste de Huadalgual, Prov. de Otuzco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	Kopex - Minero (1975)
144		La Victoria	Al noreste de Huadalgual, Prov. de Otuzco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	Kopex - Minero (1975)
145		Julio César	Al noreste de Huadalgual, Prov. de Otuzco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	Kopex - Minero (1975)
146		Tres Amigos	Al noreste de Quiruvilca, Prov. de Otuzco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	Kopex - Minero (1975)
147	**Coina-Callacuyán**	Shulcahuanca	Al noreste de Quiruvilca, Prov. de Otuzco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	Kopex - Minero (1975)
148		Callacuyán	Al noreste de Quiruvilca, Prov. de Otuzco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	Kopex - Minero (1975)
149		Huanaco	noroeste de Callacuyan	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0557. (1966).
150		Capachique. Qda.	Dist. Capachique, Prov. de Otuzco. La Libertad.	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0607 (1964).
151		Chacomas. Zona 6	Al noreste de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
152		Chacomas. Zona 4	Al noreste de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
153		Chacomas. Zona 2	Al noreste de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
154		Chacomas. Zona 1	Al noreste de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	E. Dunin B. (1990)
155		Sílice	Al oeste de Señal Huaylillas, Prov. Sánchez Carrión. La Libertad.	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
156		Tres Ríos	Al noreste de Cachicadán, Prov.Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
157		San Pedro	Al noreste de Cachicadán, Prov.Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
158		Gaby-Angasmarca	Distrito y Prov. de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracitas/Meta-antracita	Ingemmet. A.T: A0607. (1964).
159		Shela	Al noreste de Cachicadán, Prov.Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
160	**Gaby - Shona**	La Poderosa	Al noreste de Cachicadán, Prov.Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
161		San Martín de Porras	Al noreste de Cachicadán, Prov.Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
162		Shona	Al noreste de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
163		Cachicadán	Al noreste de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
164		Huacollana	Al sureste de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
165		Gallarday	Al sureste de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)
166		Peña del Pajaro	Al noroeste de Santiago de Chuco. La Libertad	Chimú	Valanginiano	Antracita	E. Dunin B. (1990)

CUENCA GOYLLARISQUIZGA

N°	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACIÓN	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
167	Goyllarisquizga	Pillao	Cerca al pueblo de San Pedro de Pillao	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Broggi, 1927.
168		Yanahuanca	Cerca de a la localidad de Yanahuanca - Oyón	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Broggi, 1927.
169		Goyllarisquizga	Dist. Goyllarisquizga, Prov. Alcides Carrión. Pasco	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Broggi, 1927.
170		Quihuarcancha	Dist. Vilcabamba, Prov. Alcides Carrión. Pasco	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Broggi, 1927.
171		Marcapomacocha	Dist. Marcapomacocha, Prov. Yauli. Junín	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Broggi, 1927.
172		Pomacocha	Dist. Marcapomacocha, Prov. Yauli. Junín	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Broggi, 1927.

CUENCA JATUNHUASI

N°	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACIÓN	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
173	Jatunhuasi	Estancia	Sur de Chaucha, camino a Yauricocha	Goyllarisquizga	Necomiano	Antracita	Carrascal et al. (1995)
174		Calancho	A 22 Km hacia el oeste del pueblo de Chuyapampa	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Proy. carbonífero de Jatunhuasi - Centromín Perú (1978)
175		Riqueza	Se ubica a 20 Km al norte del poblado de Pilcocancha	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Proy. carbonífero de Jatunhuasi - Centromín Perú (1978)
176		Aida	A 20 Km al suroeste del pueblo de Chuyapampa	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Proy. carbonífero de Jatunhuasi - Centromín Perú (1978)
177		Celica	A 2 Km de Negro Bueno y 11 Km al noreste de Pilcocancha	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Proy. carbonífero de Jatunhuasi - Centromín Perú (1978)
178		Negro Bueno	Se ubica a 13 Km al este del poblado de Pilcocancha	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Proy. carbonífero de Jatunhuasi - Centromín Perú (1978)
179		Cosmos	Se ubica a 20 Km al este de la localidad de Pilcocancha	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Proy. carbonífero de Jatunhuasi - Centromín Perú (1978)
180		Insolina	Se encuentra al oeste del poblado de Tunapajcha	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Proy. carbonífero de Jatunhuasi - Centromín Perú (1978)
181		Huanchao	Se localiza a 2 Km de Insolina, al oeste de Tunapajcha	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Proy. carbonífero de Jatunhuasi - Centromín Perú (1978)
182		Esperanza	A 15 Km al suroeste del pueblo de Tunapajcha	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Proy. carbonífero de Jatunhuasi - Centromín Perú (1978)
183		Tucto	Ubicado a 12 Km al norte de Sto. Domingo de Cachi	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Proy. carbonífero de Jatunhuasi - Centromín Perú (1978)
184		Chaucha	Provs. Huancayo-Concepción-Jauja-Yauyos. Junín-Lima	Goyllarisquizga	Neocomiano	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	Neocomiano	Sub bituminoso	Proy. carbonífero de Jatunhuasi - Centromín Perú (1978)
186		Llacsa	Provs. Huancayo-Concepción-Jauja-Yauyos. Junín-Lima	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Curso: Combustión Industrial en el Perú
187		Cachi Norte	Provs. Huancayo-Concepción-Jauja-Yauyos. Junín-Lima	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Curso: Combustión Industrial en el Perú
188		Cachi Sur	Provs. Huancayo-Concepción-Jauja-Yauyos. Junín-Lima	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Proy. carbonífero de Jatunhuasi - Centromín Perú (1978) Curso: Combustión Industrial en el Perú
189		Jatunhuasi	Dist. S. J. Quero, Prov. De Concepción. Junín.	Goyllarisquizga	Neocomiano	Sub bituminoso	Proy. carbonífero de Jatunhuasi - Centromín Perú (1978) Curso: Combustión Industrial en el Perú

OTRAS CUENCAS MESOZOICAS

N°	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACIÓN	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
190	Cajamarca	Piñipata	Río Llaucano, 12 Km al este de Bambamarca.	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet. A.T: A0672
191		Tuco	Dist. Hualgayoc. Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet. A.T: A0602 (1964).
192		Punre	C° Punre, Perolillo, Campana, el Lago y Quinuacucho. Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
193		Sunchubamba	Sunchubamba. Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
194		Cochamarca	Cochamarca. Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
195		Chotén	Chotén. Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
196		Yumagual	Yumagual. Cajamarca	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
197		Shicuana	Shicuana. Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
198		Tayamac	Hacienda y quebrada de Tamayac a 40 Km de Arazcorgue -- Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
199		El Ferrol 3	Dist. Hualgayoc, Prov. de Hualgayoc. Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Antracita	Rómulo Mucho. 1992
200		San Marcos	Dist. de San Marcos, Prov. de Cajamarca. Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Sub bituminoso	Rómulo Mucho. 1992
201		La Gloria	Dist. de Cochabamba, Prov. de Chota. Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Antracita	Rómulo Mucho. 1992
202		Huasmin	Dist. de Huasmin, Prov. de Celendín. Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Sub bituminoso	Rómulo Mucho. 1992
203		Bazán	Dist. de San Benito, Prov. de Contumazá. Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet. A.T: A0557 (1966).
204		Guangamarca	Dist. de San Benito, Prov. de Contumazá. Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet. A.T: A0557 (1966).
205		Membrillar	Dist. de San Benito, Prov. de Contumazá. Cajamarca.	Chimú	Valanginiano	Antracita	Ingemmet. A.T: A0557 (1966).
206	Chiclayo	Ocurrencia 1	Prov. de Lambayeque, Dep. Lambayeque	San Pedro	Neocomiano	Antracitas	Ingemmet. AT: A0606 (1964).
207		Ocurrencia 2	Motupe. Dep. Lambayeque	San Pedro	Neocomiano	Antracitas	Ingemmet. AT: A0142
208		Motupe	Motupe. Dep. Lambayeque	San Pedro	Neocomiano	Antracitas	Curso: Combustión Industrial en el Perú
209	Grupo Oriente	Ocurrencia 1	Río Potro, Prov. Alto Amazonas	Cushabatay	Neocomiano	Antracitas - Bituminoso	Ingemmet. A.T: A1451 (1971).
210		Ocurrencia 2	Río Napo - Loreto	Cushabatay	Neocomiano	Lignito	Ingemmet. A.T: B0682 (1943).
211		Ocurrencia 3	Cercanías de Chachapoyas y Bagua - Amazonas	Cushabatay	Neocomiano	Lignito	Ingemmet. A.T: A0598 - A0096 (1964).
212		Ocurrencia 4	Loc. de Pipos cerca de Cheto, Prov. de Bongará - Amazonas.	Cushabatay	Neocomiano	Lignito	Ingemmet. A.T: A1451 (1971).

CUENCAS CENOZOICAS

CUENCA YANACANCHA

N°	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACIÓN	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
213	Yanacancha	Yanacancha	Hda. Yanacancha, camino a Bambamarca - Cajamarca	Porculla	Terc.inf-medio	Sub-bituminoso	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
214		Mina Vieja	Hda. Yanacancha, camino a Bambamarca - Cajamarca	Porculla	Terc.inf-medio	Sub-bituminoso	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
215		Mina Vieja Antigua	Hda. Yanacancha, camino a Bambamarca - Cajamarca	Porculla	Terc.inf-medio	Sub-bituminoso	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
216		Mina La Esperanza o Sinsimpampa	Hda. Yanacancha, camino a Bambamarca - Cajamarca	Porculla	Terc.inf-medio	Sub-bituminoso	Ingemmet. A.T: 572. (1966).
217		Mina Pedregal	Hda. Yanacancha, camino a Bambamarca - Cajamarca	Porculla	Terc.inf-medio	Sub-bituminoso	Ingemmet. A.T: 572. (1966).

CUENCA TUMBES

N°	SECTOR	YACIMIENTO / PROSPECTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO / FORMACIÓN	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
218	Tumbes	Acantilado de Mal Paso	Acantilados, panamericana Norte - Tumbes	Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
219		Caleta Grau	Acantilados, panamericana Norte - Tumbes	Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
220		Los Pinos	Acantilados, panamericana Norte - Tumbes	Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
221		Bocapan	Acantilados, panamericana Norte - Tumbes	Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
222		Punta Bonanza	Acantilados, panamericana Norte, km 1282 - Cerca de Zorritos	Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
223		Punta Gigantal	Acantilados, panamericana Norte - Tumbes	Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
224		Caleta de Acapulco	Acantilados, panamericana Norte - Tumbes	Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
225		Punta Pico	Acantilados, panamericana Norte - Tumbes	Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
226		Tumbes	Dist. Zorritos, Prov. Comandante Espinar. Tumbes.	Zorritos	Mioceno	Lignito	Cruzado (1985)
227		Ocurrencia 1	Quebrada Peroles y quebrada Mal Paso	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 / FORMACIÓN	EDAD	RANGO	REFERENCIAS
232	Putumayo	Flor de Agosto	En las cercanías al poblado Flor de Agosto - Dpto. de Loreto	Pebas	Mioceno - Plioceno	Lignito	Cruzado (1985)
233		Río Putumayo	En las cercanías al poblado Flor de Agosto, en el río Putumayo-Loreto	Pebas	Mioceno - Plioceno	Lignito	Cruzado (1985)
234	Alto Amazonas	Alto Amazonas	En las áreas del río Solimones, Yavari, Isa, Dpto. de Loreto - Límite con Brasil	Pebas	Mioceno - Plioceno	Lignito	Oliveira et al. (1919)

INGEMMET

Carátula: Afloramiento de carbón en un anticlinal en la Formación Chimú, paraje Aparipashga, Bolognesi, Ancash.

Av. CANADÁ 1470 – SAN BORJA
Apartado 889 - Lima 41 - Perú
TELFS.: 225-3128 • 224-2963 • 224-2964 • 224-2965
FAX: (51-1) 225-4540

http: www.ingemmet.gob.pe
e-mail: informacion@ingemmet.gob.pe
ventas@ingemmet.gob.pe