
LA GEOLOGIA EN LA BUSQUEDA DEL PETROLEO

Dr. HERNAN VASQUEZ CASTRO

- Geólogo e Ingeniero de Petróleos Universidad Nacional Medellín
- Posgrado en Petróleos de Texas
- Profesor Universidad EAFIT

El petróleo es la fuerza que mueve el mundo moderno, y aquellos países que lo poseen en abundancia están jugando un papel fundamental en el control económico mundial. Por el contrario, los países dependientes del suministro externo están sufriendo y pagando las imposiciones de los ricos.

En 1990 la producción mundial de crudo alcanzó un total de 60.477 MMB/D con un aumento del 1.4% en relación a 1989. La producción se distribuyó: 38.6% para la Organización de los Países Exportadores de Petróleo (OPEC), con un aumento desde el 36.9% para el año anterior. La producción para este grupo había sido del 49.1% en 1979 y 29.9% en 1985. Los países No Comunistas No OPEC produjeron el 37.34% con un aumento de sólo 1.1% y los Países Comunistas el 24.05% con una reducción del 4.8% en relación a 1989.

El dominio mundial de la OPEP u (OPEC), con la consecuente imposición de precios de la década del 70, cayó al mínimo de participación del 29.9% en 1985 con motivo de la participación en el mercado mundial de los nuevos descubrimientos del Mar del Norte, Alaska y México principalmente. Sin embargo, hoy en día se nota nuevamente la tendencia del aumento año por año de OPEP, hasta el presente 38.6%.

El juego mundial del dominio de los mercados se regula sólo por los nuevos descubrimientos y aumento de la producción especialmente en los países No OPEP No Comunistas.

Los grandes descubrimientos en el mundo son el resultado de la intensa exploración y aplicación de las técnicas más modernas y sofisticadas, que en simples palabras no es más que la exploración geológica utilizando los equipos y métodos más modernos.

Se puede decir entonces que el geólogo es la figura central en el desarrollo de las campañas exploratorias en todo el mundo. Todos aquellos sitios del globo donde existen cuencas sedimentarias que pueden contener rocas almacenadoras, son ahora investigados, sin importar su localización en áreas remotas o inhóspitas, en los casquetes polares, en los fondos marinos, en las selvas tropicales, etc.

El geólogo estudia estas áreas prospectivas, primero en forma regional, con la ayuda de información geológica existente, complementada

con estudios muy regionales por medio de sensores remotos (Investigación Multiespectral, SLAR, Fotogeología, etc.) y Geoquímica, para seleccionar áreas menores que serán motivo de estudios adicionales, lo cuales pueden incluir Geofísica (sísmica, magnetometría y gravimetría), y estudios geológicos superficiales en tierra.

Del aumento del detalle en el estudio de áreas determinadas resultara la definición de los parámetros fundamentales que califican un área como almacenadora de hidrocarburos: la existencia de Roca Madre; suficiente Temperatura para la Generación; Existencia de Yacimiento con Porosidad y Permeabilidad; Existencias de Sellos; y la presencia de Estructuras o Trampas.

Definidas las condiciones anteriores se entra en la etapa final de la exploración, la perforación exploratoria, en donde también el geólogo es la figura central puesto que es el encargado de definir si la interpretación del área concuerda con los resultados de la perforación. Y además, comprobar la existencia de zonas con hidrocarburos que pueden producirse comercialmente.

Con el éxito de la perforación exploratoria, que por cierto hoy en día es de 1 en 8 ó 10, contra el tradicional 1 a 20 de hace apenas unos 30 años, precisamente debido al empleo de la tecnología moderna, continua entonces el proceso de definición y desarrollo del campo, donde todavía la participación del geólogo es definitiva.

Al completar el desarrollo de un campo, e iniciar el tratamiento y transporte de su crudo, desaparece la participación geológica, pero en muchos casos puede regresar para operaciones posteriores de recuperación secundaria o mejorada.

YACIMIENTOS Y TRAMPAS

Entre otros, dos de los aspectos de mayor interés y atención para un geólogo del petróleo son los Yacimientos y las Trampas, puesto que ellos serán los encargados de controlar las acumulaciones de los hidrocarburos.

Cualquier tipo de roca puede actuar como un yacimiento, sin embargo, en la práctica las principales acumulaciones de hidrocarburos ocurren en yacimientos formados por areniscas y carbonatos (90%) y en menor escala en shales, rocas ígneas y metamórficas.

Para que una roca pueda comportarse como un yacimiento son indispensables dos condiciones: contener espacios vacíos (poros, fracturas, vesículas, etc.) y que dichos espacios estén comunicados, es decir, que la roca posea porosidad y permeabilidad.

La porosidad, o relación de los espacios vacíos al volumen total de la roca, es entonces uno de los parámetros petrofísicos que es necesario estudiar detalladamente en los yacimientos.

Este estudio incluye tipos de poros, tamaño, geometría y tortuosidad de sus conexiones, origen (primaria, secundaria) y sus respectivas subdivisiones, así como su influencia en la acumulación de fluidos y sus movimientos.

Y como la porosidad y la permeabilidad están estrechamente relacionadas, el conocimiento de las características de la segunda, así como las condiciones que la regulan, también necesitan ser conocidas.

Pero tampoco debemos olvidar que existen relaciones muy importantes entre la porosidad, permeabilidad y la textura de las rocas, sin olvidar aquellos efectos postdeposicionales y diagenéticos que las afectan.

La clasificación de los yacimientos en los diferentes grupos, requiere el análisis de los ambientes deposicionales, pues son ellos lo que los controlan en cuanto a su ocurrencia, forma y geometría.

El yacimiento tiene la capacidad de contener fluidos en los espacios porosos o fracturas, pero para que estos fluidos permanezcan en él se requiere otra condición: la existencia de la trampa.

El término Trampa fue primero definido por Orton en 1889 como "... reservas de aceite y gas que pueden estar atrapadas en las cuspides de los pliegues o áreas encontradas en el camino hacia una posición superior...". Y en 1967 Levorsen las definió como "el lugar en donde el aceite y el gas están limitados para movimientos adicionales".

El conocimiento de las trampas, su división, genética (Estructurales, Estratigráficas y Combinadas) y sus relaciones con los sistemas tectónicos (Compresión y Compactación), así como con ambientes deposicionales y fallas y aún sus relaciones con el basamento, son otros de los aspectos que requieren estudio y definición para la adecuada evaluación de las acumulaciones de los hidrocarburos.

EXPLORACION

La búsqueda del petróleo se inicia con lo que se pudiera llamar estudios regionales, que son práctica normal de todas las compañías petroleras, y se inician con la recolección de información geológica pertinente a la región de interés. Es una fase en la cual el geólogo regional se dedica a la búsqueda de todas aquellas publicaciones de los trabajos realizados acerca de la región en cuestión. Para ello se acude a las publicaciones técnicas internacionales especializadas y se llega hasta los informes particulares de las entidades oficiales de los respectivos gobiernos, tales como los Servicios Geológicos Nacionales.

Con base en la información anterior se elaboran mapas regionales con detalles de las áreas sedimentarias y la descripción de sus respectivas columnas estratigráficas, la situación o mejor, la interpretación tectónica del área como posición con respecto a las placas y tipos tectónicos de las cuencas; y así mismo los ambientes deposicionales y su correspondiente clasificación.

La información anterior es entonces complementada con aspectos geoquímicos como son gradientes geotérmicos, existencias de rocas madres potenciales y madurez de esas rocas generadoras.

Pero haciendo un paréntesis en el proceso normal de exploración en la búsqueda de hidrocarburos, consideremos un método o mejor un grupo de métodos, que incluyen aquellos originalmente utilizados para definir los sitios de perforación del pozo Drake en USA en 1859 y aun nuestro Infantas 1 (1918), es decir los manaderos naturales de petróleo.

Modernamente se ha considerado la utilización de unos métodos basados en el estudio de los fenómenos producidos por la existencia de acumulaciones comerciales de hidrocarburos en el subsuelo. A estos métodos, que son considerados suficientes para la identificación de la presencia de los depósitos comerciales, se les ha denominado Métodos de Localización Directa de Hidrocarburos (Direct Location Techniques) o DLT.

Los métodos DLT utilizan técnicas relacionadas con la geoquímica, radiométricas, investigación del helio, micromagnetismo, halos metálicos, polarización inducida, y se ayudan con una serie de métodos geofísicos. Estudian aquellos fenómenos

como: Escapes directos de hidrocarburos, Movimiento superficial de Iones, Mineralizaciones por reducción, y Medidas directas electromagnéticas.

Para la realización y desarrollo de estas técnicas, se valen de herramientas como:

- 1) Análisis de suelos, halos, radiaciones, precipitación de carbonatos y yodo.
- 2) Formas de halos geoquímicos, gas o Delta C.
- 3) Anomalías de Lansat, tonales, de vegetación y erosionales.
- 4) Fenómenos de polarización inducida.
- 5) Sistemas telúricos y magnetotelúricos.
- 6) Anomalías ERA (Análisis de radiación terrestre).
- 7) Anomalías micromagnéticas.
- 8) Anomalías de Radon y Helio.

Estos métodos de DLT han sido propuestos como la solución de la exploración en aquellas áreas remotas y de difícil acceso, claro, sin negar su aplicación para cualquier tipo de áreas.

Pero siguiendo con nuestra secuencia cronológica tradicional de exploración, el geólogo regional después de definir la región respectiva, propone la realización de los trabajos específicos para la confirmación de situaciones tales como presencia de sedimentos y sus espesores, existencia de trampas, y tal vez ahora lo más importante, el potencial generador del área.

Un geólogo regional puede tener a su cargo la investigación de regiones tan grandes como por ejemplo: con base en Singapur, su área de investigación podría incluir desde Afganistan hasta Papua - Nueva Guinea, y desde Japón hasta Nueva Zelanda - Australia.

Los estudios particulares de regiones definidas, están lógicamente precedidos por una serie de negociaciones con los gobiernos respectivos, trabajo que es realizado por personal especializado (Negociadores de Tierras), asesorados por Ingenieros y Geólogos en lo que se ha denominado vulgarmente Geológica Legal.

Los estudios regionales, en este caso para áreas en las cuales la finalidad primordial es la definición de prospectos, utilizan los métodos y herramientas más modernas como son: sensores remotos, geofísica de reconocimiento y estudios geoquímicos para la definición de la generación de hidrocarburos.

Con la realización de estos estudios generales, las áreas con prospectos insinuados son ya estudiadas utilizando normalmente sísmica de detalle, y en muchas ocasiones la perforación de pozos estratigráficos que permiten comprobar la secuencia estratigráfica asumida y sus relaciones a los parámetros geofísicos.

Las operaciones anteriores conducen a la posibilidad de justificar la realización de la fase final exploratoria: la Perforación Exploratoria.

PERFORACION EXPLORATORIA

Podría definirse como la culminación de la fase exploratoria y por medio de la cual todas aquellas interpretaciones previamente realizadas pueden comprobarse. Pero tal vez la finalidad última y principal es la definición de la existencia de acumulaciones comerciales de aceite y gas.

La perforación puede realizarse en tierra o en el mar, pero en ambos casos el desarrollo mecánico de ella es el mismo.

El geólogo continúa siendo una figura central en esta operación, y aunque ahora es práctica normal la utilización de compañías de servicio (Mud loggers) que recogen y analizan muestras de zanja, miden los gases presentes en el lodo, miden la densidad de los shales y registran todas las condiciones de perforación, ellos no son más que el soporte del geólogo de pozo, responsable de los resultados de la perforación.

El geólogo de pozo, y especialmente para aquellas secciones críticas de la perforación, debe tener experiencia, con conocimiento de la geología del área, pues no se debe olvidar que la información recogida por un geólogo es tan valiosa como la experiencia del colector.

El geólogo de pozo es responsable de la definición litológica de la sección perforada, y con base en lo anterior la localización de los topes geológicos, correlaciones con pozos vecinos y regionalmente cercanos, definición de zonas de interés con manifestaciones de hidrocarburos, y aun detección anticipada de zonas de peligro para la perforación como secciones superpresionadas, y todo lo anterior para ser definido en la misma localización.

De la información recolectada por el geólogo se pueden definir las condiciones mecánicas para la

perforación, y se pueden tomar decisiones tales como la profundidad de asentamiento de revestimientos.

En la parte geológica, la toma y análisis de muestras especiales como corazones y la corrida de los registros eléctricos figuran entre sus funciones principales.

Los registros eléctricos requieren la participación permanente del geólogo, puesto que durante la operación es quien controla la calidad de los registros y normalmente sugiere los cambios y adiciones requeridos. Pero después de corridos los registros, el geólogo tendrá que utilizarlos para comprobar la exactitud de sus observaciones basadas en la información de perforación (marcadores geológicos, correlaciones, indicaciones de hidrocarburos, etc.), y procederá entonces al análisis de dichos registros para el cálculo de porosidades, saturaciones de agua, y como resultado las zonas productoras y su correspondiente espesor neto. Con base en los cálculos de los registros el geólogo podrá sugerir los programas de prueba y terminación o abandono del pozo.

Toda la información geológica del pozo es transmitida de inmediato a las oficinas centrales donde personal o grupos especializados (Estratígrafos, paleontólogos, petrofísicos, etc.) confirmaron o rechazaron las conclusiones y recomendaciones del geólogo de pozo.

PERFORACION DE DESARROLLO

Después de perforado un pozo exploratorio descubridor, y posiblemente uno o dos más de extensión que confirmen la estructura, el volumen y la extensión del depósito o acumulación, se inicia el proceso de desarrollo, cuya fase inicial son los pozos que serán los productores del campo.

Para el desarrollo del campo, el geólogo es una vez parte integral del equipo de trabajo: la preparación de mapas estructurales, isopacos, de facies, geoquímicos, etc. permitirán la definición de las condiciones del yacimiento y por lo tanto darán las bases para que los ingenieros elaboren los planes correspondientes del desarrollo y producción del campo.

Los estudios de yacimientos son una combinación de procesos geológicos, hidráulicos y físicos, que requieren el trabajo en conjunto del geólogo con el ingeniero de petróleos.

Como se mencionó, la primera parte del desarrollo es la perforación de los futuros pozos productores, y el geólogo de desarrollo es aquí participante muy importante. Puede que su residencia permanente en el sitio de la perforación no sea mandatoria, especialmente cuando se dispone de sistema de apoyo como Mud Loggers. Sin embargo, situaciones tales como la definición de topes geológicos, zonas productoras, corazonamientos, corridas de registros, etc. si requieren la presencia del geólogo.

El trabajo de la preparación de los mapas del subsuelo es continuo pues cada nueva perforación, es información adicional que debe incluirse en ellos como corrección o comprobación.

Y es bueno recordar que modernamente, las interpretaciones de ambientes deposicionales han venido a formar parte de las obligaciones del geólogo, tanto en exploración como en desarrollo.

El sistema de correlaciones de pozos para definir la continuidad de intervalos productores es, hoy en día, complementado con estudios deposicionales y definición de los cuerpos arenosos o calcáreos, que entre otras cosas, podrán permitir un adecuado planeamiento de futuros trabajos de los hoy llamados de recuperación mejorada, y para los viejitos, recuperación secundaria.