

La búsqueda de petróleo y gas

Lisa Stewart
Editor Ejecutivo

Los primeros usuarios del petróleo no tenían que buscarlo. Lo más probable era que al pisar la brea pegajosa, ésta quedara adherida a sus pies. Estos primeros encuentros con el petróleo tuvieron lugar en emanaciones naturales conocidas como *manaderos* o *chapoteras*, donde el petróleo y el gas, que son menos densos que el agua, se elevan desde las formaciones rocosas del subsuelo hacia la superficie terrestre. Con el tiempo, los seres humanos descubrieron aplicaciones prácticas para el petróleo, tales como la producción de armamentos, la impermeabilización, la iluminación y la medicina.

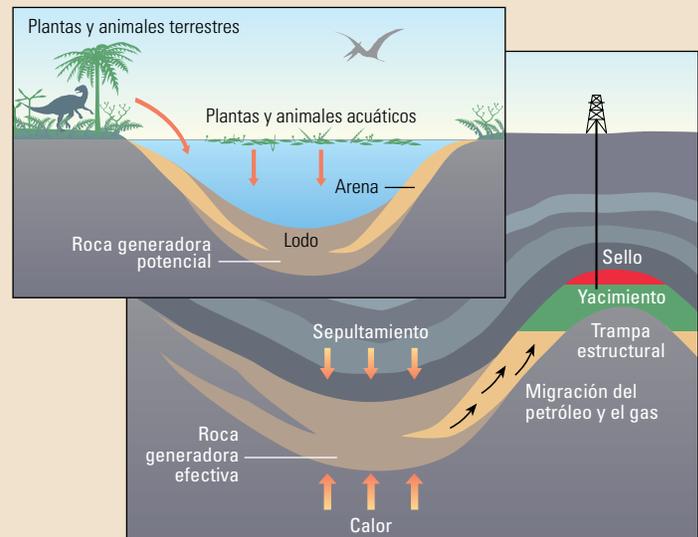
Cuando los suministros que se obtenían en la superficie escaseaban, los hombres hacían excavaciones en las tierras cercanas a los manaderos para conseguir más provisiones, así como excavaban pozos en las proximidades de los manantiales en busca de agua. Finalmente, la combinación de brazos, picos y palas dio lugar a los métodos de perforación con los que hoy se puede acceder a recursos mucho más profundos.

Con el correr de los años, los geólogos petroleros aprendieron a buscar los hidrocarburos no sólo en los lugares en donde los habían hallado antes, sino también donde las condiciones eran similares a las de los descubrimientos previos. Por ejemplo, observaron que el petróleo y el gas a veces se encontraban en *anticlinales* donde las formaciones rocosas alguna vez planas habían sido plegadas y habían formado estructuras arqueadas. Para ayudar a detectar dichas estructuras en el subsuelo, se desarrollaron técnicas geofísicas, tales como los levantamientos sísmicos. Sin embargo, no todos los anticlinales contienen hidrocarburos y los hidrocarburos se pueden acumular en otras estructuras.

Para organizar sus conocimientos acerca de la ocurrencia de los descubrimientos de petróleo y gas, los exploracionistas definieron el *sistema petrolero* como el conjunto de elementos y procesos geológicos que son esenciales para la existencia de una acumulación de petróleo:

- **Trampa:** una barrera para el movimiento ascendente del petróleo o el gas
- **Yacimiento:** roca porosa y permeable para recibir los hidrocarburos
- **Carga:** incluye lo siguiente:
 - **Roca generadora (roca madre):** una formación rocosa que contiene materia orgánica
 - **Generación:** las condiciones de temperatura y presión necesarias para convertir la materia orgánica en hidrocarburos
 - **Migración:** las condiciones de flotabilidad y los trayectos para el desplazamiento de los fluidos desde la roca generadora hasta el yacimiento
- **Sello:** un casquete impermeable para mantener los fluidos en el yacimiento
- **Preservación:** las condiciones que conservan la naturaleza de los hidrocarburos. Cuando esta serie de elementos y procesos tiene lugar en el orden correcto, existen grandes posibilidades de que haya una acumulación de petróleo presente (**arriba, a la derecha**).

Para encontrar objetivos exploratorios prometedores, los especialistas despliegan diversas tecnologías que cuantifican la probabilidad de que todas estas condiciones sean satisfechas. La exploración integra los esfuerzos de todos los tipos de geocientíficos —geólogos, geofísicos, petrofísicos, paleontólogos y geoquímicos— en una evaluación coherente de la evolución de los sistemas petroleros de una cuenca.



▲ Requerimientos para una acumulación de petróleo. La deposición de sedimentos en el pasado (*extremo superior*) puede traducirse en descubrimientos de petróleo en el presente (*extremo inferior*). Si los elementos geológicos —trampa, yacimiento, carga y sello— se encuentran presentes y los procesos tienen lugar en el orden correcto (formación de trampas, seguida por la generación, migración y acumulación de hidrocarburos), puede existir un yacimiento de hidrocarburos. En este caso, el yacimiento contiene gas (rojo) y petróleo (verde).

El equipo de exploración interpreta los datos derivados de una multitud de mediciones físicas obtenidas con una amplia gama de escalas. Los geólogos estudian los afloramientos para determinar los tipos de rocas que pueden estar presentes en las profundidades de una cuenca y analizan las fotografías aéreas y las imágenes satelitales disponibles para descubrir pliegues, fallas y manaderos. A partir de los registros de pozos, los geólogos pueden caracterizar la naturaleza de las formaciones del subsuelo y correlacionar las formaciones entre un pozo y otro, con lo que generan mapas y modelos 3D de las cuencas sedimentarias. Los *núcleos*, o muestras de rocas extraídas de los pozos, proporcionan lecturas de escala fina que representan la realidad sobre el terreno.

Los geofísicos interpretan los levantamientos sísmicos, magnetométricos y gravimétricos efectuados en tierra firme y en el mar para identificar las estructuras de entrapamiento y los indicadores de hidrocarburos potenciales. Mediante la correlación de los datos sísmicos con la información de los pozos, los geofísicos pueden determinar la profundidad de una estructura prospectiva.

Los petrofísicos analizan los datos de los registros de pozos para determinar el volumen y los tipos de sedimentos y fluidos presentes y la capacidad de la roca para producir hidrocarburos. Los paleontólogos examinan los fósiles para asignar edades y ambientes depositacionales a las secuencias de rocas. Los geoquímicos evalúan el potencial de las rocas generadoras para generar petróleo.

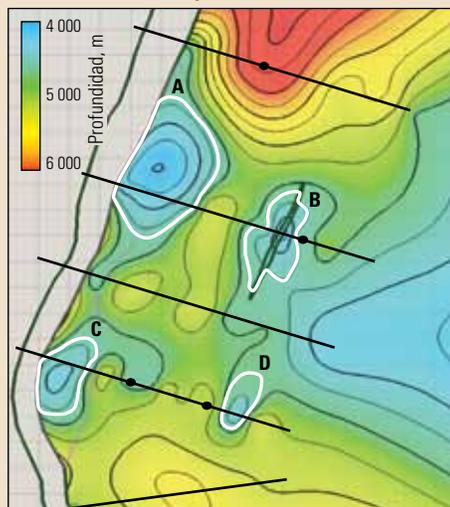
Los resultados de estos estudios pueden ingresarse en simulaciones computarizadas, conocidas como modelos de sistemas petroleros, que determinan las localizaciones, volumen y contenido de las acumulaciones potenciales, junto con la información que será utilizada para juzgar sus probabilidades de éxito.

Traducción del artículo publicado en *Oilfield Review*, Verano de 2011: 23, no. 2.

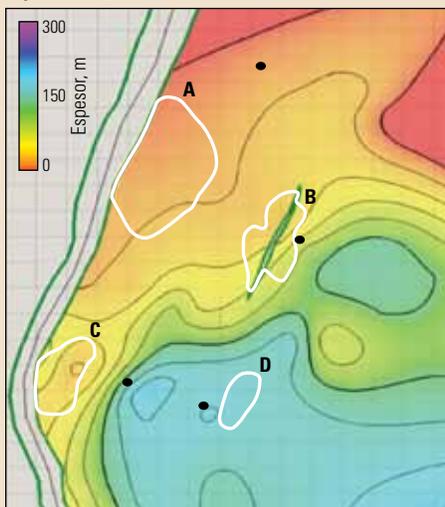
Copyright © 2011 Schlumberger.

Por su colaboración en la preparación de este artículo, se agradece a Ian Bryant, Houston.

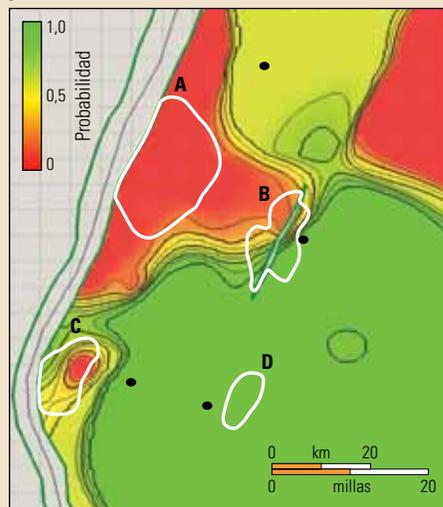
Mapa estructural:
Profundidad hasta el tope de la formación



Mapa isopáquico:
Espesor del yacimiento



Probabilidad de la presencia de un yacimiento



^ Mapeo de la probabilidad de éxito utilizando una metodología de exploración basada en las extensiones productivas. El tope de la arena de calidad yacimiento (*izquierda*) presenta cuatro áreas prospectivas (contornos blancos), definidas por los altos estructurales en un mapa de profundidades construido mediante el trazado de curvas de contorno con los datos de cuatro pozos (puntos negros) y cinco líneas sísmicas (rectas negras). La curva de contorno de cierre más profunda define el límite de cada una de las áreas prospectivas. Para cada una de estas trampas definidas estructuralmente, se debe establecer la probabilidad de que exista un yacimiento, carga y sello. Por ejemplo, el espesor de la arena es un indicador de la presencia de un yacimiento. Un mapa isopáquico, o mapa de espesores (*centro*), se construye mediante el trazado de curvas de contorno con los espesores de las arenas, obtenidos de los registros de pozos y extendidos mediante la utilización de un modelo conceptual geológico que asume que las arenas fueron depositadas a lo largo de una línea de costa antigua. Donde las arenas son delgadas, existe una baja probabilidad de que haya un yacimiento presente; donde su espesor es mayor, la probabilidad es alta. Esta información se utiliza para convertir el mapa de espesores en un mapa de probabilidades de éxito, referido a la presencia de un yacimiento (*derecha*), en escala de unidades de probabilidad (de 0 a 1). Las áreas prospectivas más grandes A, B y C exhiben una baja probabilidad de existencia del yacimiento (rojo); el área prospectiva más pequeña D posee la probabilidad más alta de éxito (verde). Los geocientíficos construyen mapas similares para cada elemento del riesgo exploratorio y luego los multiplican entre sí para evaluar el riesgo global de cada una de las áreas prospectivas.

Habitualmente, los geólogos de exploración se enfocan en una región determinada para desarrollar una extensión productiva (*play*), que es un conjunto de áreas prospectivas petroleras potenciales de geología similar. Los geólogos utilizan las características de los descubrimientos previos para pronosticar la presencia de acumulaciones similares pero no descubiertas. Después de recolectar e interpretar los datos disponibles, los geólogos identifican los *leads*, o rasgos de interés, en los que se centrarán los esfuerzos adicionales de recolección e interpretación de datos. Los *leads* que han sido investigados y considerados trampas potenciales de hidrocarburos se denominan *áreas prospectivas*.

Una vez identificadas las áreas prospectivas de una región, los especialistas en exploración las clasifican de acuerdo con la relación riesgo-recompensa. Para optimizar sus activos, las compañías de exploración y producción de petróleo y gas se esfuerzan por mantener un portafolio equilibrado de proyectos cuyos resultados varían desde alto riesgo, alta recompensa hasta riesgos y recompensas más bajos.

Un desafío clave consiste en conocer la gama de resultados posibles en un área prospectiva, ya que raramente existen datos suficientes para una estimación sólida del volumen de petróleo o gas que podría alojar una estructura sin perforar. Los geólogos calculan un abanico de volúmenes de reservas de hidrocarburos mediante la combinación de información sobre la extensión areal y el espesor de la roca yacimiento prospectiva, la porosidad esperada de esa roca, y los tipos de hidrocarburos presentes en la trampa (*arriba*). Los levantamientos sísmicos 3D detallados pueden proporcionar imágenes del subsuelo para mejorar estas estimaciones, pero sólo mediante la perforación de un pozo una compañía de exploración puede confirmar el contenido de una estructura.

Algunas compañías cuentan con equipos de trabajo a cargo de nuevos emprendimientos, que están siempre al acecho de nuevas cuencas para explorar.

Los equipos de exploración suelen comenzar investigando un área, luego de que el país anfitrión anuncia la proximidad de una ronda de licitaciones. Un país ofrece a las compañías de exploración áreas de concesión, a cambio de un arancel, regalías y la obligación de ejecutar trabajos adicionales, tales como la adquisición de datos sísmicos o la perforación de pozos. La compañía con la mejor oferta típicamente gana el derecho a explorar esa concesión. Antes de licitar, los equipos de exploración procuran evaluar los ofrecimientos de la concesión utilizando todos los datos disponibles. Si la licitación se adjudica, la compañía contrata más campañas de recolección de datos. Luego, el equipo de exploración integra los nuevos datos con la información previamente recabada por dicho equipo para diseñar un programa de perforación destinado a comprobar el área prospectiva.

Un pozo de exploración perforado en un área nueva se denomina *pozo de reconocimiento*. Un pozo que encuentra cantidades significativas de petróleo es un *pozo descubridor*. Si no encuentra cantidades comerciales de petróleo, es un *pozo seco*, que normalmente se tapona y se abandona. Una vez realizado un descubrimiento, se pueden perforar pozos de *evaluación* para definir la extensión del campo.

Las compañías de E&P prueban continuamente nuevas ideas en la exploración del petróleo. Recientemente, se descubrieron yacimientos prolíficos en cuencas oceánicas profundas, en las que las profundidades del agua exceden los 3 000 m [10 000 pies]. Se han encontrado acumulaciones de petróleo y gas por debajo de capas salinas de cientos de metros de espesor. Además, las compañías han descubierto que pueden acceder a las rocas generadoras para producir petróleo y gas antes de que estos fluidos sean expulsados. Los secretos del éxito de todos estos esfuerzos exploratorios radican en la disponibilidad de personas con talento y tecnología de avanzada.