

Los laboratorios locales como termómetro de mercado de EOR

Por *Lic. Marcelo Crotti* y
Lic. Miguel Adrián Tichno (Inlab S.A.)

Para profundizar en los alcances de la recuperación asistida en la Argentina, se analiza aquí el tipo de servicios especializados en el área de EOR que se requieren en los laboratorios locales, y sus posibles respuestas tanto en el desarrollo tecnológico como en la tarea de capacitación profesional. Se trata de Inlab, con casi cuarenta años de servicios en el país.

En muchos yacimientos maduros argentinos se ha alcanzado un nivel de inyección de agua que “obliga” a los distintos actores a diversificar las alternativas de optimización con el fin de sostener la economía de desarrollo.

Cuando existen eventuales demoras en la implementación de proyectos de EOR, es posible coleccionar mucha información previa que más adelante sirve tanto para trazar una adecuada línea “base” contra la que se puede predecir y comparar el impacto de los proyectos de EOR, como para entender las particularidades de los distintos escenarios, y diseñar mejor las estrategias puntuales para cada reservorio.

Al punto que algunas pymes tecnológicas, que han tenido continuidad en el mercado de servicios locales, terminan siendo referentes para los proyectos que implementan las diferentes operadoras.

En el caso particular de Inlab, con ya casi cuatro décadas en el mercado regional de servicios y estudios de reservorio, la participación en muchos de estos proyectos no articulados entre sí ha permitido desarrollar herramientas no solo operativas, sino también conceptuales para ayudar a tomar decisiones en proyectos actuales y futuros.

El *expertise* alcanzado en diversas técnicas de optimización en la inyección de agua es difundido regularmente mediante diversos mecanismos, desde asesoramientos específicos hasta publicaciones en jornadas y congresos^{1,2,3} y workshops experimentales destinados a consolidar, mediante pruebas sencillas e imágenes visuales, los conceptos que dominan los fenómenos en el subsuelo. En estos workshops se emplean celdas transparentes y fluidos coloreados para visualizar, en medios heterogéneos, el impacto de las diversas variables que operan sobre la eficiencia de desplazamiento de fluidos.

El termómetro del laboratorio local

Durante los últimos veinte años buena parte de las tareas de desarrollo e investigación en el mercado local fueron realizados por pymes; nuestros trabajos en ese sentido nos han ido posicionando entre referentes del país y de la región en temas relacionados con mediciones especiales de petrofísica, mecánica de fluidos y termodinámica de fluidos.

La creciente demanda de los clientes nos obligó a participar cada vez más en mediciones especiales de EOR y a colaborar en el desarrollo de estrategias especiales adaptadas a las características de nuestro medio, mecánica que perdura hasta el presente, que incluye desde estudios rutinarios hasta el diseño de experimentos *ad-hoc* o incluso la adaptación de desarrollos realizados en otros escenarios.

Esto convierte a un laboratorio de petrofísica, mecánica de fluidos y termodinámica de fluidos, como el que aquí se describe, en una especie de “termómetro” del movimiento que se genera o generará en el campo del EOR.

Es interesante mencionar que varios de los contratos establecidos con empresas locales para estudiar estos fenómenos presentan un formato más cercano al de un laboratorio de investigación que al de un laboratorio de servicios, en lo referente a los objetivos y en la forma de abordar el problema. Ello hace que sea común cambiar de metodología durante el desarrollo de un estudio, o que se agreguen mediciones que, en acuerdo con los profesionales que nos contratan, se estima que podrían dar ideas o pautas sobre

el comportamiento, a escala de reservorio, de los métodos en estudio.

Esta metodología, que aún estamos explorando y buscando mejorar desde su aspecto comercial, la ampliamos con el trabajo con investigadores y centros universitarios, utilizando la ventaja relativa de nuestro tamaño y de que gran parte de nuestro personal proviene del ámbito científico, con el que sigue en permanente contacto.

De esta forma, si asumimos la premisa de que todos los proyectos de EOR hacen sus primeras armas en el laboratorio, la tendencia de cara al futuro resulta clara.

Dudas e incertezas habituales

En este breve desarrollo se resumen los estudios de laboratorio-gabinete que, conforme con nuestra experiencia, son necesarios para encarar con mayores probabilidades de éxito proyectos de EOR en nuestro medio.

Esta experiencia no proviene de recomendaciones disponibles en la bibliografía general, sino de la aplicación práctica con nuestros clientes. Como tal incluye, en alguna medida, las características propias de nuestro medio, tanto en el nivel de las decisiones empresarias como en el nivel de la posible logística y el condicionamiento que imponen nuestros escenarios productivos, con su complejidad geológica y de fluidos.

Si bien se nos consulta por estudios de EOR de todo tipo, incluso inyecciones de CO₂, de vapor, nano-partículas, modificadores de permeabilidad relativa, geles y polímeros. Estos últimos, o sea los métodos de EOR químicos, son los que más relevancia han tenido en los últimos años.



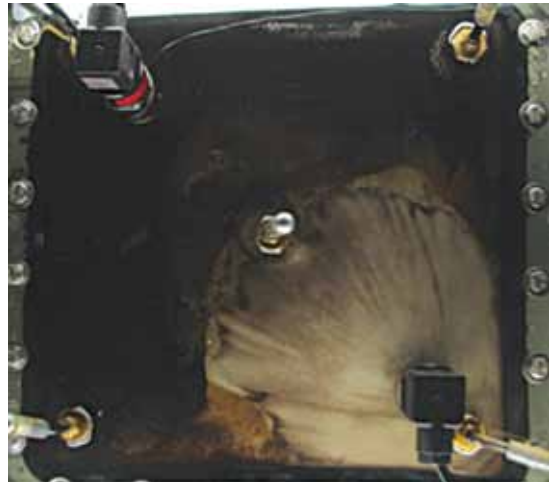
Quienes nos consultan, en su mayoría ingenieros de reservorio, lo hacen con mayor intensidad en las primeras etapas de estudio con la intención de focalizar mejor las técnicas a aplicar.

En general, las consultas iniciales se pueden agrupar en los siguientes casos:

- *Conocimiento del producto.* En esta etapa nuestros clientes recién toman contacto con un producto o una técnica y requieren chequear las propiedades que los consultores o los vendedores asignan al producto en cuestión. En general, también se espera entender cómo se aplica a su caso particular y las limitaciones que presenta.
- *Posibilidad de aplicación.* En esta etapa se desea ver si un determinado producto se puede aplicar en cada reservorio particular, evaluando las condiciones de fluidos y roca para determinar si son compatibles con un uso correcto del producto.
- *Acotar cantidades y costos.* Cuando la compañía operadora ha avanzado en un piloto con la idea de la aplicación de un determinado producto, requiere acotar las cantidades de químicos que deberán aplicar o comparar un producto con otros que existan en el mercado.
- *Casos especiales.* En algunos casos, los clientes solicitan mediciones especiales, relacionadas a trabajos publicados en revistas técnicas, o piden que repliquemos alguna medición hecha en un centro de investigación extranjero.
- *Control del piloto.* Una vez que comienza la etapa piloto, después de una primera etapa donde se ajustan los

métodos de control, se nos suele contactar para chequeos periódicos o para resolver problemas operativos relacionados con la calidad del agua o la degradación de los productos durante la operación.

Es importante destacar que en la mayoría de estos casos, los estudios de laboratorio no solo sirven para caracterizar los productos y las particularidades de cada escenario sino que, durante el proceso de estudio, el equipo de trabajo de



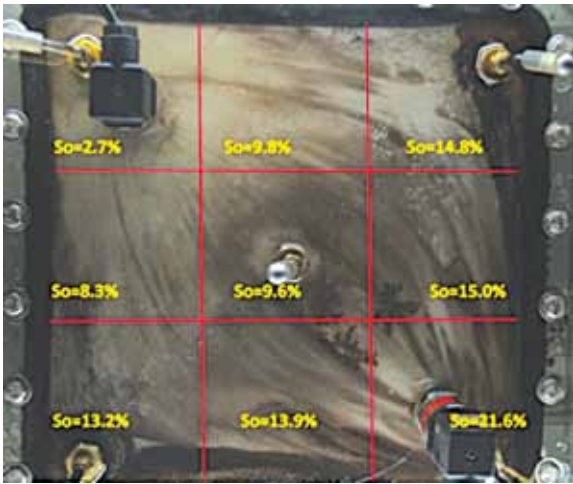
Visualización del frente de avance durante la inyección de ASP en una celda saturada inicialmente con petróleo.



la empresa contratante aprenderá las limitaciones y las potencialidades de la técnica en sí misma.

Según nuestra experiencia, en la caracterización de productos específicos se deben tener en cuenta los siguientes pasos generales:

- *Determinación de las propiedades básicas del producto.* Esta tarea implica responder a las preguntas: cómo se forma el producto y qué cuidados hay que tener en su formulación. Por ejemplo, en el caso de un polímero, si este debe formularse en atmósfera inerte, cuáles son los períodos de hidratación que debe tener, cómo se debe mezclar, cuáles son los factores de filtración correctos, tipo de aguas con las que trabajar, etcétera. En este paso, es importante establecer una serie de protocolos para que los distintos actores que trabajarán en estos casos tengan la misma base técnica de trabajo y el mismo lenguaje. Esto obedece a que la experiencia previa no siempre es extrapolable al trabajo de EOR y una propiedad tan simple como la viscosidad, en el caso de un polímero, se convierte en un parámetro tan fuertemente dependiente de esfuerzos de corte, salinidad y forma de preparación que si no se establece ese “lenguaje común” pueden ocurrir grandes equívocos de interpretación y de toma de decisiones.
- *Condiciones de estabilidad del producto.* Estas condiciones se refieren a la temperatura a la que estará sometido el producto, los esfuerzos de corte durante el empuje, el tipo de agua o roca con las que se encontrará y cómo influyen en su estabilidad. En general, son mediciones



Estudio de inyección de polímero en celdas visuales. Al final del ensayo se desarma la celda y se miden las saturaciones de petróleo en cada uno de los sectores en que se dividió la misma.

comparativas a vaso abierto, aunque en algunos casos se diseñan experiencias especiales para medir, por ejemplo, la estabilidad del producto en condiciones de flujo, a temperatura y empleando tiempos propios de la escala de reservorio. Estos estudios se realizan en tubos extensos de hasta 50 m de largo (enrollados para mantenerlos en un baño termostatzado) con tomas intermedias de control. En estos casos se mide la presión intermedia y se



Visualización de trazadores en un medio poroso heterogéneo.

obtienen muestras a lo largo del recorrido para verificar la variación o no de las propiedades del producto.

- *Principio de trabajo del producto.* En general, hay que emplear algo de tiempo y recursos para lograr claridad sobre cuál es el principio de funcionamiento del producto que se quiere aplicar en el proyecto EOR, y así definir mejor sus limitaciones y rangos de aplicabilidad en el reservorio para el que se está previendo su utilización. De acuerdo con el tipo de producto y lo que se espera de él, se diseñan mediciones especiales que prueben las propiedades y los principios de funcionamiento que se detallan en los folletos y las publicaciones provistos con el propio producto. Muchas veces se hacen pruebas de simulación física en celdas areales, que se diseñan con una geometría que sirva para evaluar el principio de trabajo del producto. Estos barridos especiales se filman y no solo permiten entender mejor el principio de funcionamiento del producto en estudio, sino que



Celda triaxial desarrollada localmente para ensayos con polímeros. Permite aumentar la longitud de la muestra de roca y el tiempo de residencia de los fluidos.

pueden servir adicionalmente para que el especialista de la empresa operadora describa mejor la técnica del proyecto, ante sus pares o sus superiores, durante la evaluación de proyectos alternativos.

- **Estudios complementarios sobre Rocas.** Siempre es importante realizar estudios de caracterización y daño de la roca reservorio para las condiciones de medición elegidas. A modo de ejemplo, se deben realizar mediciones donde la roca se satura con agua de la composición existente en el reservorio y se le inyecta el tipo de agua que se utilizará con el producto. Esto sirve para determinar si hay una alteración de permeabilidad en las condiciones de trabajo. Es típico realizar sobre la muestra de roca una medición de inyección de mercurio y posterior análisis de distribución de tamaño de gargantas porales, una determinación de DRX de roca total y fracción arcilla para conocer el tipo de arcillas que presenta la muestra y una microfotografía SEM de referencia que en caso que se dañe la roca permitirá comparar la misma con una microfotografía SEM posterior.
- **Selección de producto.** En muchas ocasiones el cliente necesita elegir entre distintos proveedores del producto que inyectará. En estos casos es conveniente utilizar rocas reservorio y realizar barridos comparativos, en celdas triaxiales, en condiciones de presión y de temperatura de trabajo entre los distintos productos. En estos casos se determinan la variación de viscosidad en el extremo de producción, la cantidad de polímero retenido en la roca y la variación de permeabilidad de la roca. En algunos casos se puede ajustar aún más la comparación realizando un barrido donde se comparan las recuperaciones de petróleo obtenidas con los distintos productos.
- **Barridos con producto en roca reservorio.** Entre los barridos con roca reservorio que se realizan para optimizar y acotar el costo del proyecto, se incluyen los que determinan el consumo de producto por volumen de roca y también los que determinan si se produce daño en la roca con el producto en condiciones de reservorio. Finalmente, se deben realizar mediciones que permitan estimar en laboratorio la recuperación de petróleo con la metodología que se va a utilizar en el reservorio. Estas últimas mediciones se hacen con celdas triaxiales que permiten colocar varios plugs de roca y medir presiones en puntos intermedios de la celda. Estas mediciones se destinan básicamente a estudios comparativos, en las etapas finales de la evaluación, ya que el escalamiento desde el laboratorio hasta el reservorio no

es sencillo. Los barridos pueden ser sencillos o se pueden hacer en condiciones de reservorio con petróleo vivo, donde se puede simular en laboratorio todo el proceso desde una primaria, pasando por una secundaria y llegando a la etapa de EOR. Este tipo de estudio permite comparar, por ejemplo, el impacto de la inyección de polímeros luego de una etapa extensa de secundaria frente a la inyección de polímeros desde el inicio de la propia inyección de agua.

El “ida y vuelta” de datos e interpretaciones, durante estas mediciones, permite optimizar la estrategia que se aplicará en cada reservorio y, en general, en las etapas finales de los estudios de laboratorio se diseñan mediciones específicas para dicha estrategia.

Conclusiones

En los últimos años, en nuestro medio se están implementando más pilotos de EOR y comienzan a masificarse algunos de ellos. Al mismo tiempo, se traen al país nuevos métodos de EOR, en concordancia con la creciente oferta en nivel mundial.

De esta forma, el conocimiento aumenta, se establecen protocolos y se consolidan nuevas metodologías de estudio. Esta actividad conforma un conocimiento local cuyo objetivo es identificar y sistematizar las técnicas adecuadas para los reservorios argentinos.

En esta etapa, los laboratorios y centros de estudio locales somos una pieza importante, tanto para hacer estudios de diferentes complejidades, como para ayudar a difundir las mejores prácticas y los modelos conceptuales destinados a optimizar los costos y a disminuir los riesgos operativos.

En este campo aún hay muchas oportunidades para desarrollar y mejorar el conocimiento, que redundarán en un mejor empleo de estas técnicas en el futuro.

Además, creemos que hay una mayor oportunidad de incrementar el conocimiento y sistematizar técnicas, si logramos una apertura mayor de los datos y las técnicas entre los distintos actores que intervienen en el mercado del EOR. ■

Bibliografía

1. Crotti. M. A., J. Bardelli, D. Masiero y G. Fondevila, 2010. “Aprovechamiento de empujes espontáneos para optimizar secundarias avanzadas”, Congreso de Producción del Bicentenario organizado por el Instituto Argentino del Petróleo y el Gas (IAPG), Salta, Argentina.
2. Crotti. M. A., W. D. Daparo, G. Fondevila, N. Galacho, D. Masiero y J. Bardelli. “Interpretación y uso de los ensayos con trazadores” (700Kb), Congreso de Producción del Bicentenario organizado por el Instituto Argentino del Petróleo y el Gas (IAPG), Mayo 2010, Salta, Argentina.
3. Crotti M. A. y N. Galacho. “Conveniencia de altos y bajos caudales en la optimización de secundarias”, 5° Congreso de Producción y Desarrollo de Reservas de Hidrocarburos (IAPG), Mayo de 2013, Rosario, Argentina.