

EL ASFALTO DE AUCA-MAHUIDA

POR EL D^r PEDRO T. VIGNAU

Profesor de las Universidades de Buenos Aires y La Plata
Químico director de los laboratorios de la Armada

I

En las proximidades del cerro de Auca-Mahuida, gobernación del Neuquen, existe un gran yacimiento de asfalto que aparece en la superficie del terreno en distintos puntos siguiendo siempre la misma dirección, indicando que la extensión del yacimiento debe alcanzar una extensión no menor de 8 kilómetros de largo por 2^m50 á 3 de ancho. Aun cuando no en toda esta extensión se observa en la superficie la capa de asfalto, sin embargo la semejanza en el ancho de las numerosas partes en que él se presenta al descubierto y la identidad de los caracteres físicos de las muestras recogidas en diversos puntos indican que no debe alterarse la solución de continuidad, por lo menos en la extensa superficie recorrida por los exploradores que conjuntamente con estos datos nos han presentado las tres muestras del producto que hoy nos proponemos estudiar.

Estas tres muestras, que para mayor comodidad las distinguiremos con los números 1, 2 y 3, han sido extraídas en un mismo sitio y su procedencia es la siguiente : La número 1 corresponde á la capa superficial completamente descubierta, la número 2 ha sido extraída á los 5 metros de profundidad y la número 3 fué tomada á los 23 metros.

Los resultados obtenidos en el análisis químico son los siguientes :

PROPIEDADES FÍSICAS

Por su aspecto y propiedades físicas las tres muestras presentan una semejanza tan grande y tal homogeneidad, que aun sin análisis químico alguno ya podría afirmarse *a priori* que se trata de un producto de una pureza raramente observada en esta clase de yacimientos.

Las tres muestras se presentan como una materia resinosa, dura, sólida, inodora en frío pero que desprende el olor característico de los productos asfálticos cuando se la calienta, su fractura es vítrea y concoidal en ciertos puntos; presentan un brillo perfecto, son de color negro con ligeros reflejos rojizos, funden poco más ó menos á los 130° , se ablandan á los 100° y no son atacadas por los ácidos ni por los álcalis. Arden con llama fuliginosa desprendiendo mucho calor y un olor característico.

EXAMEN QUÍMICO

Sucede con los asfaltos lo que con muchos productos naturales de composición química compleja y diversa que á pesar de los numerosos estudios que se han practicado y no obstante la competencia de los excelentes químicos que honran con sus publicaciones sabias y laboriosas la interesante bibliografía que sobre este tema existe, no ha sido posible establecer definitivamente el origen de los mismos, ni determinar exactamente la composición química perfectamente definida de los productos que lo forman y mucho menos por consiguiente uniformar los métodos de análisis á fin de poder caracterizar la composición química y expresar numéricamente el porcentaje de los principios inmediatos que lo forman.

Desde los trabajos de Boussingault que fué el primero que determinó en los asfaltos la presencia de dos hidrocarburos, el uno que él llamó petroloeno con su fórmula $C^{40}H^{32}$ y el otro el asfalteno de fórmula $C^{40}H^{32}O^6$, que vendría á ser formado por oxidación de aquel, hasta Ubbelohde, Engler y sobre todo Sadtler que en los últimos tiempos tan buenos estudios nos han proporcionado, todos están de acuerdo en admitir la existencia en los asfaltos de esos dos hidrocarburos, presentándose el petroloeno como un líquido pardo rojizo de olor aromático, de consistencia viscosa, que destila á los 250° , y el asfalteno como un sólido de color negro brillante, que se ablanda por el calor y al que una elevación de temperatura mayor lo descompone con desprendimiento de gran cantidad de gases formados especialmente por terpenos, metano é hidrocarburos no saturados. Todos los autores están de acuerdo en admitir como materias bituminosas á los hidrocarburos solubles en el cloroformo, el benzol, el sulfuro de carbono ó la esencia de trementina hirviente pero mientras que para Boussingault sería petroloeno la parte soluble en alcohol y para

Richardson la parte soluble en sulfuro de carbono, Sadtler solo considera petroloeno á los hidrocarburos solubles en acetona, Ubbelohde le llama así á los hidrocarburos solubles en un éter de petróleo especial, impropriamente llamado bencina normal, en tanto que para Endman sería petroloeno la parte del extracto clorofórmico que destila á 250° en una atmósfera de anhídrido carbónico.

Si los resultados obtenidos por estos procedimientos coincidieran sería tarea fácil, pues el operador tendría la ventaja de poder seguir el de su predilección, pero desgraciadamente lo que sucede es todo lo contrario resultando datos completamente distintos según la marcha sistemática seguida de acuerdo con el autor cuyo método se haya adoptado, al extremo de que un asfalto que por el método de Endeman dió 26,51 por ciento de petroloeno, había dado 87,12 por ciento siguiendo otro procedimiento ¹.

Á fin de que este trabajo pueda ser utilizado aplicando cualquiera de los métodos más comunes hemos investigado los hidrocarburos que se disuelven en los solventes más comunemente empleados en los análisis de asfalto deteniéndonos especialmente en el método de Sadtler hoy en día tan generalizado en Estados Unidos é Inglaterra y el de Ubbelohde utilizado especialmente en Alemania.

Los resultados comparativos de las tres muestras pueden verse en el siguiente cuadro :

	Número 1	Número 2	Número 3
Densidad.....	1.1405	1.1406	1.1041
Materia insoluble en sulfato de carbono....	vestigios	vestigios	vestigios
— en acetona.....	85.414	84.328	86.595
— en cloroformo.....	no dosable	no dosable	no dosable
— en éter.....	72.361	68.282	58.151
— en benzol.....	vestigios	vestigios	vestigios
— en bencina normal.....	91.191	92.90	92.595
Materia soluble en alcohol.....	no dosable	no dosable	no dosable
Materia orgánica no bituminosa.....	vestigios	vestigios	vestigios

DESTILACIÓN PIROGENADA

Substancia volátiles.....	56.850	62.425	65.725
Carbón fijo (coque).....	42.550	37.787	33.975
Sales minerales (cenizas).....	0.598	0.2875	0.293
Azufre total.....	5.3592	3.005	3.062
Nitrógeno total.....	0.9877	1.113	1.2705

Las cenizas están constituídas casi exclusivamente por sales de vanadio con ligeros vestigios de sílice, arcilla y sales de calcio.

¹ A. FUNARO, *Enciclopedia de química*. 1897.

DESTILACIÓN FRACCIONADA

Solo hemos podido practicarla sobre la muestra número 3 correspondiente al asfalto extraído á 23 metros de profundidad por no tener suficiente cantidad de las otras dos muestras.

Como los hidrocarburos que destilan tanto los líquidos (salvo el petroleño) como los gaseosos, son verdaderos productos de descomposición pirogenada, es difícil seguir en una sola operación el fraccionamiento exacto de los productos que destilan por las oscilaciones del termómetro debido á los continuados y sucesivos desdoblamientos que deben producirse, por lo cual los resultados que van á continuación fueron obtenidos recogiendo en una primera destilación la totalidad de productos líquidos y sometiéndolos luego á una redestilación fraccionada.

Estos resultados expresan el término medio de tres operaciones distintas :

HIDROCARBUROS LÍQUIDOS

Temperatura de destilación	Cantidad por ciento	Aspecto
Entre 93 y 150°	2.5	líquido incoloro
— 150 y 200°	5.2	líquido anaranjado
— 200 y 250°	7.0	líquido citrino
— 250 y 300°	5.2	líquido amarillo verdoso
— 300 y 330°	6.5	líquido rojo verdoso
Arriba de 330°	4.8	líquido muy viscoso de color pardo rojizo
Total.....	31.2	

El resto ó sea un 34.525 por ciento está constituido por productos gaseosos, de olor aromático, inflamables con llama luminosa, de gran poder calorífico con todos los caracteres de un gas de alumbrado. Como residuo de la destilación queda alrededor de 34 por ciento de coque de color gris pardo, muy esponjoso.

El gas obtenido, sometido previamente á un lavado y purificación para extraer los productos sulfurados, fué analizado después de recogerlo en una cuba hidroneumática.

Los resultados que van á continuación expresan la relación por ciento en volumen de los diversos gases encontrados y son un término medio entre cuatro análisis practicados con productos obtenidos en diversas destilaciones :

Anhidrido carbónico.....	2.36
Oxígeno	4.88
Hidrocarburos etilénicos.....	11.16
Hidrocarburos acetilénicos	1.08
Óxido de carbono.....	1.72
Terpenos y metano.....	55.1
Hidrógeno.....	<u>23.7</u>
Total.....	100.00

PODER CALORÍFICO

Éste fué determinado por medio de la bomba de Malher en una atmósfera de oxígeno.

Los datos obtenidos que han sido investigados en la escuela de química y farmacia, con la colaboración de nuestro distinguido amigo el doctor Enrique Herrero Ducloux, son los siguientes :

Muestras	Número 1	Número 2	Número 3
Peso.....	1 gramo	1 gramo	1 gramo
H ² O.....	2200	2200	2200
Fe.....	0.0163	0.0163	0.0163
(HNO ³ + H ² SO ⁴) en HNO ³	0.2412	0.1789	0.1883
Equivalente en agua..	540	540	540
Combustión	0'..... 1°070	1°4725	0°855
	1'..... .0725	.4725	.855
	2'..... .0725	.4725	.855
	3'..... .0725	.4700	.855
	4'..... 0.725	.4700	.855
	5'..... .0725	.4675	.8525
	5'30... 2.800	3.0500	2.400
	6'..... 4.000	4.1000	4.050
	7'..... 4.410	4.7550	4.4275
	8'..... .410	.7525	.4225
	9'..... .395	.7375	.4075
	10'..... .3825	.7225	.3925
	11'..... .3675	.7050	.3750
12'..... .3525	.6900	.3575	
13'..... .3375	.6750	.3425	
Valor de Δ	3°3375	3°2875	3°5750
Valor de α.....	+0 0360	+0 0337	+0 0214
Calorías.....	9162	9033	9785

Como se ve, el término medio de las tres muestras nos da 9326 calorías, habiéndose obtenido en una de ellas hasta 9785 calorías.

II

Arriesgadas son indudablemente las comparaciones que con solo los datos teóricos pueden establecerse en productos de diversa procedencia que teniendo una composición química mal definida, á pesar de haber sido muy estudiada, están destinados especialmente á aplicaciones industriales con fines puramente comerciales en los que los numerosos factores que en la práctica intervienen pueden llegar á perturbar, quizá por un insignificante detalle, las previsiones de la ciencia, pero no quedaría completo este estudio si no comparáramos los resultados obtenidos con los asfaltos extranjeros más conocidos por su bondad demostrada en las numerosas aplicaciones que constantemente se hace de ellos y con los asfaltos argentinos como los de Garrapatal en Jujuy que han sido estudiados por el doctor Enrique Herrero Ducloux con la minuciosa escrupulosidad con que caracteriza todas sus producciones ¹.

Para que la comparación sea exacta la basaremos en los datos obtenidos por el método de Sadtler que ha sido el preferido por el doctor Herrero Ducloux y el empleado para el análisis de los asfaltos de Trinidad y Bermúdez ².

Sadtler considera materia orgánica no bituminosa el residuo insoluble en sulfuro de carbono después de descontar las cenizas, la porción soluble en acetona la considera petroleno y designa con el nombre de asfalteno la parte insoluble en este cuerpo pero que se disuelve en cloroformo en frío.

Los datos comparativos son los siguientes :

	Trinidad	Bermúdez	Alcatraz	Garrapatal	Auca-Mahuida		
					1	2	3
Petroleno.....	46.40	66.47	82.91	21.77	14.59	15.67	13.41
Asfalteno.....	15.15	29.66	9.39	16.23	85.41	84.33	86.59
Materia orgánica no bituminosa.....	3.02	1.76	vestigios	vestigios	vestigios	vestigios	vestigios
Cenizas	35.44	2.11	1.40	62.60	0.59	0.29	0.29

Á fin de poder establecer la comparación empleando otro método hemos practicado el análisis por el procedimiento de Ubbelohde quien como

¹ E. HERRERO DUCLOUX, *Boletín de agricultura y ganadería*. 1903.

² A. H. ALLEN, *Tom. Arg. Analysis*. 1900.

hemos dicho dosa la totalidad de substancias asfálticas disolviéndolas en sulfuro de carbono recientemente destilado y privado por consiguiente de su impurezas, principalmente del azufre libre.

La substancias bituminosas son tratadas luego por bencina normal, producto que no hay que confundir con el éter de petróleo y mucho menos con el benzol. Esta bencina normal de Ubbelohde destinada especialmente al análisis de asfaltos en un éter de petróleo de propiedades especiales : su densidad debe ser 0.7016 á 15° y su punto de ebullición igual á 62° ; en la destilación fraccionada debe dar 54 por ciento de hidrocarburos destilables entre 60 y 70°, 42 por ciento destilables entre 70 y 80° y 4 por ciento entre 80 y 90°. Viene pues á ser un producto intermedio entre el éter de petróleo y la ligroina ¹.

La parte insoluble en este disolvente una vez seca es de un color negro brillante, de aspecto resinoso, es dura y quebradiza, funde arriba de 130° y apenas se ablanda á los 100°. Presenta pues caracteres perfectamente comparables con el asfalteno de Sadtler.

La solución obtenida es evaporada á sequedad y se trata el residuo por alcohol amílico que separa este extracto en dos porciones una insoluble que, disuelta en benzol, evaporada la solución, secada á 100° y pesada constituye una mezcla de hidrocarburos semisólidos, viscosos que se estiran en largas hebras finas y elásticas. La solución amilica es evaporada á sequedad humedecida con alcohol etílico y evaporada nuevamente, se seca y luego se pesa.

Con este método la parte más importante para conocer la bondad de un asfalto es en primer lugar la abundancia de productos solubles en sulfuro de carbono, luego la menor solubilidad de estos en la bencina normal y entre los productos solubles en este disolvente cuanto menor sea el porcentaje de substancias extractivas en el alcohol amílico, mayor será la dureza del asfalto.

Comparemos ahora los resultados obtenidos con el asfalto de Aucamahuida y los que dan los asfaltos de Trinidad y los de Siria ², analizados por este método :

¹ ENGLER Y UBBELOHDE, Artículo publicado en el *Tratado de análisis químico de Post y Neumann*.

² POST Y NEUMANN, tomo I, 1908.

	Trinidad por ciento	Siria por ciento	Auca-Mahuida		
			1	2	3
			por ciento	por ciento	por ciento
Insoluble en sulfuro de carbono	18	10	vestigios	vestigios	vestigios
Insoluble en bencina normal	54	58	91.191	92.900	92.595
Insoluble en alcohol amílico.....	19	17	7.779	5.03	4.355
Soluble en alcohol amílico.....	9	15	1.03	2.07	3.05

Debemos recordar aquí que los asfaltos de Trinidad y Bermúdez cuyos análisis entran en los cuadros comparativos que hemos colocado más arriba sufren antes de ser utilizados una purificación industrial que les hace perder una parte de los hidrocarburos livianos agregándoseles en cambio algunas sustancias minerales y resinas de petróleo, en tanto que los asfaltos de Auca-Mahuida han sido analizados en las mismas condiciones en que se encuentran en la naturaleza lo que no implica que puedan en estas condiciones ser clasificados ventajosamente con relación á aquellos.

Es que en el yacimiento de Auca-Mahuida no encontramos un calcáreo bituminoso más ó menos rico en sustancias asfálticas como son los asfaltos de Val de Travers, Illinois, etc., ni una arcilla bituminosa como son los de California, Utah, Trinidad, Bermúdez, etc., sino un verdadero betún de una pureza sólo comparable con el betún de Judea que se encuentra en el lago Asphaltite ó mar Muerto.

III

Numerosas y muy variadas son las aplicaciones que un producto de la pureza como el que nos ocupa puede presentar.

Mezclado con cantidades adecuadas de calcáreo y arcillas finamente pulverizados puede obtenerse un concreto que seguramente daría muy buenos resultados en el pavimento de nuestras calzadas. Sería aventurarse demasiado sostener exclusivamente por los datos teóricos que suministra este estudio que con este producto se obtendrán ventajas en el afirmado de nuestras calles puestos que como hemos dicho ya entre las indicaciones teóricas y las aplicaciones prácticas suele con frecuencia acontecer que hay diferencias que exigen nuevos estudios para vencer las dificultades que se presentan, pero el punto de fusión elevado, la riqueza en asfalteno que aparece, cualquiera que sea el método de análisis

empleado, y los demás caracteres físicos y químicos, todo hace suponer que este producto dará resultados muy buenos si se le sabe utilizar.

Con él pueden igualmente prepararse cementos hidráulicos semejantes á los que se obtienen con el betún de Judea.

Hemos preparado dos tipos de barnices uno de ellos utilizando el asfalto natural tal cual se presenta y el otro haciéndole sufrir una purificación previa algo semejante á la que se emplea con el betún de Judea para preparar el barniz negro del Japón. El barniz que hemos obtenido con el asfalto natural seca en menos de una hora dejando una capa brillante, homogénea, dura y elástica de un color negro por reflexión y rojizo muy obscuro por transparencia que da los mismos resultados que el que se obtiene con los barnices del Japón de uso corriente en plaza. Naturalmente estas propiedades son mucho más ventajosas con el barniz preparado con el asfalto sometido previamente á la purificación que hemos indicado. Con este asfalto hemos podido obtener un negro de humo de propiedades completamente semejantes al llamado negro de Momia.

Como hemos demostrado anteriormente puede prepararse con este asfalto un gas de alumbrado cuyo rendimiento y poder luminoso permiten prever que en la práctica dará buenos resultados.

Queda un punto importantísimo por estudiar y es el de su aplicación como combustible. Estamos en efecto en presencia de un cuerpo capaz de desarrollar un grandísimo número de calorías pero que por su poder aglutinante, la gran cantidad de oxígeno que necesita para la combustión y el punto de fusión relativamente bajo no puede ser empleado directamente como combustible. Problemas mucho más difíciles sin embargo ha solucionado la química por lo que no es aventurado prever que con este asfalto se podrán preparar aglomerados que darán muy buenos resultados como combustibles con un costo relativamente bajo.

Numerosas y muy variadas pueden ser como se ve las aplicaciones que con este producto se obtendrán y no es arriesgado esperar que en los yacimientos de Auca Mahuida tendrá nuestro país en un porvenir no muy lejano una nueva fuente de riqueza nacional que vendrá á sumarse á las numerosas sorpresas con que la naturaleza nos favorece haciendo que en todas latitudes nuestra tierra abra su seno y nos brinde frutos de su riqueza incalculable como si quisiera recordar á sus habitantes enorgullecidos con razón por los progresos de la agricultura y la ganadería, que no es solo allí donde deben dirigir sus actividades pues muchas son las industrias que esperan con ansias la labor fecunda de nuestros hombres á fin de que esta nación, que tan envidiable posición ha conquistado como país productor, ocupe el sitio que le corresponde como país manufacturero.