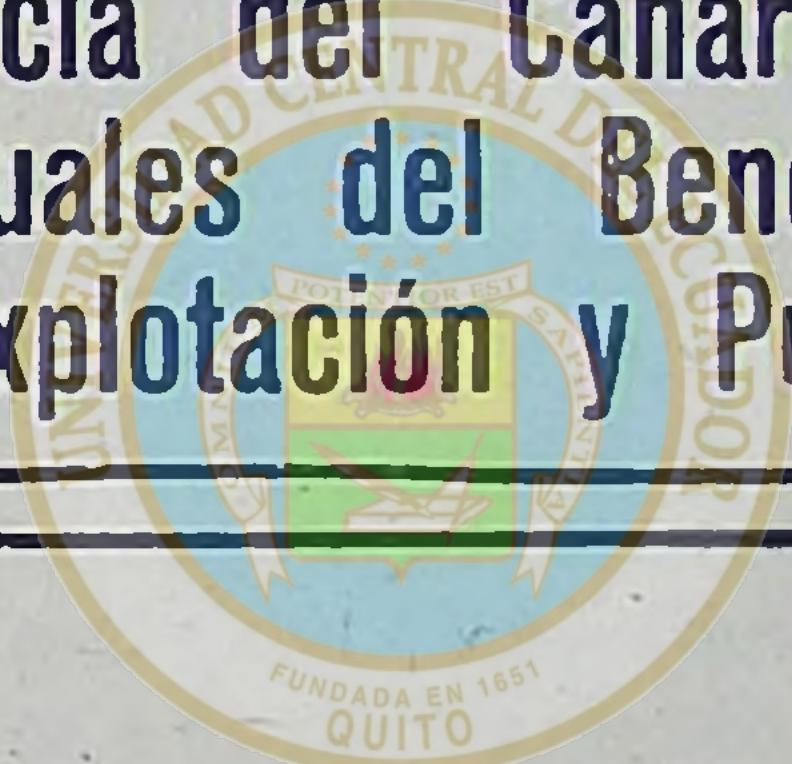


Ing. Carlos Fernando Mosquera C.
Geólogo de la Dirección General de Minería y Petróleos.

Los Yacimientos Carboníferos
de la Provincia del Cañar.---
Criterios Actuales del Benefi-
cio de su Explotación y Puri-
ficación



ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

En vista de que nuestros conocimientos geológico-ecológicos de la cuenca carbonífera de Biblián son todavía muy escasos, creo que cualquier contribución de esta índole será de interés para la ciencia y de utilidad para el país.— Las consideraciones del trascendental problema de mejorar la calidad de los carbones minerales de Biblián que se expone en este trabajo, se debe en gran parte a que el autor pudo recoger estas investigaciones en gabinetes y laboratorios que para el efecto existen en la República de Chile a donde pudo trasladarse, gracias al apoyo de las Naciones Unidas, organización internacional que por intermedio de la Comisión Económica para la América Latina (ECLA) recomendó el asesoramiento del Departamento de Minería y Petróleo de la Corporación de Fomento de la Producción, departamento que suministró todo el apoyo para encarar por comparación, éste y otros problemas de nuestra minería nacional. (Período viajes de estudio en Chile: diciembre de 1949 a junio de 1950).

Por esta razón, el autor deja constancia de su profundo agradecimiento tanto a las Naciones Unidas (ONU) como para los colegas chilenos que le prestaron todo apoyo, y especialmente agradece la valiosa contribución de su colega ecuatoriano señor Ing. Vicente Novillo, el cual ha contribuido con todos los resultados químicos y ensayos físico-químicos que constan en el presente trabajo.

Presenta también sus agradecimientos al señor Rector de la Universidad Central de Quito, por su interés en que las presentes notas se presenten a su publicación en los Anales de la Universidad.

Antecedentes:

Conocidas son las circunstancias desventajosas que vienen produciéndose en el Ecuador en lo que se refiere a

sus pocos recursos de petróleo en explotación y refinación hasta hoy disponibles. Pero aún en el caso de producirse la pesimista circunstancia de que las reservas naturales nacionales de petróleo se agotaran, el carbón mineral que dispone el país en grandes cantidades, será la fuente principal de energía y reemplazará total o parcialmente al consumo de petróleo. No hay problema en cuanto a la cantidad de carbón que existe para sostener las necesidades de combustibles por cientos de años; pero en cambio, conseguir mediante refinación un carbón apto para tal o cual uso, es un problema grave por cuanto se trata de un lignito, que como todos los carbones de su género es un material heterogéneo complejo, con un elevado contenido de ceniza y azufre.

A los consumidores de carbón mineral les interesa conocer principalmente tanto el contenido de humedad y materia mineral como el de carbono y substancias volátiles que contiene, porque son las fuentes que generan el calor y la energía del combustible. Y mas que estos datos, para la industria es mucho más útil la especificación del carbón de acuerdo con el tamaño de los trozos, potencia calorífica, contenido de cenizas y de azufre, características que en nuestro carbón, tal como se produce en la mina, no son favorables, a menos que no se proceda a una refinación del mismo.

Por otro lado se debe anotar que, si el país sólo dispone de ésta variedad de carbones, es lógico que, la utilización del carbón estará relacionada mas con la selección del equipo apropiado para usar los carbones disponibles que la selección de carbones para equipos determinados. Los procesos de refinación al mejorar la calidad de los carbones, tampoco llevarán a éstos a cualidades tan elásticas como para no tomar en cuenta la necesidad de seleccionar los equipos.

Y de esta manera se puede establecer que por la refinación de los carbones de Biblián se producirá un incremento de la producción y consumo de lignito, todo lo cual produciría un beneficio para la economía nacional por las siguientes razones:

1) —Las reducidas reservas de petróleo pueden durar más tiempo para el funcionamiento automotriz, desde que se bajaría el consumo del petróleo para ferrocarriles, consumo doméstico y uso industrial.

2) — Los escasos recursos de madera accesibles a los centros poblados del país, podrán ser empleados más apropiadamente y no se malgastaría un elevado porcentaje de élla en leña, pudiendo aprovecharse de un combustible más barato y de buen rendimiento.

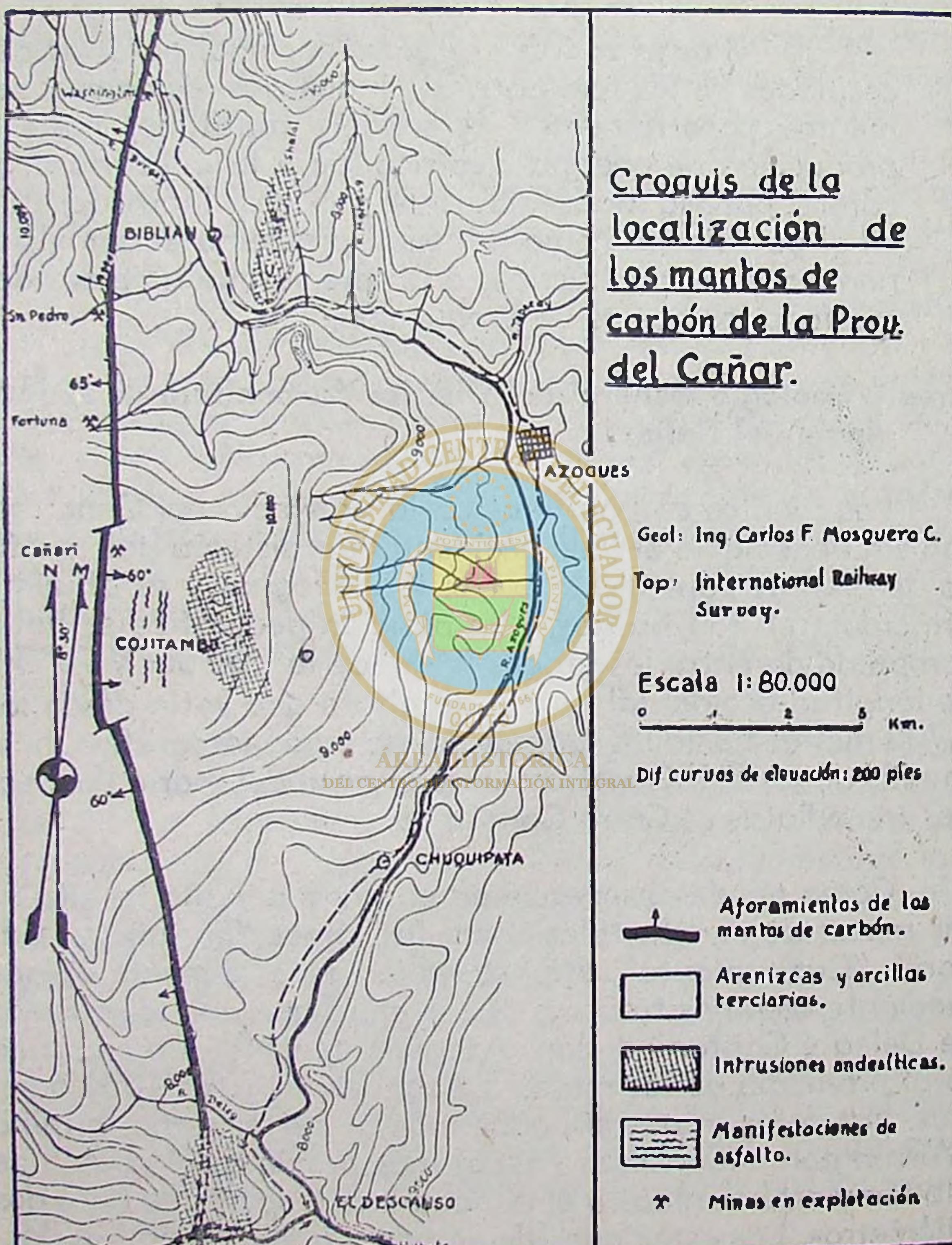
3) — Puede usarse el lignito nacional para las necesidades de los ferrocarriles, industrias de cales y cementos, para fomentar el servicio marítimo, para la producción de energía eléctrica, para la industria azucarera, para la manufactura de gas, etc., industrias que en el país tienen como principal problema el aprovisionamiento de combustible a un precio que no eleve demasiado los gastos de producción.

Área y Geología General del Distrito Carbonífero de la Provincia del Cañar.

Los mantos carboníferos de la provincia del Cañar están situados hacia el lado occidental del sistema hidrográfico de drenaje constituido por el Río Azogues y su afluente principal, el Río Burgay. Su posición geográfica se halla comprendida entre los grados $2^{\circ}44'$ de latitud Sur y $78^{\circ}54'$ de longitud occidental y ^{en} una altura que varía desde los 2.700 metros hacia las ^{laderas del} sistema hidrográfico, hasta más de los 3.100 metros sobre el nivel del mar en las zonas inmediatas al Cerro Cojitambo.

Como puede observarse en el mapa adjunto las distintas minas de carbón tales como las minas "Fortuna", "Cañari", "Cuzhumauta", etc., se hallan especialmente unidas mediante caminos troperos al carretero que une los pueblos de Deleg y Cojitambo con Azogues, teniendo un recorrido total promedio de las minas a Azogues, de unos 10 kilómetros. Las otras minas situadas más al norte, como la mina Washington, y San Pedro están más próximas al pueblo de Biblián y están unidas a él por caminos troperos de unos dos kilómetros. Las estaciones de embarque del carbón, producto de las minas de la región, pueden ser las estaciones de Azogues y Biblián que están unidas con los centros y ciudades principales mediante línea de ferrocarriles y carreteros. Con Cuenca distan de 30 a 40 kilómetros; de Quito distan unos 430 kilómetros y de Guayaquil 245 kilómetros.

Como dato estimativo de la producción mensual del conjunto de las pequeñas minas de carbón de éstas regiones puede considerarse que es superior a los 1.000 quintales de carbón mensuales, cifra deducida de la apreciación muy



Mosquera.

general del consumo de carbón mineral en el funcionamiento de los hornos de cal en los alrededores de Azogues, pues

en la actualidad, es en la única actividad en la que tienen empleo estos carbones.

Las formaciones geológicas predominantes de estas regiones son gruesas capas sedimentarias Terciarias (propia-mente Pliocénicas, según W. Shepard), las cuales en muchos lugares indican tener espesores de 1.500 a 2.000 metros y que descanzan sobre las más antiguas esquistas cristalinas pre-Cretácicas. Estas formaciones serdimentarias son carac-terísticas y desde los esquistos cristalinos hacia arriba, se dis-ponen en estratificaciones más o menos definidas las arenis-cas y conglomerados de Biblián y cabalgando a éstas, en es-tratificación concordante las Arcillas Blancas de Biblián y las Areniscas de Azogues, formaciones éstas últimas impor-tantes por cuanto en los estratos de transición se localizan los horizontes carboníferos los cuales tienen en consecuen-cia, como piso arcillas y como techo arcillas y más frecuen-temente, areniscas.

Estas formaciones sedimentarias predominan en un apreciable sector de las regiones australes y se extienden a lo largo de la región interandina desde la provincia del Cañar hasta la del Azuay y, probablemente hasta la provincia de Loja, como lechos de antiguas lagunas interdependien-tes, de aguas dulces y salobres, que alcanzaron anchuras hasta de 40 kilómetros en la región de Azogues.

Las formaciones geológicas de éstas regiones además de sus estratificaciones indican cambios de sedimentaciones lacustres (arcillas y areniscas), a fluviales (areniscas y con-glomerados); indican también que sufrieron una fuerte ac-ción tectónica ocasionada por los últimos períodos terciarios (post-pliocénicos) de la elevación de los Andes, y por la in-trusión de diques ígneos, los cuales se intruyeron siguiendo la línea de debilitamiento de la parte más alta del pliegue anticlinal, cuyo eje sigue la dirección Norte Sur pasando desde Sur a Norte por la cadena de troncos ígneos intrusivos representados por la zona de El Descanzo, Cerro Coji-tambo y Cerro Shalal.

Hacia el Oeste de ésta cadena de troncos ígneos intru-sivos andecíticos y, manteniéndose paralelos a ellos con una distancia de dos kilómetros, se presentan los afloramientos de los mantos de carbón, cuya presencia es manifiesta debi-

Como se puede ver en los cuadros de los análisis siguientes, el contenido del carbón fijo (o sea la materia carbonosa menos las materias volátiles y las materias no combustibles), de los combustibles minerales de las tres minas más importantes de éstas regiones, es menor al 69%, y según un convenio de la Sociedad América de Ensayos de Materiales (ASTM), debe clasificarse éste carbón de acuerdo a su potencia calorífica y no de acuerdo con el contenido de su carbón fijo. Mediante el criterio de esta clasificación y de acuerdo a los caracteres químicos de sus productos de destilación se les clasifica como lignitos.

ANALISIS INMEDIATO

CUADRO N° 1.

Carbón (Mina)	Hume- dad %	Cen- zas %	Carb. fijo %	Mtrls. volátls. %	Carb. puro %	Azu- fre %	Poten- cia ca- lorif. %	Peso espe- cífico K.Ctrs.
Fortuna	9.85	12.24	42.37	35.61	77.98	4.85	5.433	1.44
Cañari	11.21	15.34	39.85	33.60	73.45	6.53	4.934	1.43
S. Pedro	12.18	17.48	37.86	32.46	70.34	6.78	4.835	1.48

ANALISIS ELEMENTAL

CUADRO N° 2.

ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

Carbón (Mina)	% de carbón puro				H.dispo- nible	C/H	O/H
	C.	H.	O.	N.			
Fortuna	75,35	5,76	17,83	1,26	2.15	13.05	2.99
Cañari	73,89	6,02	18,82	1,18	3.29	12.25	2.90
S. Pedro	70,43	6,12	23,45		3.37	11.51	3.34

NOTA.—Estos análisis corresponden a una muestra común de cada uno de los carbones. Las muestras comunes provienen del cuarteo de un peso total de unos 700 kg. de carbón.

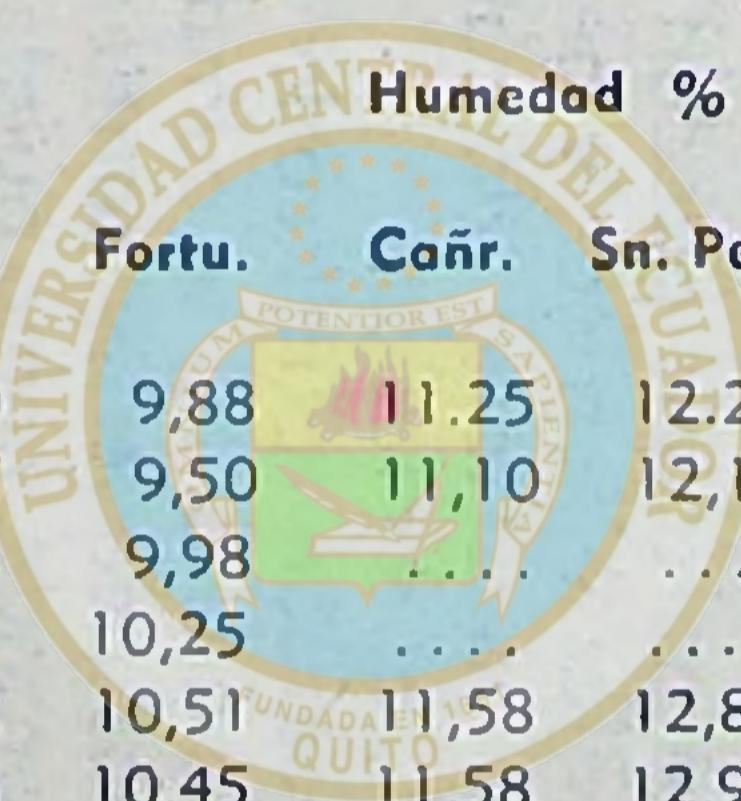
De acuerdo a los intereses de la industria pasamos a realizar una especificación de éstos carbones de acuerdo con su tamaño, contenido de humedad, contenido de cenizas y azufre.

Tamaño.—Es una regla, aunque tiene excepciones, que los carbones de tamaño pequeño contienen más impurezas que los de tamaño grande. En los carbones de Biblián se cumple ésta regla como puede observarse en el cuadro N° 3:

RESULTADOS Y ANALISIS DE LAS FRACCIONES DE LOS CARBONES DESPUES DEL CHANCADO Y CLASIFICACION MEDIANTE HARNEO

CUADRO N° 3.

Tamaño de la fracción	Cantidad %				Humedad %				Ceniza %				Azufre %			
	Forut.	Cañr.	Sn.	Pe.	Forut.	Cañr.	Sn.	Ped.	Forut.	Cañr.	Sn.	Ped.	Forut.	Cañr.	Sn.	Pe.
—3/4"	+	5/8"			10,30	14,30	12,30	9,88	11,25	12,28	12,64	16,95	18,65	4,35	5,43	5,14
—5/8"	+	1/2"			8,45	15,35	15,25	9,50	11,10	12,14	13,21	17,38	19,32	....	....	....
—1/2"	+	1/4"			28,94	18,12	20,92	9,98	....	....	15,10	17,82	19,84	....	....	....
—1/4"	+	6 mallas			25,32	14,65	10,35	10,25	....	....	16,40	19,85	20,83	....	....	....
— 6	+	10 mallas			12,85	24,16	28,62	10,51	11,58	12,84	17,38	21,38	21,56	....	....	....
—		10 mallas			14,14	13,42	12,56	10,45	11,58	12,92	18,45	26,35	29,32	7,32	8,86	8,20



ÁREA HISTÓRICA

DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

NOTA.—Las mallas se refiere a la serie Tyler de tamices, y el de 6 mallas equivale a averturas de 3,33 milímetros, el de 10 mallas equivale a averturas de 1,65 milímetros. Los signos (—) y (+) significan las fracciones que pasan el tamiz ("undersizes"), y las fracciones que quedan sobre el tamiz ("oversizes"), respectivamente.

Pero el carbón tal como sale de la mina tiene tamaños desde 4" pulgadas hasta carbón tan fino que es propiamente polvo. La práctica de las pequeñas labores mineras de esas regiones ha establecido efectuar un previo escogido apartando las partes estériles de poco contenido en materia carbonosa de los trozos más grandes, los cuales a su cuando se pulverizan en el transporte hasta los hornos de cal, las fracciones pulverulentas queman mejor.

En otros países, las industrias como las del coke exigen los trozos más grandes de carbón, solamente por su pureza, ya que una vez recibido debe pulverizarse. Otras industrias, con las parrillas de sus equipos previamente diceñados no pueden sino admitir carbón en trozos grandes. En el caso de los carbones ecuatorianos, los cuales necesitan un previo tratamiento de refinación para hacerlos más aptos a su extensa utilidad y que necesitan ser reducidos a tamaños pequeños, exigen que la disposición de las parrillas y otros accesorios sean apropiados para que puedan usarse con éxito en las locomotoras, plantas eléctricas y generadores de vapor, cuando se empleen inyectores de carbón pulverizado (cargadores de carbón), apropiados.

Refiriéndonos al carbón purificado de Biblián, cuyo estudio indicaremos más adelante, se cumple también la regla que los carbones más pequeños contienen más impurezas que los de tamaño grande, como puede observarse en el siguiente cuadro:

ANALISIS DE FINEZA

(Carbón Purificado)

CUADRO N° 4.

Tyler	Milímetros	Parcial	Acumuld.	Parcl.	Acmld.	Cenzs.
		gs.	gs.	%	%	%
Mas	+28	+0,59	50,50	50,50	10,10	10,10
Entre	28—100	0,59—0,15	154,20	204,70	30,84	40,94
Entre	100—150	0,15—0,10	110,80	315,50	22,16	63,10
Entre	150—200	0,10—0,074	100,30	415,80	20,06	83,16
Menos	—200	—0,074	84,20	500,00	16,84	100,00
						8,00

Contenido de Humedad.—Los valores del porcentaje de humedad que aparecen en los cuadros anteriores, N° 1 y N° 3, no se refieren a la humedad superficial sino a la constitucional, la cual es independiente del tamaño del carbón

y no hay medios de poderla controlar, a diferencia de la humedad superficial que puede reducirse aún con procedimientos tales como los de aireación.

El carbón que actualmente se extrae de los afloramientos superficiales de la provincia del Cañar, tienen un contenido de humedad superficial, que disminuye al ser expuesto el combustible a la aireación; pero esto no es una ventaja en la mina, por cuanto el carbón se quiebra en trozos pequeños y no recompensa seguramente, las pérdidas del polvo producido, comparado con el gasto de calor al evaporar el agua durante la combustión (pérdida del poder calorífico).

Contenido de Cenizas.—La ceniza o sea la materia mineral inerte de los carbones, siempre constituye un elemento indeseable por cuanto no solo que baja la calidad del carbón y su potencia calorífica, por ser la ceniza incombustible, sino que por ejemplo en el caso de nuestro carbón que tiene generalmente un contenido de 20% de cenizas (ver cuadros N° 1 y N° 3), significa que por cada tonelada de carbón despachado, hay que transportar 200 kilos de ceniza como sobrecarga, y el consumidor debe pagar por ésta materia que no le sirve, y después de quemado el carbón, agregar gastos de limpieza de la ceniza.

Las cenizas de los carbones de Biblián provienen de las siguientes fuentes:

ÁREA HISTÓRICA

DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

1) — Impurezas provenientes de las capas encajantes del manto carbonífero (arcillas y areniscas), y franjas de tosca (arcilla carbonosa), estratificadas con el carbón y mezcladas con él durante su explotación.

2) — Materia mineral (arcilla, yeso, cal, azufre) íntima y finamente mezclada con el carbón, y que provienen del origen de éstos carbones, en el lecho de turbales y medios acuosos turbios.

Las impurezas de la primera categoría son de fácil eliminación, no así la segunda. En el primer caso se podría usar especialmente el lavado con agua, pero las operaciones del lavado no tendrían objeto si el contenido de las cenizas va ha ser reemplazado por agua; por esta razón los métodos más eficaces del lavado incluyen equipos de drenaje y secamiento del carbón. Para despojar al carbón de las impurezas del segundo caso, se necesitan sistemas y métodos más complicados, y es precisamente el caso predominante de los carbones de Biblián.

Se considera apropiado mantener en el combustible un cierto contenido de ceniza como protección a las parrillas y como medio de aglutinación conveniente del carboncillo, obteniéndose así operaciones más continuas. El contenido de cenizas que tienen aún los carbones purificados, (cuadro N° 4 y siguientes), puede bajo este punto de vista prestar una ventaja.

Cantidad de Azufre.— Las cantidades totales de azufre de los carbones del Cañar que fluctúan entre el 5 y 7%, provienen en su mayoría del sulfuro de hierro (piritas), mineral que aporta del 3 al 4, 5% de azufre volátil, mientras que el resto, 2 a 2 1/2% proviene del sulfato de calcio (yeso), mineral que también se encuentra presente en los carbones. El apreciable contenido de azufre volátil como es el caso de éstos carbones, es desventajoso en general para cualquier uso de ellos en la industria.

Si los carbones de alto contenido de azufre se usa en la industria del coke, un porcentaje de azufre es transmitido al coke y si éste se emplea en algún proceso metalúrgico, el azufre es transmitido al metal, sino se dispone de materias presentes que lo absorban o lo escorifiquen. Si estos carbones se usan en la industria del gas, el azufre aparece en los componentes volátiles y debería ser entonces eliminado. Si en cambio, se usan los carbones directamente como combustibles, el azufre arde y el anhidrido sulfuroso en presencia de la humedad del mismo carbón forma ácidos corrosivos, que producen esta acción destructora, apenas hay sitios en los conductos donde se condensen los gases.

Por esto el contenido de azufre deberá ser los más bajo posible, y el problema de reducir el contenido elevado de azufre de los carbones de la provincia del Cañar es muy semejante al de reducir el contenido de sus cenizas. En los ensayos de purificación, cuyos resultados se detallan más adelante, se ha conseguido reducir las cenizas y el azufre en una regular cantidad. La eliminación económica de las cenizas y del azufre solo es posible prácticamente, cuando no se encuentran éstas sustancias excesivamente divididas o combinadas con el carbón, por que puede sobrepasar a su límite económico de molienda y separación. Las observaciones microscópicas de estos carbones nos revelan que las piritas se encuentran en forma de pequeños granos, de tamaños de fracciones de milímetros, localizados especialmente

en las pequeñas fracturas de los elementos integrantes del carbón. Posiblemente su origen se deriva de la hemoglobina de la sangre de los animales inferiores que vivieron en los turbales originarios de los carbones de Biblián.

Productos de la Destilación de los Carbones de Biblián a Baja Temperatura.

Estas experiencias de destilación de los carbones de Biblián ejecutadas por el señor Ing. V. Novillo, se realizaron a temperaturas comprendidas entre 350 a 460 grados centígrados, proceso durante el cual, y con las distintas y correspondientes muestras del carbón original y purificado de esas regiones, dieron los resultados del cuadro siguiente:

DESTILACION DE LOS CARBONES A BAJA TEMPERATURA

CUADRO N° 5.

Mina	Aqua	PRODUCTOS EN %				Naturaleza del coke
		Alquit.	Semick.	Gases		
Carbón Fortuna	13,80	10,40	65,72	10,08		Débil aglomerado, brill. metálico
Carbón Cañari	15,20	9,28	66,48	8,04		Pulverulento.
Carbón San Pedro	15,85	8,76	68,26	7,13		Puverulento.

ÁREA HISTÓRICA DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL						
Carbones Purificados						
Carbón Fortuna	13,56	12,25	61,40	12,79		Aglomerado quebradizo sin himiento.
Carbón Cañari	15,35	10,86	63,48	10,31		Débilmente aglomerado.
Carbón San Pedro	15,85	9,87	63,26	11,02		Débilmente aglomerado.

El alquitrán de estos carbones es de color negro pardo de consistencia pastosa a temperatura ordinaria, y su porcentaje en los productos refinados aumenta más o menos en un 2% con respecto a la proporción del alquitrán obtenido en la destilación de los carbones originales.

El semicoke obtenido en los carbones purificados es de mejor calidad que el obtenido de los carbones originales; pues, el semicoke que proviene directamente de los carbones Cañari y San Pedro es pulverulento, a excepción del semicoke del carbón Fortuna que se manifiesta semiaglomerado.

Las materias minerales presentes en estos carbones producen, como se comprueba mediante estas experiencias, una influencia muy desfavorable, dando bajos rendimientos en materias volátiles y mala calidad del producto en la cokificación pudiendo obtenerse en los productos refinados del carbón Fortuna especialmente, un contenido de materias volátiles (agua, alquitrán y gases) del orden del 38%, carbón refinado que ya podría utilizarse en la producción industrial del gas y también por que dicho combustible produce un coke aglomerado a altas temperaturas (800-900° C.).

Estimación de las Reservas Carboníferas de la Región de Biblián, Azogues y Cajitambo.

En realidad todas las cifras que tratan de interpretar el tonelaje de carbón que existe en estas regiones, deben tomarse en cierta reserva, en vista de que no se dispone de datos comprobados mediante sondajes u otros sistemas de exploración minera técnicamente ejecutados. Las extrapolaciones, siguiendo un criterio razonable pueden tal vez variar, de acuerdo con el grado de seguridad que se admite.

Los factores que intervienen en la valorización del campo carbonífero de la provincia de Cañar son de manera general de fácil interpretación. Las condiciones de disposición y regularidad de los factores geológicos de las capas en cuanto al espesor (potencia), características distintivas de los mantos de carbón, y la relativa regularidad en el manto, de buzamiento ocasionados por los movimientos tectónicos, nos conduce por lo menos a cubicar reservas "probables" y "posibles".

Por ahora no se puede hablar sino de tonelajes "probables" y "posibles" existentes en la cuenca carbonífera de Biblián. Pues reservas de tonelaje de carbón "positivo" no han sido comprobados mediante trabajos mineros que dejen al descubierto los cuatro costados de un bloque de cubicación (según el Reglamento de la Caja de Fomento Carbonero de Chile. 1934). Consideraremos como "carbón probable" aquel que queda definido por una cara a la vista (afloramientos) y por una segunda normal a la primera, apreciada por deducciones geológicas, las cuales hemos anotado más arriba, que permiten admitir/indirectamente la continuidad del manto.

De esta manera, si admitimos que de los 15 kilómetros de recorrido de los afloramientos, solo la mitad puede quedar satisfactoriamente a la vista, y que debido a la uniformidad de los mantos se puede admitir que, en total los cinco mantos, dan un espesor acumulado en término medio de 3 metros, y que estos factores no se alteran hasta unos 500 metros de profundidad, se tendría una cubicación de más de 11 millones de metros cúbicos de carbón, que con una densidad promedial de 1,4 se acerca a los 16 millones de toneladas de carbón, lo que es una cantidad muy apreciable.

Pero el "carbón posible" podría ser de cifras mucho mayores, en virtud de que el reconocimiento geológico nos indica que los afloramientos son del orden de 15 kilómetros de longitud, y en virtud de que aún puede existir carbón a profundidades mucho mayores de los 500 metros hacia el Oeste sin que se conozca cara alguna del yacimiento, dadas las condiciones yacimentarias de esas zonas.

Basándose en éstos conceptos, que dentro de ciertos límites son perfectamente aplicables al problema de las reservas carboníferas del Cañar, es posible intentar esta valorización de las mismas, abordando el problema desde un punto de vista muy general.

El empleo de este procedimiento (no disponemos ahora de otro), que tiene gran importancia para la estimación de las reservas cercanas a los afloramientos de carbón, no es justificable para hacer extrapolaciones arriesgadas, en puntos relativamente distantes de ellos, por cuanto el grado de aproximación es susceptible de decrecer con la distancia. Pues muy bien puede darse el caso de que debido a la lenticularidad en una región de los mantos, extrapolados como que tiene estratificación uniforme, se intercala una lente de arcilla o arenisca que divide y extrangula el espesor del carbón, en cuyo caso, la apreciación es completamente errada. Todo coeficiente de seguridad, resulta por esto arbitrario.

En la estimación de las reservas carboníferas se debe también tomar en cuenta **los criterios** económicos por una parte y nacional por otra. El criterio económico solo consideraría las perspectivas de los carbones de la provincia del Cañar solo desde el punto de vista del beneficio inmediato, analizando simplemente el valor que tienen en el mercado consumidor y sus posibles oscilaciones en un futuro inmediato con respecto al costo de extracción y beneficio. El concepto nacional es un criterio más amplio y no está sujeto a una

situación inamovible, sino que varía de acuerdo con el desarrollo de las necesidades de un país, que señala constantemente nuevos rumbos en el campo de las posibilidades económicas.

Pero en uno u otro caso las condiciones a analizarse y que sirven de base para definir las perspectivas de estos yacimientos de carbón son:

1.—Situación del yacimiento y regulares condiciones en sus vías de comunicación;

2.—Regularidad del terreno desde el punto de vista tectónico y estratigráfico;

3.—Espesor, lenticularidad y accesibilidad fácil de los mantos de carbón por explotarse;

4.—Impurezas de difícil separación y poder calorífico bajo del carbón en la mina; y

5.—Necesidad de efectuar una inversión en unos dos millones de sures para la instalación de una planta refinadora de carbón, con una capacidad de tratamiento de 100 toneladas diarias.

Minería.—Algunas minas pequeñas que actualmente se trabajan como las minas San Pedro, Fortuna y Cañari tienen buenas condiciones topográficas para la explotación de las minas, y de manera general, a lo largo de la región es muy probable encontrar buenas condiciones topográficas con el objeto de situar minas con "campos de colgada" con el objeto de que los mantos carboníferos estén situados sobre el nivel de los sistemas hidrográficos (quebradas) de la región, para explotar el carbón por rebaje y sobre el nivel de las aguas subterráneas, obteniéndose así las mejores condiciones económicas de su explotabilidad.

Durante la explotación del carbón su calidad puede ser controlada hasta cierto punto por la forma como el carbón es extraído de la mina y en el tratamiento de escogido que previamente se efectúa en las bocaminas antes de su despacho. El precio actual del quintal de carbón puesto en Biblián o en Azogues es de 3 sures. La producción actual del conjunto de todas las pequeñas minas que actualmente se trabaja puede estimularse que es de unos 1.000 quintales de carbón mensuales, el cual se emplea íntegramente en los hornos de cal de esas regiones.

Purificación de los Carbones de la Provincia del Cañar.

Esta operación tiene por objeto efectuar la limpieza de los carbones para mejorar su calidad pudiendo quedar así aptos para el consumo en las diferentes ramas de la industria. Indudablemente, mediante un tratamiento adecuado de lavado o de purificación, las apreciables reservas carboníferas de Biblián justificarían la apertura de nuevas minas y el incremento de la producción de las existentes, mediante una modernización en los métodos de extracción en las minas.

Del estudio de la purificación de los carbones de Biblián se deduce por otro lado, que no es posible obtener mejor clase de coke de estos carbones ni productos aptos para fabricación de gas industrial, si previamente no se les purifica.

El lavado o purificación de los carbones es un proceso muy corriente en las principales minas de otros países. Los procedimientos que se emplean son muy diversos y los más importantes son los siguientes:

1) — El más elemental, el lavado con agua en canaletas.

2) — El sistema de flotación espumante, y

3) — Los sistemas más modernos conocidos con el nombre de "sink and float" (de undimiento y flotación), basados en la separación del carbón en medios más densos que el agua, procedimientos mediante los cuales se tiene un producto que rebalsa o "float" de elevado grado de pureza, y otra parte que se precipita o "sink" consistente en los componentes terrosos estériles del carbón.

Mediante el lavado en canaletas se puede eliminar gran parte de la arcilla y silice coloidal superficial de los trozos de carbón. Por este procedimiento las cenizas pueden bajar del 20 al 15%, llegando naturalmente este límite, por cuanto no pueden ser separados sus elementos pétreos finos por que están finamente intercalados entre el carbón. En estos procesos de limpieza, que se realiza simplemente con agua, es aconsejable lavar el carbón de acuerdo con sus tamaños para que así el carbón pueda drenarse después de limpiado, manteniendo un bajo contenido de humedad.

Uno de los usos de la flotación espumante es el de reducir mediante este método el contenido de azufre en el carbón. Pero para esto es necesario moler el carbón a una extrema fineza, a fin de dejar a la pirita libre para ser separa-

da unas veces por depresión y otras veces por arrastre en la espuma de las celdas de flotación, cuando se requiere la recuperación de las piritas del carbón (fabricación del ácido sulfúrico). Pero éste sistema, no pienso que es el más señalado por cuanto se está obligado a realizar una molienda fina que, salvo raras excepciones nunca es barata. Pero este problema es cosa resuelta en algunas localidades como es en el área de Pittsburgh, que se consigue por este medio la reducción de las piritas de los carbones. La idea puede aplicarse en nuestros carbones, moliendo bajo 65 mallas (0,21 milímetros) y llevarlo a flotación, pero estamos forzados a realizar esa molienda fina costosa. Sin embargo, el desarrollo de la flotación promete en el futuro la posibilidad de flotar carbón gres (tosco) y disecar el producto resultante por un método eficiente y simple. El carbón tan grueso como el de 10 mallas (1,65 milímetros) es ahora recuperado eficientemente mediante el empleo de la Celda Denver "Sub A", en los campos bituminosos del sur de los Estados Unidos.

En estos métodos como el que se va ha exponer a continuación, el desecamiento del carbón tratado y refinado representa uno de los principales problemas; pero los procesos mecánicos de secamiento (filtros Oliver, etc.) reducen solamente la mezcla en humedad en un 25%. Los secadores térmicos indican ser al presente los únicos medios para reducir el contenido de humedad. Las instalaciones térmicas de secadores generalmente entregan un producto que contiene entre el 6 y el 8% de humedad.

El tercer procedimiento como indicamos, se basa en la selección gravitacional que se puede obtener al llevar al carbón medianamente molido, superior a 10 mallas, a un cono separador en el cual se dispone de un líquido de densidad apropiada, superior a la del agua, a fin de que permita el máximo de rendimiento en la recuperación de los trozos de carbón que al ser de mejor calidad flotan, mientras las impurezas se precipitan en el fondo del baño.

Como líquido denso en la práctica y debido a su economía, se emplea unas veces una suspensión de arena en agua (sistema Chance) y otras veces se usa como líquido denso, una suspensión de magnetita en agua (sistema Trop). Una de las ventajas de los procedimientos que emplean medios de suspensión más densos que el agua, es la de que se puede trabajar con cualquier tamaño del carbón. Sin embargo, si se quiere obtener carbones más puros, debe imponerse

una molienda fina del carbón con la cual se produzca una separación del contenido fino de esteril.

A continuación, pasamos a transcribir los resultados y cuadros de valores obtenidos por el colega ecuatoriano Ing. Vicente Novillo, en sus importantes investigaciones de refinación de los carbones de Biblián por el método de "sink and float", realizados en los laboratorios y plantas metalúrgicas de la Caja de Crédito Minero de Chile. Se anotan también algunas observaciones realizadas por el suscrito en la Planta Piloto de la Compañía Carbonera Schwager de Chile.

En los ensayos del laboratorio los líquidos densos que se emplearon para la separación gravitacional del carbón fueron:

1) —Mezclas de bencina con tetracloruro de carbono, con el fin de obtener densidades inferiores a 1,60.

2) —Mazclas de tetracloruro de carbono con bromoformo para densidades superiores hasta llegar a 2,0.

Los ensayos se hicieron con muestras comunes de carbón de cada una de las zonas carboníferas correspondientes a las minas Fortuna, San Pedro y Cañari, obteniéndose para cada caso resultados más o menos semejantes. Transcribimos los resultados de las experiencias de laboratorio con sus valores numéricos dispuestos en forma de cuadro y el gráfico de las Curvas de Lavabilidad, trazadas con esos valores del cuadro y que son interpretativas de las características del carbón "Fortuna".

DATOS DE SEPARACION OBTENIDOS EN EL LABORATORIO POR EL PROCEDIMIENTO DE SINK AND FLOAT

CUADRO N° 6.

Clase de muestra descripción.—CARBON FORTUNA 400 gs. de muestra
— 3/4" + 10 mallas

	Gravedad específica	Peso en grs.	Peso	Ceniza	Azufre	Datos acumulativos %		
			%	%	%	Peso	Cenz.	Azfr.
Float sobre	1,30	74,08	18,52	3,85	1,38	18,52	3,85	1,38
Entre	1,30—1,35	85,72	21,43	4,63	1,72	39,95	4,28	1,72
Entre	1,35—1,40	53,36	13,34	5,88	3,82	53,29	4,64	2,26
Entre	1,40—1,45	60,40	15,10	10,50	6,35	68,39	6,08	3,16
Entre	1,45—1,55	46,80	11,70	15,84	7,20	80,09	7,51	3,73
Entre	1,55—1,70	28,40	7,10	28,56	8,54	87,19	9,22	4,16
Entre	1,70—1,90	20,40	5,10	42,20	9,32	92,29	11,05	4,44
	Sink 1,90	30,84	7,71	59,64	12,35	100,00	14,80	5,04

En estas experiencias las observaciones se han hecho del siguiente modo:

Al principiar operando con la solución de gravedad específica 1,3 se obtiene la fracción "float" (que rebalsa) correspondiente (74,08 gr.), y la fracción que se precipita o "sink". Esta última fracción recuperada pasa a la solución de densidad siguiente, en este caso 1,35 obteniéndose igualmente una fracción "sink" y otra fracción "float"; esta parte flotada corresponde entonces al medio separador de 1,3 y 1,35, y que pesa 85,72 gr., mientras que el "sink" recuperado pasa ha ser operado con la solución siguiente de densidad 1,40, etc.

Lectura de las curvas de lavabilidad.—Veamos por ejemplo los resultados que se obtiene en la selección gravitacional del carbón "Fortuna" previamente molido y seleccionado entre los tamices de $3/4''$ y 10 millas (es decir la fracción que ha pasado el tamis de $3/4''$ y que a su vez se ha quedado sobre el tamiz de 10 millas), y luego puesto en medio separador líquido de 1,65 de densidad. Se ha producido dos partes la que se precipita al fondo y la que ha flotado. De estas dos partes la que ha flotado es la que nos interesa y a la cual se refieren las curvas de lavabilidad: La línea de puntos, trazada en el gráfico, indica que la separación con una densidad específica del medio líquido de 1,65 se obtiene un rendimiento de 86% de carbón purificado, el cual tiene un 8,8% de ceniza acumulativa y 4,2% de azufre acumulativo, incluyendo en el porcentaje de cenizas ciertas partículas que contienen un 34% de ceniza elemental.

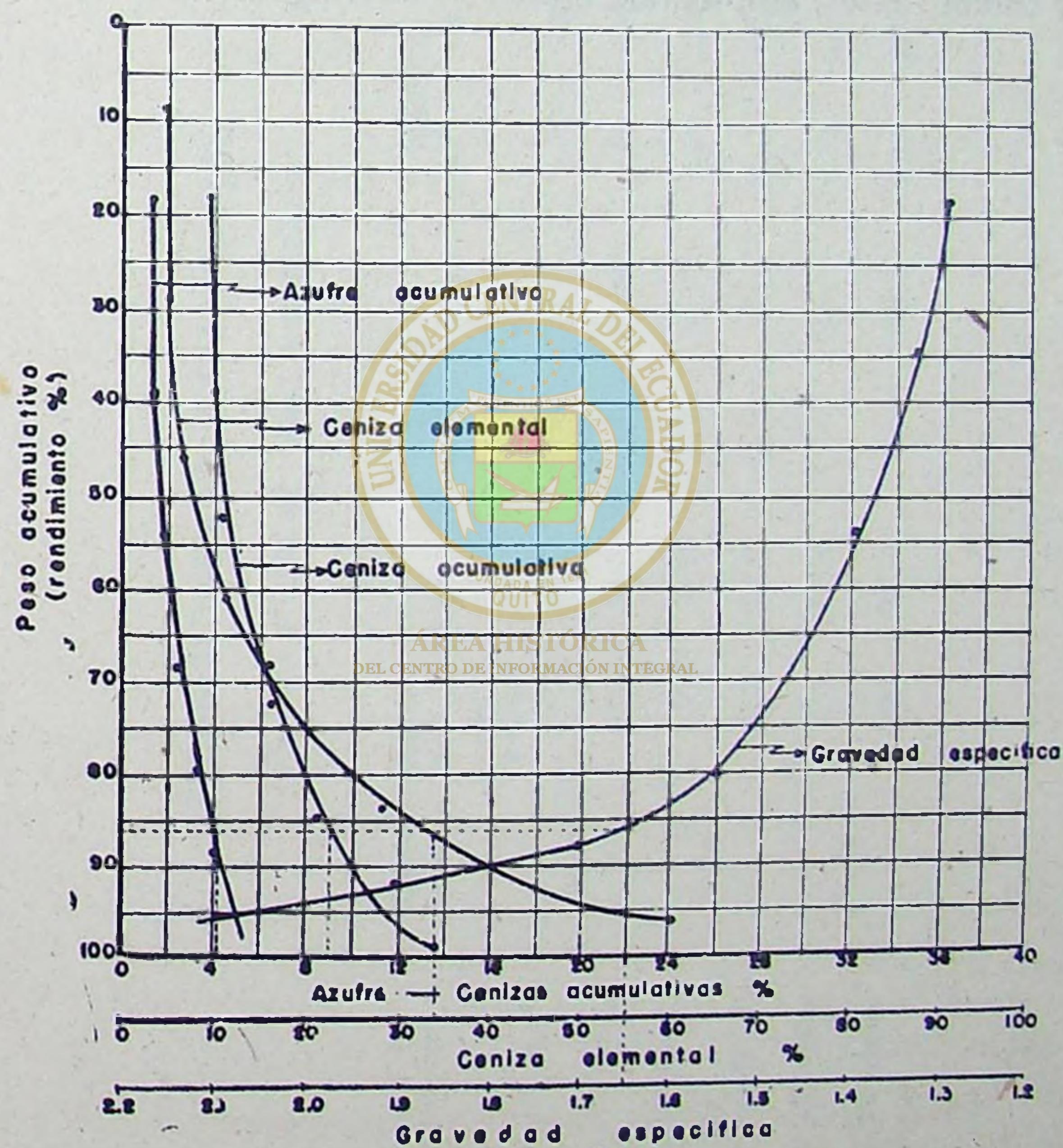
De manera general, los carbones del Cañar poseen características de lavabilidad semejantes y los resultados y forma de las curvas correspondientes son por esta razón, muy semejantes para las distintas minas.

Estos resultados obtenidos de la experiencia de "sink and float" (de flote y hundimiento) empleando líquidos pesados para la separación del carbón de sus partes estériles, indican que se puede obtener apreciables resultados en métodos comerciales de separación gravitacional, tal como empleando en los circuitos de las plantas jigs, mesas vibratorias, sistema chance o flotación con arena y por último, la separación en conos empleando como medio separador una emulsión de magnetita (arenilla magnética).

Y al efecto, veamos los resultados obtenidos en las plantas pilotos de "sink and float" empleando como medio separador magnetita:

En primer lugar, se ha observado que el empleo de la magnetita antes que arena en emulsión con agua, para emplearlo como medio de separación más denso que el agua, es

Carbón "Fortuna" — Curvas de Lavabilidad



(f) V. Novillo

más conveniente, por cuanto la magnetita permite obtener con facilidad las emulsiones de densidades específicas desde 1,2 a 2,2 con variaciones de escala del orden de 0,01. En

cambio, el empleo de la arena tiene la dificultad de que para las densidades elevadas de suspensión se vuelve la emulsión algo viscosa y dificulta la separación rápida del carbón purificado de la parte estéril; pues el principio físico-químico de la eficiencia de estos métodos de lavado y refinación establece que, las condiciones de operación deben ser de tal naturaleza que la separación de las dos fracciones, carbón purificado y parte estéril, deben ser instantáneas.

El Ing. V. Novillo ha obtenido los siguientes resultados y conclusiones, empleando emulsión de magnetita:



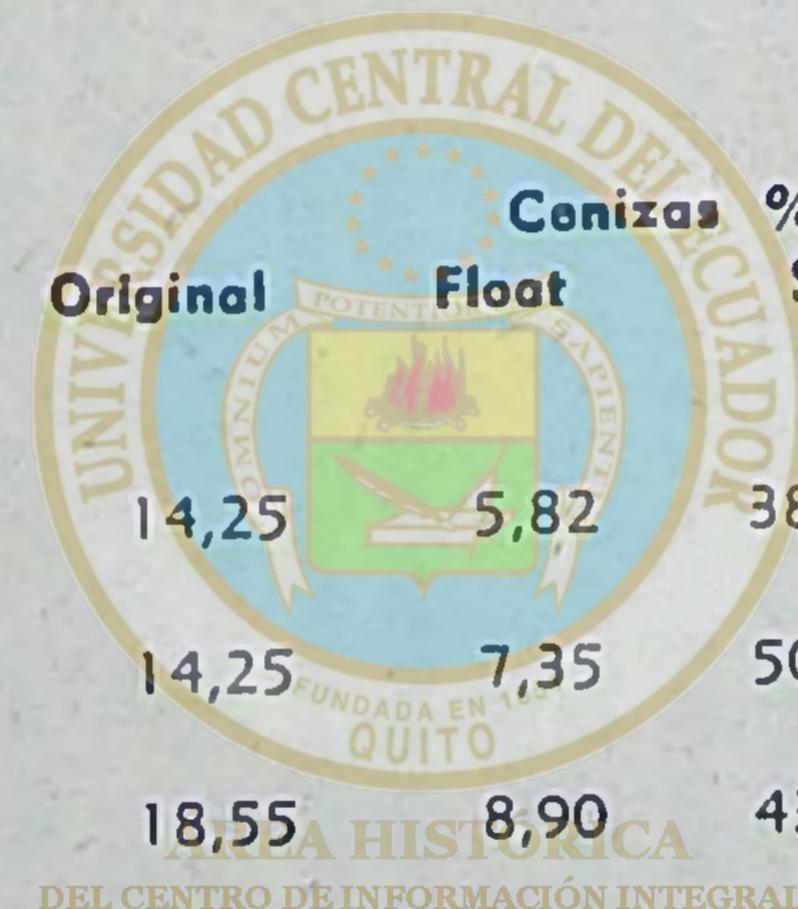
ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

RESUMEN DE LAS EXPERIENCIAS

(PLANTA PILOTO DE "SINK AND FLOAT")

CUADRO N° 7.

Prue- bos	Clasificación de tamaños tratados	Huestra Carbón	Peso es- pecfc. del medio	Original	Float	Cenizas	% Sink	Azufre. % Original.	% Float	Rend. referd. al carb. puro	Poder calo- rífico superior	
Nº	1) —3/8" + 10 mallas	{ "Fortuna" }	1,50	14,25	5,82		38,84	4,95	2,64	82,56	5,437	
				14,25	7,35		50,60	4,95	3,36	91,00	5,437	
	3) —1/2" + 10 mallas		1,55	18,55	8,90		43,98	6,85	3,60	81,50	4,856	
				18,55	11,25		58,92	6,85	4,88	93,40	4,856	
	5) —1/4" + 10 mallas		1,75	21,30	11,14		68,20	6,12	3,95	94,85	4,617	
				20,28	7,40		48,60	5,34	2,94	81,23	4,635	
	6) —1/4" + 10 mallas		1,60								6,138	



Conclusiones:

1) — Las experiencias del laboratorio así como las obtenidas en la planta piloto, nos demuestran la aplicabilidad del proceso de "sink and float" empleando magnetita como medio separador en la purificación de los carbones de Biblián.

2) — Se puede purificar estos carbones con rendimientos de 80 a 90% con respecto al carbón puro y los carbones tienen un grado de pureza tales, que podrán ser aprovechados en diversos usos industriales.

3) — Los resultados teóricos tienen una apreciable diferencia a su favor, en lo que se refiere a la eficacia de la separación, que los obtenidos en la planta piloto; estimo que dicha diferencia en el campo industrial sería menor al disponer de una planta completa.

4) — Las exigencias del consumo influenciarán en las densidades de la emulsión que debería emplearse en la práctica. Según los datos teóricos y los obtenidos en la planta piloto, dichas densidades para obtener productos apropiados fluctúan entre 1,55 a 1,65.

5) — En ciertos casos será necesario efectuar la separación en dos etapas, sirviendo la primera para obtener productos puros o con bajo contenido en impurezas a expensas de rendimientos bajos; la segunda sería para recuperar el carbón que quedaría en el "sink" de la primera separación y, por consiguiente disminuiría su contenido en cenizas.

6) — Se puede beneficiar por este proceso hasta tamaños de 48 mallas como lo hacen actualmente en Estados Unidos, con lo que se subsanaría el problema de los finos, aún cuando las plantas construidas para el tratamiento de estos carbones sirven para purificar tamaños hasta de + 10 mallas.

A estas conclusiones no nos resta más que agregar que para nuestro país no es solo conveniente, sino también necesario, la instalación de plantas lavadoras de carbón, pues solo en esta forma se podrá mejorar la calidad de nuestros carbones, requisito indispensable para reemplazar al petróleo y a la leña, en las distintas industrias y necesidades.

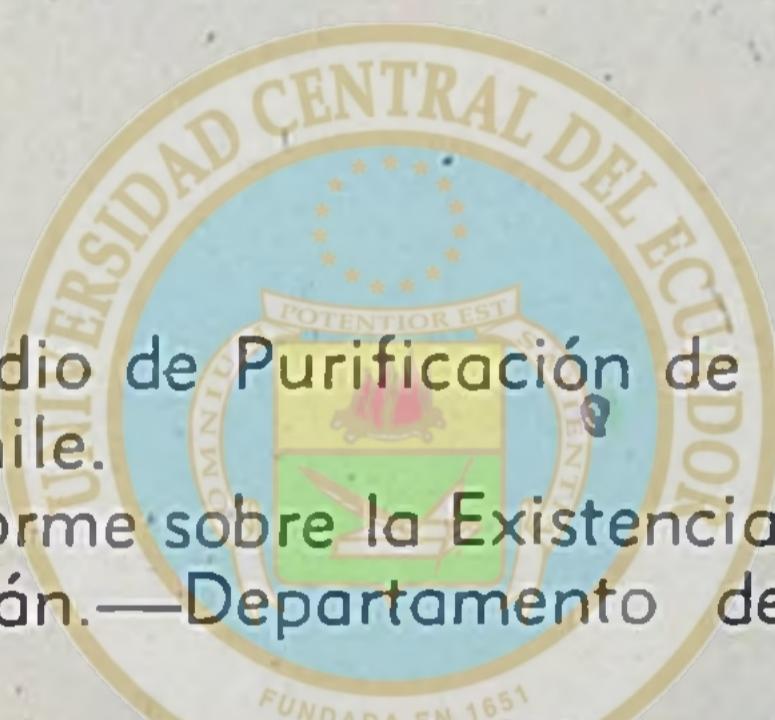
Y si, de acuerdo con los cálculos estimativos y por comparación con las plantas de Chile, se deduce que una planta de capacidad de 100 toneladas diarias tiene un costo de instalación aproximadamente de dos millones de sures, y que

el costo de operación, inclusive la amortización de la maquinaria en diez años, gravaría el precio del quintal de carbón extraído de las minas en más de un sucre por quintal, quedan compensados estos gastos por la disminución de los fletes al separar el estéril, y porque al elevarse el tonelaje de carbón extraído bajarán los costos de explotación en la mina.

Por último, el valor económico y nacional de los 16 millones de toneladas de "carbón probable" de la cuenca carbonífera de la provincia del Cañar, será efectivo solamente con la prosecución de las labores mineras de esas regiones con métodos más modernos; pues, los costos de producción bajarán apreciablemente con el aumento de la producción.

Quito, Septiembre de 1950.

BIBLIOGRAFIA:

- 
- V. NOVILLO.—Estudio de Purificación de los Carbones de Biblián.— Santiago de Chile.
- W. SHEPARD.—Informe sobre la Existencia de Depósitos de Carbón de Piedra en Biblián.—Departamento de Minas, Septiembre 1937, Quito.
- L. YANTIS.—Informe sobre los Depósitos de Carbón de Piedra de Biblián.—Departamento de Minas, junio 1937, Quito.
- C. F. MOSQUERA.—Informe de las Explotaciones de Carbón en la Provincia del Cañar.—Dirección General de Minería y Petróleos, enero de 1949, Quito.
- AMERICAN INSTITUTION OF MINING AND METALLURGICAL ENGINEERS.—Coal División. Volumen 154, New York, 1944.
- DENVER EQUIPMENT COMPANY.—Coal: Volumen 12, Nº 5, 1948; y Volumen 14, Nº 3, 1950.—Deco Trefoil, Denver Colorado.
- R. FENNER y O. WENZEL.—Estimación de las Reservas Carboníferas Nacionales (Chile), Santiago de Chile, 1941.

A P E N D I C E

VALORES DE LAS IMPORTACIONES DE CARBON DE PIEDRA Y SUS DERIVADOS

Los datos de la Dirección General de Estadística y Censos de las importaciones de carbón mineral, en los diez últimos años (excepto 1.950), indican que no son despreciables.

Como importante observación al aspecto comercial de estos materiales deducimos que estos se adquieren a un precio sumamente elevado como puede verse en el cuadro adjunto. El carbón mineral importado

tado por ejemplo, en término medio resulta costando \$ 31,20 el qq. Y las importaciones de estos combustibles podrían ser mucho más elevados si estos materiales no fueran de tan alto costo para los consumidores.

Estos datos estadísticos por otro lado, revelan la necesidad que existe en el país de combustibles minerales, los cuales tienen una elevada potencia calorífica, insustituible con combustible de otra especie como los orgánicos. Pues, aún, es el caso que, se importa petróleo en cifras sumamente elevadas como puede observarse en el correspondiente cuadro que también se adjunta y en el cual no se anota las importaciones de lubricantes y otros materiales, derivados del petróleo, que no tienen relación como combustible.

C. F. M.



ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

VALORES DE LAS IMPORTACIONES DE CARBON MINERAL Y SUS DERIVADOS

CANTIDADES EN SUCRES Y EN KILOS

DATOS DE LA DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS

		1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	TOTAL	T/M.año
Carbón Mineral	Sucres				5.950	2.187	217	3.898	29.142		8.100	49.494	4.949
	Kilos				4.521	7.072	916	10.707	30.309		18.370	71.895	7.190
Coke	Sucres				125.113	157.977	20.304	75.160	54.172	255.593	260.599	948.918	94.892
	Kilos				339.601	375.383	82.236	147.537	72.086	339.533	541.332	1'397.708	189.771
Alquitrán	Sucres	19.793	17.328	37.968	34.507	83.320	75.465	30.681	67.413	49.887	43.224	459.586	45.957
	Kilos	66.826	57.495	70.090	47.968	136.596	133.770	37.364	95.417	67.063	76.190	788.779	78.878
Otros productos de carbón mineral	Sucres					24.028	204		19.877	11.812		55.921	5.592
	Kilos					64.388	916		15.030	31.751		112.085	11.209
TOTALES	Sucres	19.793	17.328	37.968	165.570	267.512	96.190	109.739	170.604	317.292	311.923	1'516.099	151.610
	Kilos	66.826	57.495	70.090	392.092	583.439	217.838	195.608	212.842	438.347	635.892	2'870.467	287.048

Quito, a 19 de Septiembre de 1950.

VALORES DE LAS IMPORTACIONES DE PETROLEO Y SUS DERIVADOS
CANTIDADES EN SUCRES Y EN KILOS

DATOS DE LA DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSO

		1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	TOTAL	T/M. año
Aceites combustibles	Sucres	1.008	30			91.176	504.049	54.657				650.920	65.092
	Kilos	796	180			104.141	5'951.478	368.750				6'425.345	642.535
Gas y Kerosene	Sucres	78.694	19.931	94.178	80.205	81.737	72.360	50.326	84.950	35.327	581	598.289	59.829
	Kilos	153.970	45.778	159.261	118.179	91.030	82.228	55.799	86.051	48.282	47	840.625	84.063
Bencina, gasolina y otros derivados semejantes	Sucres	357.385	132.155	916.096	781.776	759.143	1'288.386	2'329.546	4'095.593	3'624.027	6'652.143	20'936.255	2'093.626
	Kilos	333.972	131.648	1'618.827	1'155.447	1'208.650	2'012.997	3'487.622	5'573.370	3'889.819	7'790.911	27'203.263	2'720.326
Parafina	Sucres	1'467.196	1'552.730	1'269.804	839.834	1'972.258	1'070.705	2'349.025	1'845.953	5'035.013	2'199.171	19'781.689	1'978.169
	Kilos	1'147.252	1'300.789	696.805	476.412	1'147.965	653.779	1'367.403	694.454	1'777.032	1'271.970	10'533.861	1'053.386
TOTALES	Sucres	1'904.283	1'704.846	2'280.078	1'701.815	2'813.138	2'522.627	5'232.946	6'081.153	8'694.367	8'851.900	41'786.646	4'178.665
	Kilos	1'635.990	1'478.395	2'474.893	1'750.038	2'447.645	2'853.145	10'826.302	6'722.625	5'715.133	9'062.928	45'003.094	4'500.309

Quito, a 22 de Septiembre de 1950.