

CARACTERIZACION GEOLOGICA PARA LA VISUALIZACION DE PROPUESTAS DE REACONDICIONAMIENTO EN POZOS PRODUCTORES AFECTADOS POR ALTO CORTE DE AGUA.

Zayde Arellano M.

PDVSA, arellanoz@pdvsa.com

Luis Arcia.

PDVSA, arcial@pdvsa.com

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo muestra un análisis detallado con el cual se determinó el avance del frente de agua y la influencia de la zona canalizada entre dos yacimientos vecinos, situados en el Norte del Estado Monagas, Venezuela, a partir de la elaboración de secciones estratigráficas y estructurales entre pozos productores e inyectores, la validación del carácter sellante de las fallas presentes, la revisión de las propiedades petrofísicas, integrando al análisis geológico la información correspondiente a: radios de invasión de cada pozo, comportamiento de producción, y análisis de trazadores químicos. Los resultados de este análisis permitieron generar propuestas de trabajo aplicables en los pozos productores afectados por la irrupción del frente de agua, a corto y mediano plazo, con el fin de aumentar su productividad, y por consiguiente, disminuir los diferimientos de producción y los altos costos asociados a ello. Adicionalmente, la interpretación integrada entre ambos yacimientos demostró la existencia de una completa continuidad lateral en las unidades de flujo de los pozos presentes en el área limítrofe.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL-ESTRATIGRÁFICO

Los pozos productores C-9, C-12 y C-21 se encuentran ubicados en la zona Este del Campo Carito, estructuralmente hacia el tope de un anticlinal, siendo parte de un mismo bloque estructural, cercanos a ellos se localizan los pozos inyectores de agua M-45i y M-38i, correspondientes al Campo El Furrial, que se encuentran en un bloque estructural deprimido, separado por una falla normal de 120 pies de salto, rumbo Norte-Sur y buzamiento Oeste, que atraviesa el pozo inyector de agua M-45i, siendo arbitrario el límite entre estos yacimientos. (Ver figura 1).

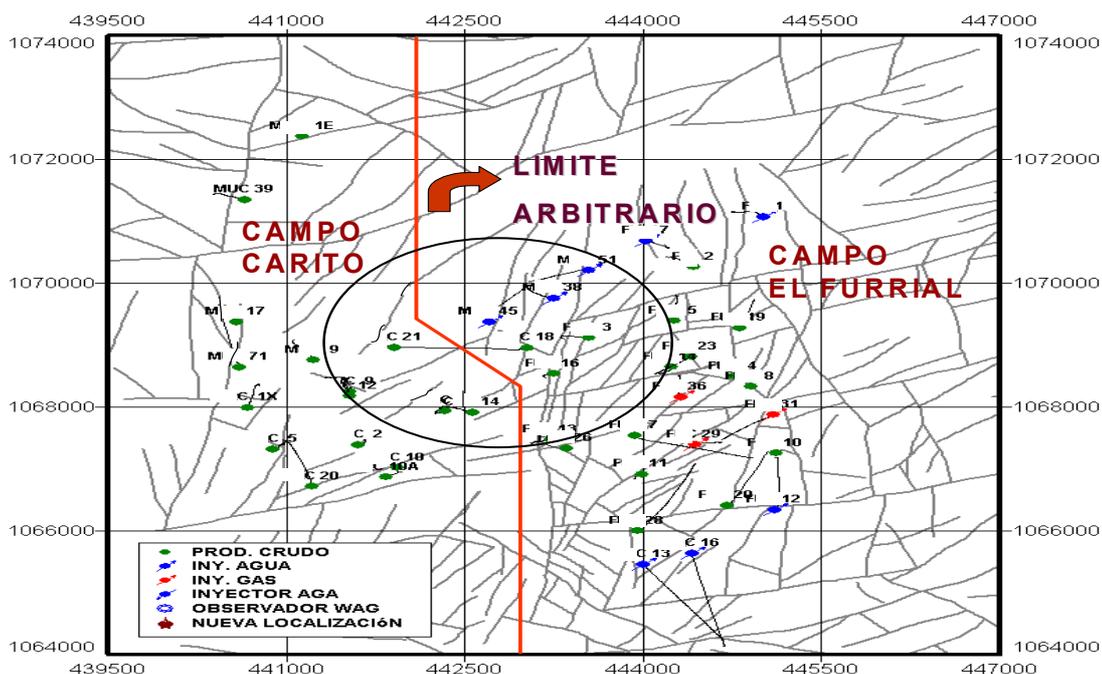


Figura 1. Mapa estructural tope de la arena NAR-1, con la ubicación de los pozos en estudio.

Se realizaron secciones estructurales con dirección Suroeste-Noreste, (Ver figura 2) las cuales demostraron claramente que las unidades de flujo correspondientes a la Formación Naricual presentes en los pozos C-9, C-12, C-21, C-24 (Campo Carito) y M-45i, M-38i (Campo El Furrial) poseen completa continuidad lateral, que se ve afectada en sentido Noreste por la presencia de la falla normal, mencionada anteriormente, de carácter no sellante, presente en el pozo M-45i. Se integró a esta sección los radios de invasión (líneas azules) correspondientes al pozo inyector M-45i, calculados en base a las pruebas PLT y las propiedades petrofísicas, donde la gran mayoría de los intervalos sobrepasan los 400 metros, siendo el penúltimo y último intervalo los que poseen mayor influencia, llegando a alcanzar los 2250 y 2500 metros, respectivamente, lo cual corrobora la presencia de agua en estos pozos productores. Igualmente se integró a la sección los radios de invasión del pozo inyector de gas C-24, (representados por líneas rojas), afectando a los pozos C-9 y C-12, con el máximo alcance del último intervalo de 950 metros.

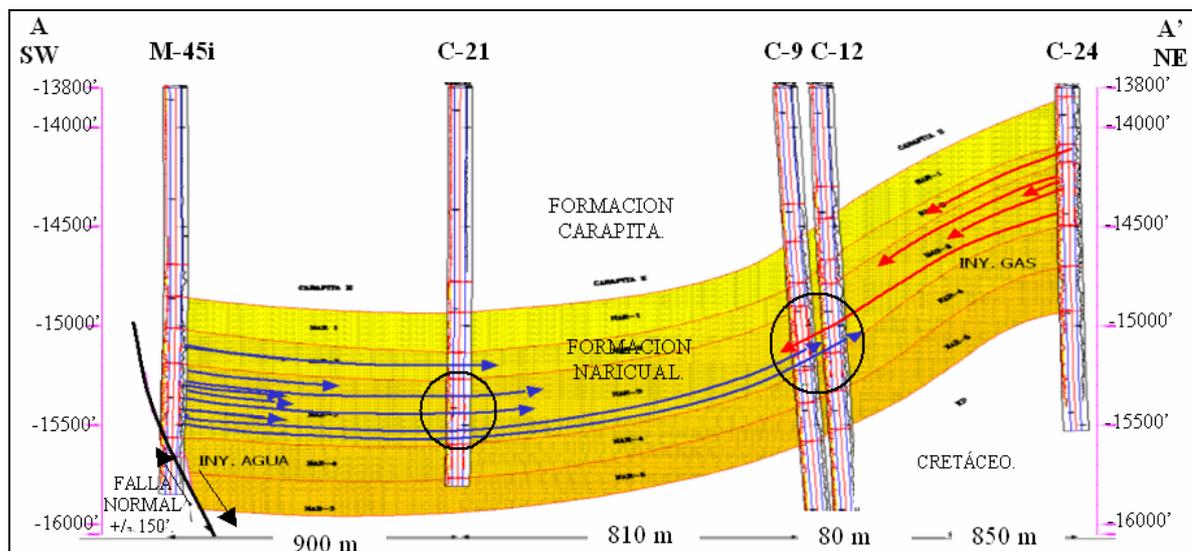


Figura 2. Sección estructural A-A', dirección Suroeste-Noreste.

Se realizó una correlación estratigráfica de orientación Suroeste-Noreste, para analizar la continuidad lateral de las dos unidades de flujo afectadas: NAR-2 y NAR-3 (Ver figura 3). Así se tiene que:

La unidad de flujo NAR-2 presenta completa continuidad lateral entre los cuerpos arenosos. La secuencia se caracteriza por el desarrollo alternado de areniscas y lutitas, que marcan cambios considerables en el nivel de energía en el medio depositacional, correspondiente a un sistema de canales fluviales. Existen cuatro cuerpos bien definidos a lo largo de la correlación. El patrón de electrofacies en dirección Suroeste es granocreciente (pozos C-12 y C-9) variando a una forma predominantemente cilíndrica en los pozos M-45i y C-21, éste último presenta los paquetes de areniscas más limpios. La tendencia de espesores muestra un adelgazamiento hacia el Suroeste. Se demuestra en esta correlación que los intervalos en los que inyectaba en pozo M-45i se comunican directamente con los mismos paquetes de arena de los pozos vecinos.

La unidad de flujo NAR-3 posee mayor espesor que la unidad anterior, y al igual que ésta última, se depositó en un sistema de canales fluviales. En términos generales el patrón de electrofacies está conformado hacia el tope por cuerpos de arena con forma cilíndrica en los pozos C-12 y C-9 que varía a una tendencia grano creciente hacia los pozos C-21 y M-45i. Hacia la parte media se observan paquetes de areniscas más sucias, intercaladas con lutitas, con tendencia grano creciente, seguidos en la parte basal por cuerpos de arena de forma cilíndrica, intercalados con lutitas. No existe una marcada diferencia entre los espesores de los cuerpos arenosos asociados. Igualmente se demuestra el hecho de que los paquetes de arena en los que inyectaba el pozo M-45i en esta unidad de flujo son los mismos donde se encuentran cañoneados los pozos C-21 y C-9.

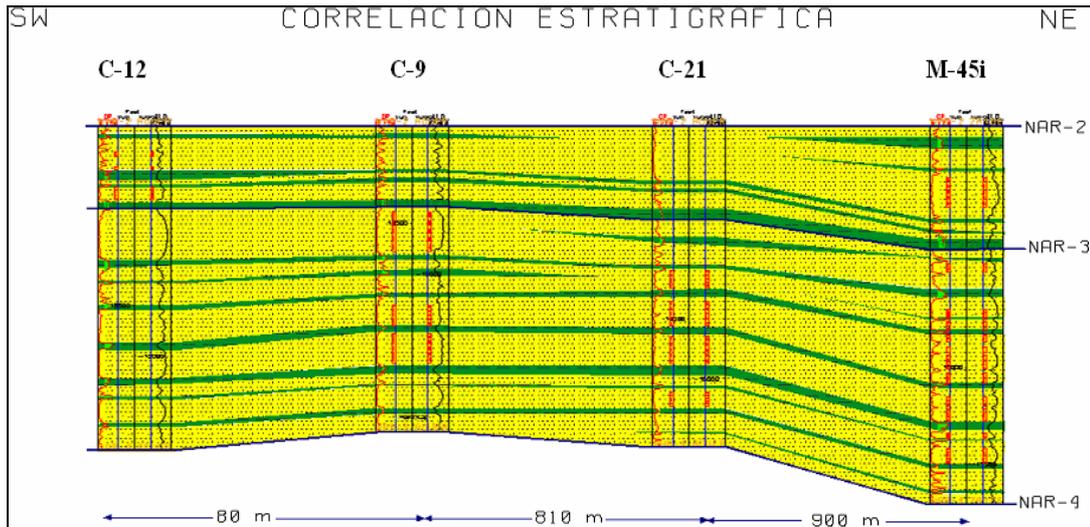


Figura 3. Sección Estratigráfica, dirección Suroeste-Noreste, unidades de flujo NAR-2 y NAR-3.

ANÁLISIS DE TRAZADORES QUÍMICOS

Para visualizar mejor la problemática del incremento de corte de agua en los pozos afectados, se integra al análisis geológico la información disponible con relación a las actividades de inyección y producción. El pozo M-45i perteneciente al Campo El Furrial, inyectó agua desde el 01/1997 hasta el 31/05/2002 a través de las unidades de flujo NAR-2 y NAR-3, representando un volumen total de agua inyectado de 30.672.444 barriles. Aguas abajo de este pozo, a 200m de distancia, el pozo productor C-18 fue invadido totalmente por agua. Se realizó un monitoreo de los pozos productores afectados en el Campo Carito en conjunto con el Proyecto de Trazadores del Campo El Furrial. Los resultados arrojaron la presencia del trazador HTO (inyectado en 01/2001 en el pozo M-45i) en los pozos productores C-12 y C-21, lo cual nos confirma la procedencia de dicho fluido. La figura 4 muestra un mapa de saturación de agua, donde se puede observar el avance del frente de agua en el límite arbitrario entre los dos yacimientos, con una dirección preferencial Noreste-Suroeste, es decir, va avanzando desde la base hacia el flanco de la estructura anticlinal..

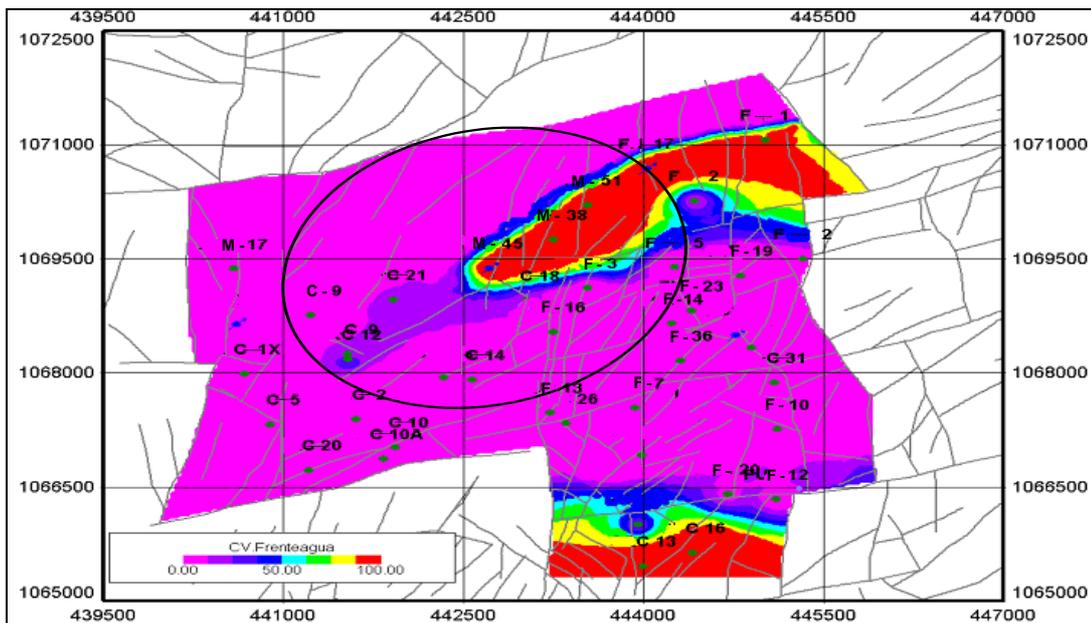


Figura 4.- Mapa de Saturación de agua en la zona limítrofe entre los dos yacimientos.

PROPUESTAS DE TRABAJO.

POZO PRODUCTOR C-12.

El pozo C-12 se completó sencillo flujo natural el 15/04/94 en la unidad de flujo NAR-2. Después de los trabajos de completación, el pozo comenzó a presentar problemas de taponamiento por precipitación de asfaltenos, no respondiendo a las limpiezas y estimulaciones químicas, por lo que el 29/09/1995 se realizó el Reacondicionamiento #1, quedando completado el pozo sencillo en la unidad NAR-4 y selectivo en la unidad NAR-2. Después de la completación oficial del pozo, la arena NAR-4 ha presentado problemas de taponamiento por asfaltenos, aunado a un incremento en la producción de agua (60%), debido a esto el pozo fue cerrado el 28/12/03. En la figura 5 se observa el comportamiento histórico de producción, corte de agua y gas en la unidad NAR-4.

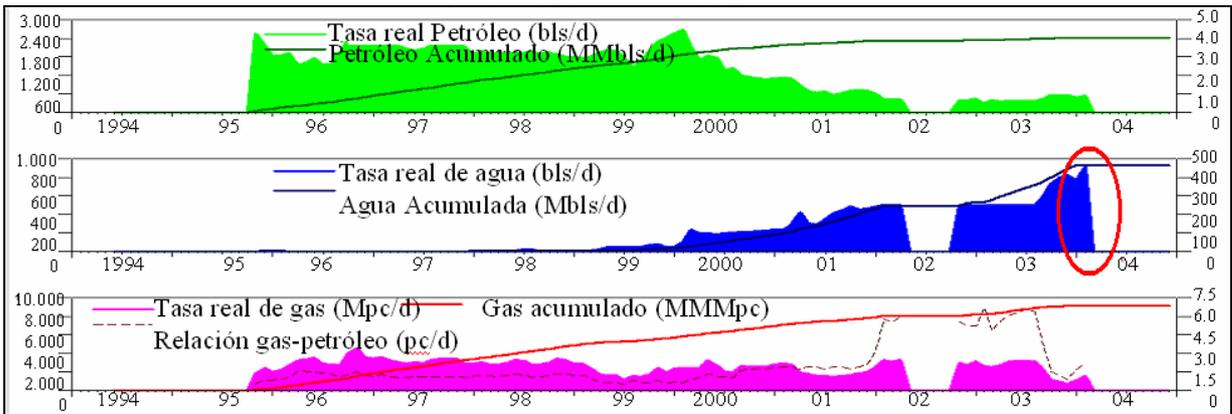


Figura 5.- Comportamiento de Producción Arena NAR- 4.Pozo C-12.

En vista de esta problemática, y en base al análisis realizado, se planteó el Reacondicionamiento #2, con el fin de aislar la arena NAR-4 afectada por alta producción de agua proveniente del pozo M-45i y completar sencillo flujo natural en la arena NAR-2; recañeando los intervalos existentes, con la factibilidad de fracturamiento hidráulico. Respecto a la evaluación petrofísica de la arena NAR-2 en este pozo, la figura 6 muestra los intervalos propuestos a recañeado (15288'-15296'), (15310'-15315'), (15340'-15358'), con valores promedio de: porosidad de 13%, de permeabilidad 20.7 mD y de saturación de agua de 11%, en cuanto al radio de garganta poral, es mayoritariamente de tipo macroporoso, lo que da indicio de la buena calidad de roca presente.

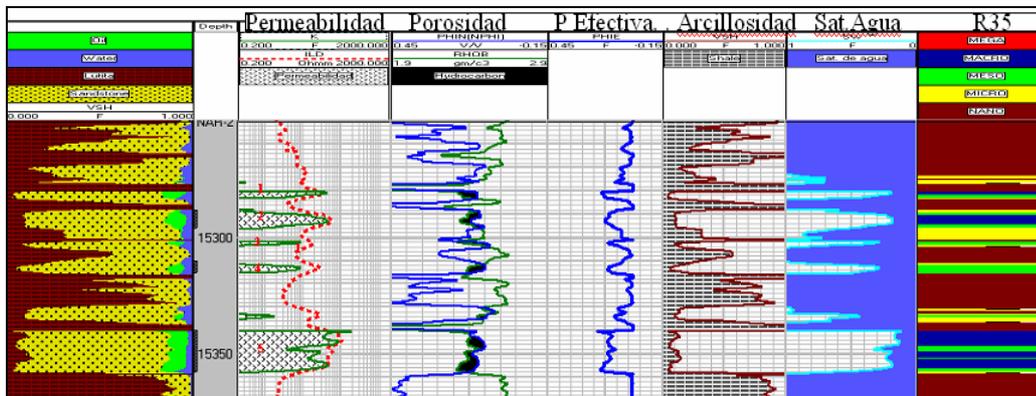


Fig. 6.- Evaluación petrofísica de la arena NAR-2, pozo C-12.

El trabajo propuesto se inició el 16/11/04. Posteriormente se abrió el pozo con reductor 1/4", mostrando los siguientes resultados $Q_0=624$ BND, Presión Cabezal = 1.000 PSI, (cerrado=2000 PSI). Actualmente en espera para el recañeado de los intervalos propuestos y posterior fracturamiento hidráulico.

POZO PRODUCTOR C-21.

El pozo C-21 se completó el 29/12/97 como productor doble sarta en NAR-3 y NAR-4. Desde el inicio de su producción ha manifestado en ambas sartas un alto porcentaje de agua y sedimento, en comparación a otros pozos productores vecinos, siendo ésta proveniente del pozo M-45i. El 15/05/03 se realizó el Reacondicionamiento #1, el pozo quedó completado sencillo con tubería 4 1/2" en la arena NAR-3 y aislados los intervalos de NAR-4. Se realizó desplazamiento con Well Testing con reductor 1/4" y se observó 70% AyS. El intervalo inferior (16110'-16130') aporta el 29% de la producción total, con una proporción de $Q_o = 67$ BN/D y $Q_w = 60$ BN/D. El intervalo (16030'-16070') aporta el resto de la producción del pozo, y se encuentra fuertemente invadido por el agua, con una proporción de $Q_o = 14$ BND y $Q_w = 333$ BN/D. En vista de esta problemática, el pozo se mantiene cerrado desde el 15/05/03. (Ver figura 7).

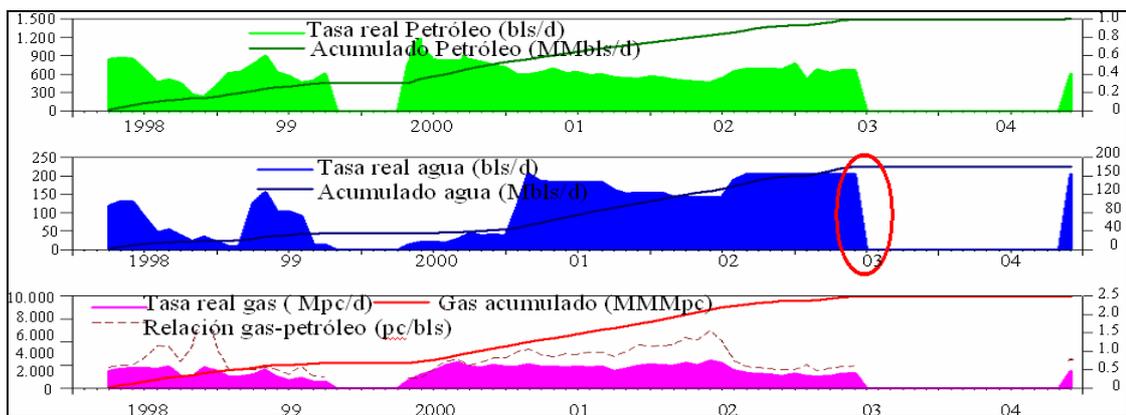


Figura 7.- Comportamiento de producción en la arena NAR-3. Pozo C-21.

Respecto a la interpretación petrofísica para la unidad NAR-3, la misma se realizó de acuerdo a los pozos vecinos (M-9 y C-9) en vista de que se presentaron inconvenientes operacionales que dificultaron la toma de los registros eléctricos finales del pozo a hoyo abierto. Se estima un total de 150 pies de arena neta petrolífera, con valores de 11% de porosidad efectiva, 120 Ω -m de resistividad, 17% de saturación de agua, y 5% de volumen de arcilla. Estos parámetros nos permiten estimar una calidad de roca moderadamente buena.

En base al análisis realizado y tomando en cuenta la cantidad de reservas por drenar en la unidad de flujo NAR-3, se plantea como estrategia a corto plazo mejorar el perfil de producción del pozo C-21 mediante la inyección de gel no sellante en esta unidad, con el objetivo de disminuir la permeabilidad relativa al agua (k_{rw}), siendo la inyección de geles una práctica que ha resultado exitosa en este yacimiento, y como estrategia a largo plazo, la ubicación de nuevos puntos de drenaje en la zona.

CONCLUSIONES

Este análisis permitió mediante la integración de la información geológica, petrofísica y de yacimientos, demostrar que el límite arbitrario entre estos dos yacimientos exhibe una comunicación franca en todas las unidades de flujo, lo que ha permitido disponer de estrategias a corto y mediano plazo para la actualización de reservas y la optimización de los actuales esquemas de explotación en el área límite entre los Campos Carito - Furrial.