

S O B R E  
YACIMIENTOS PETROLÍFEROS

P O R

LUIS JORDANA SOLER

INGENIERO DE MINAS

Publicado en la REVISTA MINERA



MADRID

IMPRESA DEL SUCESOR DE ENRIQUE TEODORO

Glorieta de Santa María de la Cabeza 1.

1932

S O B R E  
YACIMIENTOS PETROLÍFEROS

P O R

LUIS JORDANA SOLER  
INGENIERO DE MINAS

---

Publicado en la REVISTA MINERA

---

MÁDRID  
IMPRESA DEL SUCESOR DE ENRIQUE TEODORO  
Glorieta de Santa María de la Cabeza 1.  
1932

---

---

## CARÁCTER GEOLÓGICO DE LOS YACIMIENTOS

Desde un punto de vista tectónico, un terreno cualquiera se caracteriza por tres elementos:

1.º Su edad geológica, que se determina por los caracteres paleontológicos y estratigráficos.

2.º Su *facies*, o sea el aspecto bajo el cual aparece un terreno. Puede presentar una facies marina, o los caracteres típicos de las circunstancias que han concurrido al efectuarse la sedimentación.

3.º Su estructura tectónica, es decir, la forma que han adquirido los estratos por la acción de los esfuerzos terrestres. Así se distinguen los sinclinales, los anticlinales y las fallas, que son líneas de rotura de la corteza terrestre.

El estudio de las modalidades de estos tres elementos ha permitido llegar a las conclusiones fundamentales siguientes:

«La riqueza en petróleo es independiente de la edad geológica.

»El petróleo se encuentra solamente en los terrenos porosos y fisurados que están cubiertos por estratos impermeables.

»En los terrenos plegados, el petróleo se acumula de preferencia en la parte superior de los anticlinales.»

El petróleo se encuentra en terrenos de todas las edades, desde la primaria hasta la cuaternaria, sin que deba sorprender este hecho, cualquiera que sea la teo-

ría que se acepte para su formación. A causa de la gran movilidad que tiene este combustible, puede pasar fácilmente de un nivel a otro aprovechando las fisuras, y como casi siempre aparece acompañado de gas con presión, tiene tendencia a subir y almacenarse en las capas superiores. Es posible que la mayoría de los yacimientos petrolíferos que se explotan sean secundarios, y, por tanto, están más próximos a la superficie que los primarios de donde procedan. Esta particularidad podría explicar los goteos superficiales de petróleo y la existencia de asfalto, gases, etc., que en muchos casos han servido para revelar la presencia de un yacimiento petrolífero.

Las fisuras desempeñan en la riqueza petrolífera un papel importante. El petróleo sólo se encuentra en los estratos porosos. Los sedimentos son de naturaleza diversa, pero generalmente pertenecen a una de las clases siguientes: arenas, conglomerados, areniscas y caliza dolomítica.

Las arenas petrolíferas forman la mayor parte de los yacimientos conocidos, y cuando son ricas tienen un color negruzco. Se conocen casos de arenas silíceas que no tienen color porque están impregnadas de aceites ligeros. Estas arenas se lavan muy fácilmente con el agua del sondeo, y por esto salen casi limpias y sin trazas aceitosas. Estas circunstancias hay que tenerlas muy en cuenta, pues de lo contrario se podría considerar estéril un nivel de arena que no lo fuera.

El elemento esencial de las arenas para su ley petrolífera es la porosidad. Esta es muy variable y además difícil de medir con exactitud. Según el grado de compresión, la relación del volumen de huecos al volumen total oscila entre el 20 y el 40 por 100. Estas cifras representan el poder de absorción de la arena, es

decir, el volumen por ciento del aceite que es capaz de retener hasta la saturación.

Mr. Chambrier, ilustre ingeniero y geólogo que fué durante muchos años director de las minas de petróleo de Pechelbromm (Alsacia), estudió mucho este asunto, y obtuvo los siguientes valores del poder de absorción:

Arenas sueltas (en volumen), 40 por 100.

Arenas apelmazadas (en volumen), 27 por 100.

Partiendo de estos datos, se deduce que un kilómetro cuadrado de superficie de una capa de arena de un metro de espesor puede contener unas 250.000 toneladas de petróleo de densidad media. En Bakú (Rusia), las capas petrolíferas, situadas a unos 1.000 metros de profundidad, tienen un espesor total de unos 100 metros. Esto representa una capacidad teórica de producción por kilómetro cuadrado de unos 25 millones de toneladas de petróleo. Esta cifra es la mayor que se conoce en el mundo.

La riqueza petrolífera de una capa de arena está en relación directa con la porosidad, pero a porosidad igual, la producción será tanto menor cuanto menor sea el tamaño de los huecos, pues si éstos son muy pequeños, la viscosidad del petróleo dificultará su acceso al sondeo.

Por regla general, las capas petrolíferas no se presentan de una manera continua. Forman lentejones independientes, y éstos, como los estratos, se hallan también afectados por los accidentes tectónicos, los cuales producen variaciones en la ley del petróleo. Hay casos en que dentro de un mismo lentejón existen zonas más cimentadas que otras. Por lo tanto, como tienen menos porosidad darán menos cantidad de petróleo. En caso semejante, dos sondeos muy próximos pueden dar rendimientos muy diferentes.

Las capas de elemento grueso, gravas y conglomerados, pueden tener petróleo. Es poco frecuente esta clase de capas en los yacimientos petrolíferos, pero en California hay bastantes niveles constituidos por elementos de esa naturaleza. En general, los yacimientos americanos están formados por areniscas, las cuales están integradas por aglomeraciones de arena o gravas cimentadas por sílice o caliza. El petróleo se aloja en los intersticios que han quedado sin rellenar o incompletamente rellenos. Cuando las areniscas son demasiado compactas, tienen costumbre los sondeadores americanos de estallar en el fondo del sondeo una gran carga explosiva; la roca se desagrega, y en la generalidad de los casos aumenta la producción.

De las rocas calizas, sólo las dolomíticas son aptas para contener petróleo. La dolomía, como se sabe, proviene de la transformación del carbonato de cal en carbonato doble de cal y magnesia, y el volumen que ocupa es menor que el de la caliza primitiva. La dolomitización produce en la caliza muchas cavidades, y así adquiere una porosidad adecuada para contener petróleo. La substitución mineralógica no se verifica en toda la masa de la roca, y por tanto, los yacimientos petrolíferos a que dan lugar no se presentan en capas continuas, sino en manchas aisladas. Las regiones petrolíferas de Ohio e Indiana (Estados Unidos) pertenecen a este tipo. Las calizas groseras, que son las de elementos gruesos, contienen petróleo raramente.

Los esquistos y arcillas suelen ser demasiado compactos para almacenar petróleos. Sin embargo, si el terreno estuviera muy fisurado podría estar contenido en las grietas: los yacimientos de estos tipos de rocas son poco productivos e inadecuados para su explotación.

No basta que una roca sea porosa para que contenga petróleo; es necesario, además, que esté cubierta por una capa impermeable que impida la emigración de aquél y de los gases que se desprenden. Estos cubrimientos, por regla general, son capas de arcillas y esquistos más o menos endurecidas. Es frecuente que los yacimientos de petróleo estén en contacto con grandes bancos de arcilla azulada o gris. En Rumania se estima la presencia de estas arcillas como augurio feliz de un yacimiento rico. También se ha observado

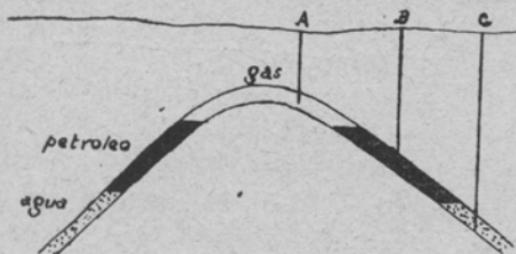


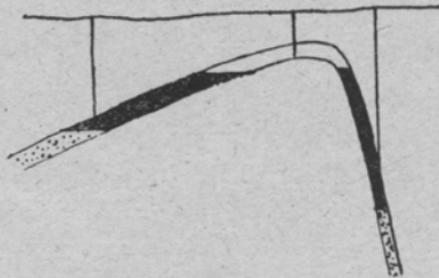
Figura 1

en India inglesa y América la relación que existe entre esa arcilla y el petróleo.

Es un hecho comprobado que el petróleo tiende a acumularse en las partes altas de los anticlinales. Veamos lo que pasa en un yacimiento de esta clase: El petróleo siempre aparece acompañado de agua y gas. En un anticlinal los tres elementos se dispondrán por orden de densidad (fig. 1.<sup>a</sup>), pero parte del gas estará disuelto en el petróleo por efecto de la gran presión interna.

Así un sondeo en A dará gas; uno en B, petróleo, y uno en C, agua. En la práctica no suceden estos fenó-

menos de una manera tan definida. El sondeo *A*, después de haber expulsado gas, producirá algo de petróleo, y tanto más cuanto más cerca se halle de éste. El sondeo *C*, si no está muy distante de la superficie de contacto del agua y petróleo, podrá dar petróleo después de agotada aquélla. Por último, el sondeo *B* dará petróleo, acompañado del gas que está disuelto, pues éste se irá desprendiendo a medida que descienda la presión interna. Por lo dicho, se ve que las acumulaciones petrolíferas se hallan en las crestas de los anticlinales o en sus cercanías. Esto explica por qué



*Figura 2*

en la mayoría de los campos petrolíferos se ven los castilletes de los sondeos alineados en zonas largas y estrechas.

Si el anticlinal fuera de ramas de inclinación distinta (asimétrico) (fig. 2.<sup>a</sup>), no variarían los hechos en principio, pero sucederá que la rama más vertical tendrá menos grueso por efecto del gran estiramiento que habrá experimentado la capa; por consecuencia, los sondeos en esta parte alcanzarán más rápidamente profundidades inaceptables que los de la otra. En los yacimientos de este tipo los sondeos se colocan principalmente en la rama menos verticalizada.

En la naturaleza abundan más los anticlinales asimétricos que los simétricos, y, en cambio, los yacimientos a que dan lugar son menos ricos. Uno de los asimétricos más característicos del mundo es el de Grosny (Cáucaso), y entre los simétricos se pueden citar los de India inglesa (simétrico regular (fig. 3.<sup>a</sup>))



Figura 3

y los de Bibi-Eybat de Bakú (simétrico con fallas numerosas) (fig. 3.<sup>a</sup>).

Cuando se trata de sinclinales, el agua ocupa el fondo y el petróleo se sitúa en las dos ramas (fig. 4.<sup>a</sup>) En este caso, el gas escapa fácilmente a través del relleno de la capa y pocas veces se acumula.

La presencia de anticlinales y sinclinales no asegura la existencia del petróleo. Es necesario que concurren también las características de facies, y, además, que se hayan producido en la región fenómenos de origen orgánico y volcánico capaces de engendrar petróleo.

Cuando no hay agua en la capa petrolífera, el petróleo se acumula en el fondo del sinclinal. Este caso no es frecuente, pero sucede en algunos yacimientos del Este de los Estados Unidos.

La mayoría de los yacimientos americanos, principalmente los de Ohio e Indiana, son capas sedimentarias sensiblemente horizontales (pendiente máxima, 1 por 1.000) que no presentan plegamientos de impor-



Figura 4

tancia. Esta estructura se llama *monoclinual* o *en terraza*. Dada la horizontalidad de los estratos, es difícil que afloren, y, por tanto, no habrá podido emigrar el petróleo almacenado. Si las capas afloran, el petróleo

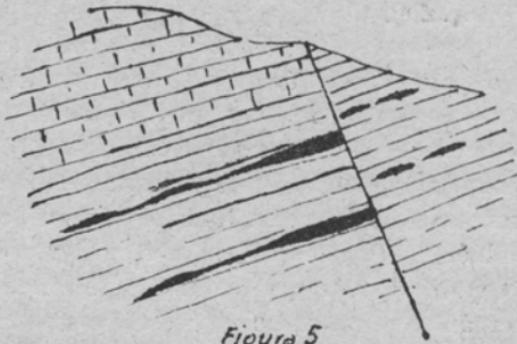


Figura 5

puede escaparse a no ser que haya ocurrido un resbalamiento de parte del terreno, en cuyo caso quedaría interrumpida la capa y el petróleo aprisionado en la parte inferior de la misma. Esto es lo que ocurre en

los yacimientos de Los Angeles (California) (fig. 5.<sup>a</sup>) y del Perú (fig. 6.<sup>a</sup>).

Al estudiar un campo petrolífero es muy interesante determinar las fallas, porque juegan un papel im-

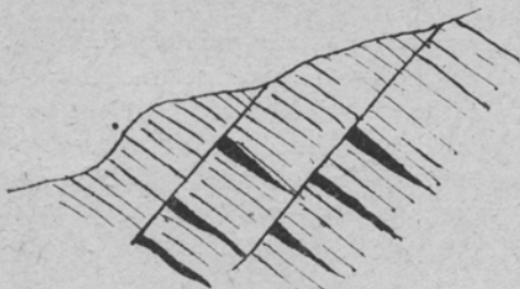


Figura 6

portantísimo en los yacimientos de petróleo. En la mayoría de los casos facilitan el ascenso del petróleo a los niveles superiores. En Rusia y Rumania tienen costumbre los explotadores de explotar los sondeos en

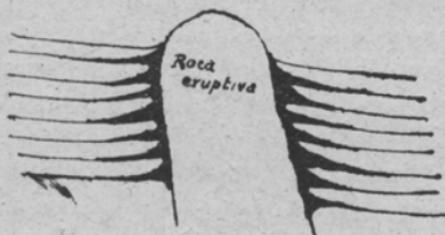


Figura 7

las proximidades de las fallas, pues tienen casi por seguro que en esos sitios se logran mayores rendimientos. En Alsacia, por el contrario, los yacimientos se empobrecen en las cercanías de las mismas.

Las fallas no presentan siempre en la superficie un cierre hermético. Por esta causa suelen verse en sus afloramientos impregnaciones de petróleo que a veces por su importancia son verdaderos manantiales. Estos indicios externos tienen gran valor para los buscadores de petróleo.

Las inyecciones de rocas eruptivas (basaltos, pórfidos, granitos) pueden modificar un yacimiento petrolífero. En Méjico abundan mucho los casos de concentración de petróleo en las zonas de terrenos sedimentarios contiguas a los magmas de basalto (fig. 7.ª).

#### PARTICULARIDADES DE LOS YACIMIENTOS PETROLÍFEROS

Una de las cuestiones más debatidas es el estudio de las emigraciones del petróleo. Las hay de tres clases: laterales o locales, regionales y debidas a la explotación.

Se llaman emigraciones laterales las que se producen en el mismo interior de la capa petrolífera y dan por resultado la acumulación del petróleo hacia la parte superior de los anticlinales.

Se dice que hay emigración regional cuando el petróleo se desplaza de un yacimiento primitivo a niveles superiores, utilizando como vehículo las fallas y fisuras del terreno. Hoy se admiten solamente estas clases de emigraciones, y más especialmente en los terrenos petrolíferos de Rusia, Galitzia y Rumania, que están muy fisurados. Sin embargo, algunos geólogos las niegan, y se basan en que los petróleos profundos tienen menos densidad que los próximos a la superficie. Esto pudiera explicarse por el hecho de que los primeros están mejor protegidos, y, en consecuencia, conservan todos sus elementos ligeros, los cuales se

habrán evaporado a medida que se acerca el petróleo a la superficie. Otra explicación pudiera ser que los petróleos cuando se acercan al exterior se van oxidando, y esto da lugar a un aumento de densidad.

Hay conformidad en admitir que el agua es la causa de las emigraciones regionales del petróleo. A medida que descienda, el petróleo, por su menor densidad, tenderá a elevarse y será muy probable que no llegue a establecerse un simple equilibrio hidrostático.

En los yacimientos petrolíferos que se explotan intensamente se producen movimientos del petróleo más o menos importantes. En muchos sondeos hay desprendimientos gaseosos y proyecciones considerables de arenas petrolíferas. Estos hechos romperán seguramente el equilibrio de las capas petrolíferas y darán lugar a la formación de una red de canales que converjan al sondeo. Si un sondeo está bien situado y durante algún tiempo se encuentra solo, drenará una parte importante del yacimiento; por tanto, se obtendrán producciones excepcionales, a las que ni siquiera se aproximarán las de los sondeos que se establezcan luego en las cercanías del primero.

Los canales que se produzcan en capas de arenas diluidas deben tener poca estabilidad, y esto pudiera explicar las anomalías que se observan en algunas explotaciones petrolíferas. Algunas veces se ha visto que la producción de un sondeo ha disminuido en provecho de otros próximos cuyos rendimientos han aumentado considerablemente.

Además de los canales que se crean en las arenas flúidas, influyen igualmente en la riqueza de los sondeos las fisuras naturales o las que pueden resultar de los hundimientos que ocurrirán en las capas durante el curso de su explotación. Como el fisuramien-

to facilita el acceso del petróleo al sondeo, se producen muchas veces artificialmente, y a este efecto, se torpedea el taladro haciendo estallar, por cima o por bajo de la capa petrolífera, una carga explosiva. Cuando los petróleos son muy parafinosos, se deposita mucha parafina, y en muchos casos obstruye completamente el sondeo. Para revivirlo se inyecta una corriente de vapor de agua recalentado que funde la parafina, y la capa petrolífera mana de nuevo.

Está probado de un modo general que en las proximidades de los sondeos petrolíferos hay aguas saladas o aguas sulfurosas termales. En Bakú el líquido que sale es agua con 20 a 30 por 100 en peso de petróleo emulsionado. Muchos geólogos norteamericanos opinan que el agua desempeña un papel importantísimo en el movimiento del petróleo y su acceso al sondeo. Por esto en algunas regiones se inyecta agua en lugares bien escogidos, con lo que se consigue que el petróleo afluya en más cantidad al sondeo.

Es muy discutida la causa que produce la presión con que sale el petróleo. Dentro de una misma zona hay sondeos con presiones muy diversas, y aun en uno mismo de explotación intensa, decrece considerablemente y puede llegar a ser insuficiente para que el petróleo llegue al taladro.

La mayor presión conocida es de 100 kilos por centímetro cuadrado (Virginia Occidental), y la media no pasa de unos 10 kilos. Según sea la presión, los sondeos pueden ser surgentes o no, y en este caso hay necesidad de extraer el petróleo con bomba.

Se han supuesto muchas causas para explicar esa presión, y las que más se admiten son las siguientes:

«Compresión y aplastamiento de las capas petrolíferas por los estratos superiores.

»Destilación del petróleo en espacio cerrado, que producirá una sobrepresión análoga a la que se crea en las calderas cuando se vaporiza el agua.»

Mr. Chambrier ha estudiado detenidamente este asunto, y el fenómeno lo explica del modo siguiente:

Las arenas donde se encuentra el petróleo debieron estar en un principio desagregadas, y después han debido sufrir una compresión enérgica por efecto del peso de los estratos suprayacentes. Ya hemos dicho que el poder de absorción varía según el grado de compresión que tenga la arena. Analicemos lo que sucede cuando la arena se halle o no saturada inicialmente de petróleo.

Admitamos que la saturación sea máxima, es decir, del 40 por 100. Cuando la arena se comprima al límite, el poder de absorción bajará al 27 por 100, y al mismo tiempo los gases que desprende el petróleo se disolverán en el mismo. Habrá, pues, un excedente del 13 por 100 de petróleo. Cuando llegue un sondeo al yacimiento, el petróleo saldrá de un modo continuo, bajo la doble presión del líquido y del gas.

Si la capa originalmente no estuviese saturada de petróleo, lo conservará íntegramente aunque sea comprimida al máximo. Si no se produjeran otros fenómenos, el sondeo no produciría petróleo. Sin embargo, ocurren otros sucesos: los gases que desprende el petróleo se disuelven en él por efecto de la compresión, y cuando un taladro llegue a la capa petrolífera, ocurrirá el mismo fenómeno que en un sifón de agua carbónica, es decir, que el petróleo saturado de gas se precipitará por el sondeo. La salida no será continua, porque después de la primera erupción del líquido se formará alrededor del sondeo un vacío relativo. Llegará un momento en que cesará el aporte del petróleo,

y no se reanuda, hasta que afluya nuevamente viniendo de zonas más alejadas.

Hay ejemplos numerosos y variados de sondeos petrolíferos de salida continua y discontinua.

Según sea el grado de compresión y de disolución de los gases, así serán las presiones que se ven en algunos sondeos.

#### INVESTIGACIONES DE YACIMIENTOS PETROLÍFEROS

El descubrimiento de la presencia de un yacimiento petrolífero es muy accidental, pues en la mayor parte de los casos el petróleo no se revela superficialmente con toda claridad. En la Argentina se descubrieron las capas petrolíferas efectuando unos sondeos para buscar agua potable.

Hay algunas manifestaciones que los buscadores de petróleo las consideran como buenas para el hallazgo de un yacimiento. Sin embargo, no son tampoco de una eficacia absoluta. Pasemos a reseñarlas.

Muchos yacimientos están enclavados en los estratos terciarios, y sus afloramientos arcillosos tienen un aspecto típico. En los países fértiles y poco húmedos, los rezumos de petróleo pueden matar la vegetación, dando lugar a grandes superficies desnudas. Estas indicaciones son muy vagas y apenas tienen gran valor. Recordando lo que dijimos sobre el agua salada, la presencia de manantiales salinos es una manifestación interesante. Estas aguas tienen caracteres particulares: son más densas que el agua del mar y poseen gran proporción de bromo y yodo. Las aguas sulfurosas termales son frecuentes en las regiones petrolíferas y particularmente en las del Cáucaso.

La mayoría de los yacimientos petrolíferos se han

caracterizado por los desprendimientos gaseosos externos. Sin embargo, no permiten suponer que su presencia es prueba definitiva de que exista una capa petrolífera, pues aunque hayan emanaciones gaseosas procedentes de un yacimiento, puede ocurrir que el terreno no sea apto para la concentración del petróleo. Por todo esto, es prudente antes de sondear hacer el estudio de la naturaleza geológica del terreno y cerciorarse si tiene éstas condiciones para contener depósitos de petróleo. Los gases que realmente provienen del petróleo poseen un olor característico, aunque muchas veces está enmascarado por el de otros, siendo el más general el hidrógeno sulfurado.

En la mayoría de los terrenos petrolíferos, especialmente en los de Caucasia e Indias Holandesas, abundan los volcanes de lodo. Las conclusiones a que induce su presencia son del mismo orden que las de las emanaciones gaseosas. En muchos casos los yacimientos petrolíferos que tienen conexión con los volcanes, no están en la vertical de éstos, sino a cierta distancia.

En Burma (India Inglesa) se ha señalado superficialmente la presencia de areniscas petrolíferas, cuya temperatura es superior a la de los terrenos que las rodean; parece que son los afloramientos de capas petrolíferas.

Los rezumos aceitosos son las manifestaciones más típicas de los yacimientos petrolíferos, pero de su importancia no se puede deducir la de las capas de petróleo. Hay muchos casos en que los rezumos son insignificantes y los yacimientos muy buenos.

En la zona petrolífera suele haber depósitos de asfalto. Proviene de que el aceite esparcido por la superficie se ha convertido, por evaporación y oxidación, en asfalto sólido o semifluido.

Las indicaciones de petróleo propiamente dichas ofrecen un aspecto característico: suelen ser arenas negruzcas, llamadas en Rusia *caviar*; o rocas oscuras de apariencia húmeda y untuosa. Si se trata de petróleos poco coloreados y poco viscosos, estas indicaciones no son claras. Entonces conviene lavar las arenas y los fragmentos de roca con agua (de preferencia caliente), a fin de desprender las partículas aceitosas: se deja reposar el agua y si hay petróleo sobrenadará.

La presencia exterior del petróleo no quiere decir que en ese sitio haya un rezumamiento. Las corrientes externas de agua pueden haber transportado los rezumos a otros sitios. Por eso cuando hay indicios de esta clase es buena medida de precaución hacer excavaciones para cerciorarse de que son verdaderos rezumos. Cuando en una superficie de agua se ven irisaciones, se puede creer que proceden de manantiales aceitosos, pero se debe comprobar si realmente son de aceite, pues hay películas de óxido de hierro que tienen el mismo aspecto. Para esto basta agitar el agua; si la nata es de aceite se verá que se forma rápidamente otra vez, mientras que si fuera de hierro tardará en formarse muchos días.

Cuando las manifestaciones superficiales petrolíferas son de verdadero interés, se debe practicar el sondeo, eligiendo convenientemente el emplazamiento. Hay que ver cuál es la «roca madre» del petróleo, es decir, la capa sedimentaria de constitución apta para contener petróleo, y una vez determinada, se buscarán los puntos más favorables de la misma para la concentración del petróleo (anticlinal, fallas, etc.). En muchas ocasiones no pueden emplazarse los sondeos en los sitios geológicamente adecuados por razones particulares; tales pueden ser: dificultades de acceso al punto

elegido; profundidad límite que permita alcanzar el tren de sondeo; obstáculos de los dueños del terreno, etcétera.

Si una zona petrolífera es ya conocida, no tienen mucho interés las manifestaciones superficiales. Los nuevos yacimientos se pueden deducir por consideraciones estrictamente geológicas, estudiando la continuación de los yacimientos preexistentes. En los Estados Unidos ha dado muy buenos resultados este método, pero no hay que olvidar que un plegamiento débil puede influir considerablemente en la distribución subterránea del petróleo, hasta tal punto, que se han encontrado yacimientos riquísimos en muchos sitios que los geólogos habían desechado. A pesar de esto es preferible investigar terrenos cuya constitución geológica sea igual o parecida a la de los que tienen yacimientos ricos.

Las investigaciones del petróleo son difíciles y complejas, por virtud de que los estratos petrolíferos pertenecen a todas las edades geológicas. Sin embargo, hay que esperar que llegará el día en que se tendrán métodos científicos de precisión rigurosa que permitan fijar de un modo exacto los lugares donde se encuentra acumulado el petróleo.

---