

ALGUNOS ASPECTOS DEL ORIGEN DEL PETROLEO

Fernando Meléndez Hevia

El origen orgánico del petróleo está fuera de toda duda, no solamente por aparecer relacionado con rocas sedimentarias con elevado contenido de materia orgánica, sino por contener compuestos ópticamente activos y pigmentos porfirínicos. Su asociación con rocas ígneas, es consecuencia de emanaciones por metamorfismo o recarbonización (yacimientos de gas del Mar del Norte).

Pese a su carácter volátil, que motiva el que generalmente no aparezca relacionado con la roca que lo originó, se conocen varios factores, que condicionan su formación.

1. *Físicos*.—No se necesitan grandes presiones, habiéndose calculado en 175 kg/cm², el valor suficiente, no sólo para su formación, sino quizás más bien para su expulsión a la roca-almacén.

Es también un proceso de baja temperatura, del orden de los 100° C. El valor máximo es 200° C, en que las porfirinas son inestables y se destruyen.

El potencial Red-Ox, es fundamental para que vivan unas u otras bacterias. Depende del contenido en materia orgánica, siendo más bajo, y por tanto más favorable, cuanto mayor sea su cantidad.

2. *Geológicos*.—El primer factor imprescindible, es la existencia de una cuenca sedimentaria de grandes dimensiones, donde se pueda desarrollar el ciclo sedimentario completo. Dentro de esta cuenca, es necesaria la formación en algún momento de su evolución, de un surco subsidente, que permita una gran acumulación de sedimentos, y donde existan condiciones anaerobias para la preservación de la materia orgánica. Como a subsidencia está regida por fallas gravitacionales, los yacimientos petrolíferos suelen aparecer alineados, según sus direcciones. Con estas características, un tipo muy frecuente es el "Half graben" o cuenca con un borde fijo.

Desde el punto de vista de la evolución de la cuenca, la formación de petróleo suele coincidir con el período anterior a la fase evaporítica, que es también la más subsidente. La profundidad que se ha calculado, oscila entre 750 y 1.800 metros, pensándose que es la ne-

cesaria para que al producirse la subsidencia, emigre hacia los bordes de la cuenca.

Es muy difícil saber cuál es la facies que lo ha originado, pues muy rara vez aparecen asociadas roca-madre y roca-almacén. Se piensa que se produce en los ambientes parálico, salobre y nerfítico, que es donde aparecen las mejores alternancias de arcillas y areniscas. La formación de petróleo, está ligada no a gran cantidad de sedimentos finos o gruesos, sino a una cierta relación entre ambos, cuyo óptimo variará según las regiones, situaciones y área fuente; y como las facies dependen de la batimetría, los yacimientos petrolíferos suelen aparecer alineados paralelamente a la antigua línea de costa. Es por tanto, muy importante, conocer con el mayor detalle, la paleogeografía.

En cuanto a la edad, está demostrado que se ha formado en todas las épocas, incluso en el Cámbrico y Ordovícico. Este hecho hace pensar en que ya entonces existía vida suficientemente desarrollada para formarlo, y que quizás se formó también en el Precámbrico aunque ha desaparecido por el intenso metamorfismo sufrido. El hecho de que haya épocas más prolíficas que otras, en particular las postorogénicas, se debe a la combinación favorable de todos o al menos de varios factores. Parece que las orogénias influyen decisivamente en la reactivación de estos factores. En cuanto al tiempo necesario para que se forme el petróleo, se calcula en un millón de años, aproximadamente.

3. *Biológicos*.—El petróleo se forma a partir de la acumulación de materia orgánica, que tiene dos orígenes: por un lado, los organismos que al morir caen y se incorporan a los sedimentos. Por otro, la arrastrada por los ríos, que constituye más del 50 %, y que está compuesta de humus, organismos muertos y petróleo expuesto a la erosión. Una vez acumulada esta materia en el fondo, se necesita un ambiente cerrado, sin corrientes, con el fin de que no exista circulación de oxígeno, y las bacterias anaerobias puedan actuar sobre ella. Esta

actividad bacteriana, hace bajar el potencial Red-Ox a valores de -500 mV, que no solamente favorecen su actividad, sino que previenen su oxidación. Pese a que aún en las primeras etapas no se producen hidrocarburos, ya comienzan las transformaciones, aumentando la proporción C/N.

A partir del petróleo, no se puede saber nada de la composición del material originario, pero la existencia de diversos tipos de petróleo ya indica un origen diverso. Para pasar de la materia orgánica al petróleo, se produce un enriquecimiento en las proporciones de C y H, y una disminución de las de O y N, elementos que ya aparecen en los hidrocarburos líquidos (más sencillos en los orgánicos que en los del petróleo), asfaltos y kerógeno. Los tres, pueden ser por tanto, quienes originen el petróleo, por cambios químicos y bioquímicos. Los dos primeros han contribuido con toda seguridad, pero el kerógeno, parece que no origina directamente petróleo. Es un producto pirobituminoso, con aspecto de carbón pulverulento e insoluble en la mayoría de los disolventes orgánicos. Para romperlo, se necesita temperatura. Aparece frecuentemente en los sedimentos actuales y en el petróleo puede ser de dos tipos: uno carbonoso, que parece originar carbón, y otro aceitoso, que quizás se transforme en petróleo, al menos una pequeña parte. Otros compuestos orgánicos que podrían originar petróleo son las porfirinas, encontradas en él; los ácidos grasos, perdiendo un grupo carboxilo; las proteínas e hidratos de carbono, que contribuyen activamente en las primeras transformaciones bacterianas, y la lignina, cuyo comportamiento es aún poco conocido.

De cualquier manera, las proporciones originales de estos compuestos son muy variables, pues los seres que viven en los diversos ambientes, son también muy variados.

Finalmente, se conocen varias posibles fuentes de energía para su transformación en petróleo, pero no se pueden valorar sus contribuciones. Primeramente, al descubrir la actividad bacteriana, se pensó que además de proporcionar el ambiente reductor, generaban el petróleo. Posteriormente, se vio que su actividad tendía a formar grupos carboxilo, hidroxilo, amina y sulfhidrilo, más que a eliminar O y N. Hoy se piensa en la exis-

tencia de bio y litocatalizadores, que formarían los hidrocarburos. Las bacterias producen gran cantidad de catalizadores orgánicos, que pueden perdurar durante largo tiempo, y que podrían generarlos. Habría una primera generación inicial, a cargo de organismos aerobios, llamados hidrobiontes, que actúan ya sobre el plancton, y otra a cargo de los pelobiontes, anaerobios. Los hidrocarburos generados son sólidos, con más de 15 carbonos. Posteriormente, habría una segunda fase, abiogénica, formándose los hidrocarburos por termolisis y termocatálisis de los componentes grasos. Los hidrocarburos así formados, son ligeros, y se piensa que actúan como catalizadores algunos minerales del grupo de las arcillas, en especial la montmorillonita.

Otra posible fuente es la radiactividad natural de los sedimentos. El bombardeo radiactivo, puede alterar el material orgánico, y producir hidrocarburos. Sin embargo, la cantidad de petróleo así obtenida, es tan pequeña, que aunque haya una cierta proporción formada por este mecanismo, no puede ser el único.

El calor moderado (hasta 200° C), por continuado durante largo tiempo, produce desaminaciones, ciclaciones, hidrogenaciones e isomerizaciones, y por tanto, las estructuras poliénicas pueden ciclarse para producir hidrocarburos aromáticos, actuando las arcillas como catalizadores a lo largo de mucho tiempo.

También se ha pensado en la formación de un protoproducto parafinoso, que al cabo de largo tiempo a temperatura moderada y alta presión, pasaría a olefinas, que al agruparse y polimerizarse, darían diversos hidrocarburos complejos. En resumen, no se conocen detalladamente los procesos de formación ni las fuentes de energía, pero lo más probable es que sea una combinación de todas ellas.

4. *Sedimentos recientes.*— En principio, no se puede hacer una diferenciación clara entre sedimentos marinos y continentales. Las muestras de agua dulce parecen tener más hidrocarburos, aunque su contenido en materia orgánica sea menor. Los hidrocarburos actuales tienen preferencia por ser de carbono impar, en mayor proporción que en el plancton, preferencia que no se observa en el petróleo, y que se debe producir a mayor profundidad.