

Cabinas para muestreo: piedra angular de las actividades geológicas operacionales en la subcuenca de Barinas, Venezuela

Cabins Sampling: cornerstone of geological operational activities in Barinas sub basin, Venezuela

Cabines de amostragem pedra angular de atividades geológicas operacionais na bacia de Barinas, Venezuela

Edgar Chacín Benedetto¹

Recibido: 10-6-14; Aprobado: 12-7-14

RESUMEN	ABSTRACT	RESUMO
<p>En los campos petrolíferos de la subcuenca Barinas en Venezuela, las cabinas de Mud logging fueron empleadas en los pozos exploratorios para el seguimiento geológico operacional. Antes del nuevo milenio, los pozos de desarrollo y de avanzada eran supervisados por el propio geólogo de la corporación, quien se encargaba de la logística operacional completa para la recogida de datos y la recolección de las muestras de canal. Con esta información se construía un gráfico geológico operacional. A partir del año 2000, se incluye en la perforación de los pozos de producción las cabinas de Mud logging, debido a una serie de problemas operacionales que se presentaban durante la perforación del hoyo intermedio y el de producción del yacimiento. Como resultado, se implementa el uso de cabinas para muestreo geológico y un método, el análisis calcimétrico, que en combinación con la velocidad de avance se convierten en herramientas precisas y fáciles de utilizar por personal en entrenamiento, logrando de esta manera, una rápida definición de los topes geológicos.</p> <p>Palabras clave: Cabinas, calcimetría, tasa de penetración, subcuenca de Barinas, topes geológicos.</p>	<p><i>In the oilfields of Barinas Basin in Venezuela, mud-logging cabins were used in exploration wells for geological control. Before 2000, both the development and advanced wells were monitored directly by the geologist, who collected the cuttings and plotted the rate of penetration. This information was the plotted in an integrated graph for geological control. Since 2000, a mud-logging cabin is used during the drilling of production wells, due to several operational problems during the drilling of the intermediate and production wells. As a result of the usage of these cabins, calcimetry, along with rate of penetration, has become a sharp and quick tool for defining formational tops.</i></p> <p>Keywords: Barinas subbasin, cabins, calcimetry, formation well tops, rate of penetration.</p>	<p>Nos campos petrolíferos da sub-bacia Barinas em Venezuela, as cabinas de Mud logging foram empregues nos poços exploratórios para o rastreamento geológico operacional. Dantes do novo milênio, os poços de desenvolvimento e de avançada eram supervisionados pelo próprio geólogo da corporação, quem se encarregava da logística operacional completa para a recolhida de dados e a coleta das mostras de canal. Com esta informação construía-se um gráfico geológico operacional. A partir do ano 2000, incluem-se na perfuração dos poços de produção as cabinas de Mud logging, devido a uma série de problemas operacionais que se apresentavam durante a perfuração do buraco intermediário e o de produção da jazida. Como resultado, se implementa o uso de cabinas para amostragem geológica e um método, a análise calcimétrico, que em combinação com a velocidade de avanço se convertem em ferramentas precisas e fáceis de utilizar por pessoal em treinamento, conseguindo desta maneira, uma rápida definição dos topes geológicos.</p> <p>Palavras-chave: Cabines, calcimetria, taxa de penetração, sub-bacia de Barinas, topes geológicos.</p>

¹ Geo°. Geólogo consultor. e-mail: echb@hotmail.com, [@geologochacin](https://www.facebook.com/geologochacin)

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objetivo mostrar como, durante las perforaciones de pozos de producción en la subcuenca de Barinas, las operaciones geológicas se han apoyado en los últimos años en el geólogo de perforación para hacer un seguimiento operacional cada vez más preciso, permitiendo soluciones rápidas para cualquier eventualidad. Todo esto se ha realizado mediante el empleo de gráficos de tasa de penetración y de calcimetría, facilitando la identificación de los topes formacionales. Hace más de cuatro décadas, las cabinas de *Mud logging* eran empleadas por la Gerencia de Exploración de PDVSA, para el registro y control de las operaciones de perforación de pozos A-3 y A-2 de la clasificación Lahee; por otra parte los pozos A-1 (avanzada) y A-0 (desarrollo), eran monitoreados exclusivamente por el propio geólogo del distrito Barinas, quien se encargaba de preparar la metodología completa para la captura de datos para calcular la tasa de penetración (TDP), con la cual se construía un gráfico de profundidad vs TDP.

Es a partir del nuevo milenio cuando en la perforación de los pozos de producción de la subcuenca de Barinas se incorporan cabinas de *Mud Logging* (Fig. 1), debido a una serie de problemas operacionales como los arrastres y pegas mecánicas y/o diferenciales que se manifestaban durante la perforación de las Formaciones Parángula y Pagüey en el hoyo intermedio y las pérdidas de circulación que se producían en el tope de la Formación Escandalosa en el hoyo de producción. Los resultados fueron excelentes, recomendando el uso constante de las cabinas para muestreo geológico o laboratorios

de muestreo.

Los gráficos de calcimetría y de tasa de penetración en conjunto, forman un doble instrumento, preciso, rápido de obtener y fácil de interpretar por geólogos en entrenamiento, aportando opciones para la toma de decisiones y permitiendo determinar los topes de las formaciones con mayor precisión.

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio, abarca los campos petrolíferos de la subcuenca de Barinas, situada a 420 km al suroeste de la ciudad de Caracas, República Bolivariana de Venezuela (Fig. 1).

GEOLOGÍA REGIONAL

La subcuenca de Barinas se ubica al norte del Arco de Mérida, al oeste del Arco del Baúl y al sur-sureste de la cordillera de Los Andes, es una depresión estructural asimétrica con su flanco meridional suavemente inclinado 1° al noreste y el flanco septentrional marcado por afloramientos Terciarios, Cretácicos y Precretácicos, que forman parte del flanco sur de la cordillera de Los Andes. (Kiser G., 1992). (Fig. 1).

ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA

La figura 2 muestra la columna estratigráfica de la subcuenca de Barinas, desarrollada sobre un basamento Precretácico de naturaleza ígneo-metamórfica. El Cretáceo consta de cuatro formaciones que en orden estratigráfico son: la Formación Aguardiente (calizas y areniscas cuarzosas), la Formación Escandalosa (carbonatos y siliciclásticos) productora por excelencia de hidrocarburos, la Formación Navay, dividida en dos miembros (La Morita, lutitas, y

Quevedo, areniscas, lutitas y calizas), y la Formación Burgüita (areniscas micáceas).

El Terciario comprende cuatro formaciones. Éstas son la Formación Gobernador (areniscas cuarzosas), segunda en importancia en la producción de hidrocarburos en la cuenca, y la Formación Pagüey (lutitas), ambas del Eoceno medio-tardío, y finalmente las formaciones Parángula (areniscas, arcillas) y río Yuca (conglomerados de grano grueso) del Mioceno-Plioceno que representan el 70 % de la columna estratigráfica. El ciclo sedimentario se cierra con la Formación Guanapa de edad Cuaternario (conglomerados) (Feo Codecido et al., 1984; Kiser G., 1992).

ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL CONTROL OPERACIONAL

En la década de los años 40, cuando se inicia la exploración de hidrocarburos en la subcuenca de Barinas, el geólogo de perforación recolectaba el material triturado o rípios, por diversas razones, como realizar la descripción litológica, determinar la ubicación estratigráfica de la mecha, y visualizar impregnaciones de hidrocarburos, entre otras. La recolección se realizaba por métodos no precisos. Con el advenimiento de la era de la informática, surgen en la década de los años 60 las cabinas de *Mud logging* para el control de los parámetros de perforación y el examen microscópico de cortes de perforación a intervalos predeterminados. Los datos de dichos parámetros se obtiene de varios sensores electrónicos conectados en los equipos de perforación, procesada para suministrar cálculos de ingeniería, y



Figura 1. Situación geográfica de los campos petroleros en la subcuenca de Barinas.

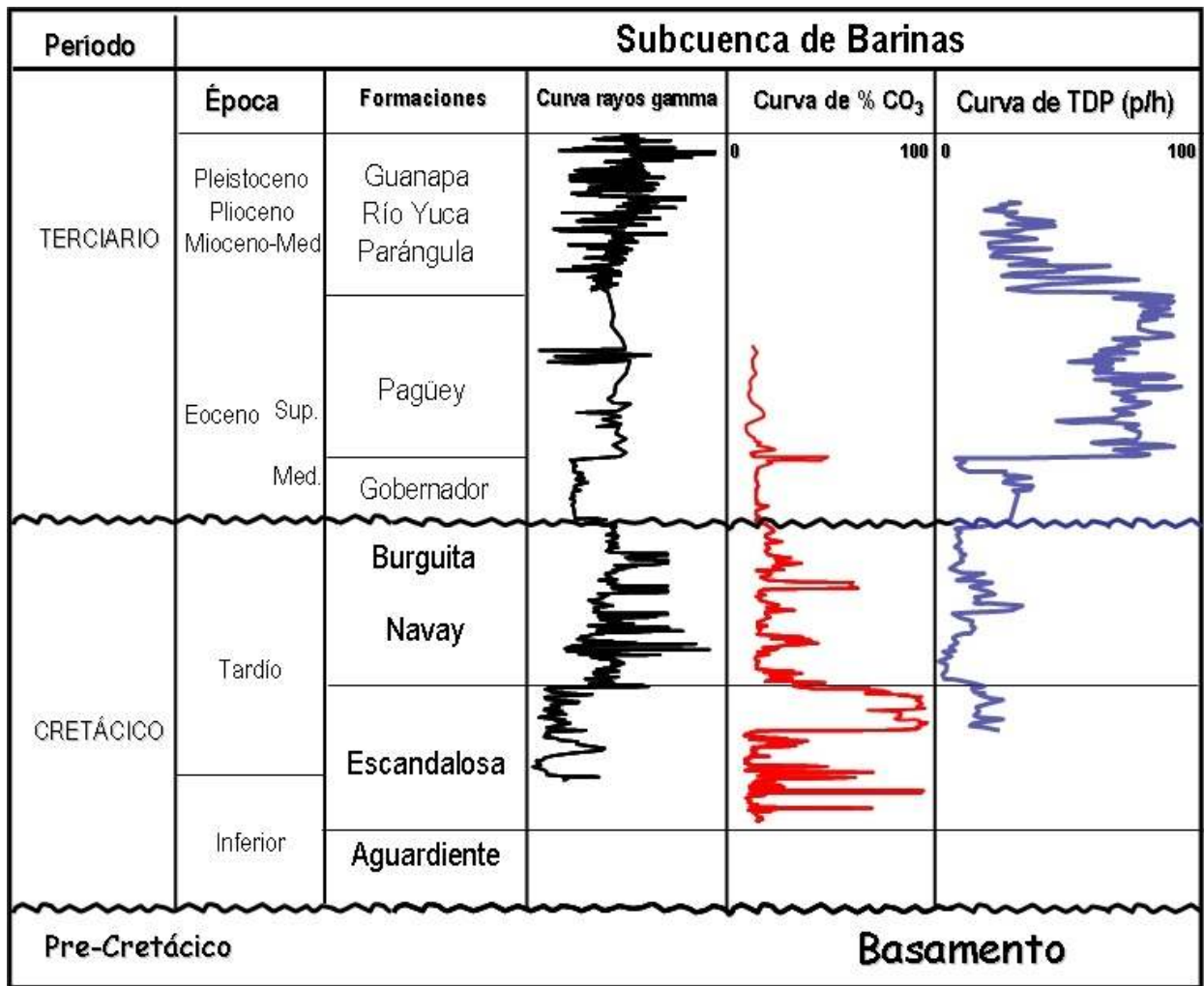


Figura 2. Columna estratigráfica de la subcuenca de Barinas.

luego plasmada en forma gráfica para reconocer y entender mejor los cambios litoestratigráficos. En los campos petroleros de la subcuenca de Barinas, el geólogo de exploración empleaba las cabinas de *Mud logging* únicamente para los pozos con clasificación Lahee A-3 (nuevo campo) y A-2 (nuevo yacimiento). En los pozos de clasificación A-0 (desarrollo) y A-1 (avanzada), el geólogo de perforación se encargaba de la logística completa para la recolección y análisis de las muestras de canal, conocer el tiempo de retorno del lodo de perforación, verificación de la profundidad con la medida de la tubería de perforación y la tasa de penetración. En el pasado, para medir la tasa de penetración se utilizaba un equipo denominado *geolograph*, un registrador automático de la velocidad de penetración que carecía de un formato gráfico. Para solventar la carencia de recursos tecnológicos se diseñó en la década de los 90 un nuevo formato para llevar un control minucioso de la tasa de penetración cada 5 pies con la ayuda del perforador de turno, quien anotaba los tiempos de corte, se calculaba la velocidad de avance y paralelamente se introducían los datos en un ordenador y se obtenía un gráfico. En la figura 3, se puede visualizar dicho formato, el gráfico y una curva de rayos gamma (GR), donde se observa que el cambio de tasa de penetración promedio de 4 p/h en las lutitas del Miembro La Morita aumentaba a 10 p/h en los

carbonatos de la Formación Escandalosa y presenta un comportamiento inverso al de la curva de GR. Cuando aumenta la TDP, disminuyen los valores de GR por estar perforando carbonatos y/o siliciclásticos y cuando la relación es la contraria se trata de lutitas.

Cuando existe un cambio repentino de velocidad de avance (Fig. 4), dado que la onda mecánica viaja en 10 segundos a través de la tubería de perforación, el perforador lo notará en la planchada del taladro, informando inmediatamente al geólogo sobre la profundidad registrada; y así ante el cambio de formación y sin necesidad sin tener la muestra de roca fresca, se tomará inmediatamente la decisión deteniendo la perforación, bien sea para la toma de núcleo, la colocación de tubería de revestimiento, entre otros. Mediante el cálculo de tiempo de retorno se obtendrá el lapso que tarda la muestra en llegar a la superficie, comprobando así dicho cambio.

Debido a problemas operacionales recurrentes como pegas y arrastres de tubería y pérdidas de circulación (Fig. 4), se implementó, a partir del año 2000 el uso de cabinas de *Mud logging*, para recolectar información geológica y parámetros de perforación, como la identificación de los porcentajes de carbonatos y la tasa de penetración, lo que sirvió para identificar las unidades litoestratigráficas donde ocurrían las pegas y los arrastres (formaciones Parángula y Pagüey) y las

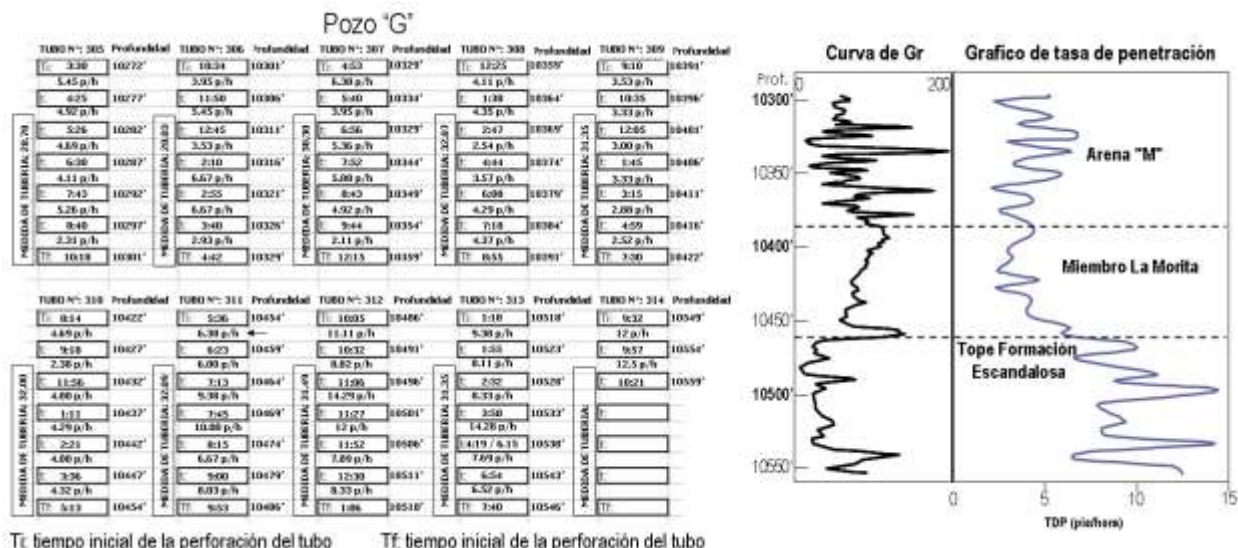


Figura 3. Tiempo de corte para el cálculo y graficación de la tasa de penetración.

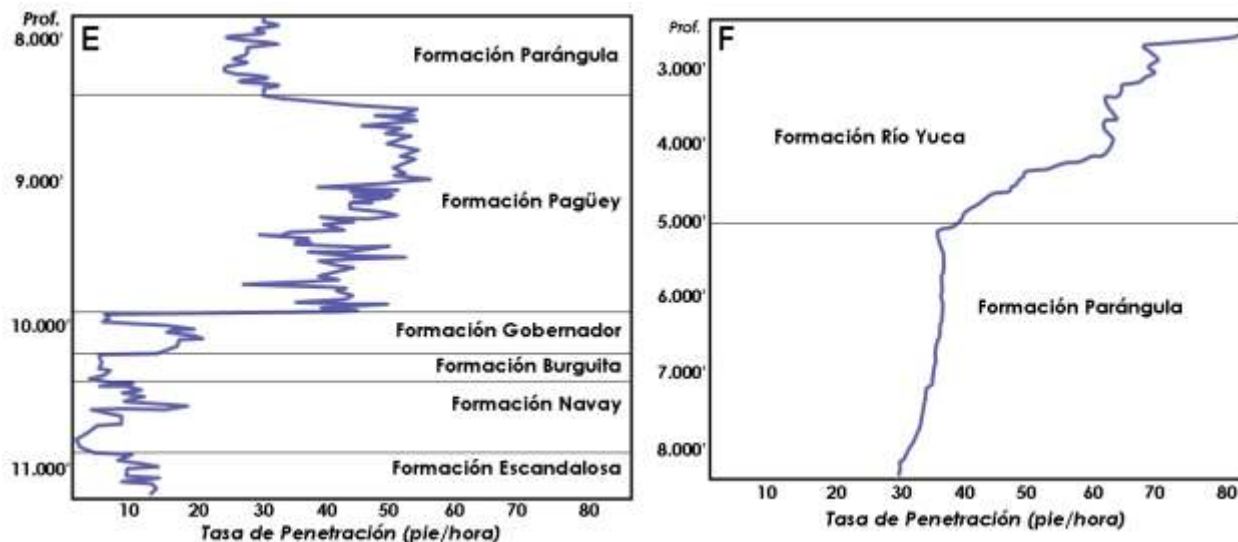


Figura 4. Gráficos de tasa de penetración de pozos en la subcuenca de Barinas.

pérdidas de circulación (primeros 40 pies de la Formación Escandalosa), recomendando el uso constante de laboratorios de muestreo, que disponían de esos servicios, lo que vino a suplementar el programa anual de perforación de pozos de desarrollo. En este caso, el geólogo de perforación se encargaba de la supervisión, complementando el control operacional con la calcimetría. Los gráficos de calcimetría también permiten visualizar los cambios de formación, por ejemplo, en el tope de las formaciones Gobernador y Escandalosa, se encuentran unos carbonatos de espesores variables y más del 60 % de CO₃ (Figs. 5 y 6). En la transición del Terciario al Cretácico, el porcentaje de CO₃

supera el 25 %. En el tope de la Formación Escandalosa (Fig. 6), el porcentaje de CO₃ aumenta desde valores medios de 2 % en el Miembro La Morita hasta más de 70 %. Los topes de las formaciones Gobernador y Escandalosa, contienen porcentajes considerables de CO₃ y valores de TDP inferiores a 4 p/h, concluyendo de esta manera que en las formaciones del Eoceno y Cretácico en la cuenca existe una estrecha relación de alto porcentaje de CO₃ y baja TDP. Los gráficos de calcimetría del Miembro La Morita muestreados cada pie, mostraron una disminución acentuada del 1% de CO₃ al atravesar su tope y un aumento desde 60 al 80 % del CO₃ de 15 a 20

pies en la base (Fig. 6A). Esto permitió detectar fácilmente el tope de la Formación Escandalosa, evitándose de esta manera detener la perforación a cada momento para la verificación de la litología, con las consiguientes pérdidas de tiempo y gastos asociados. Asimismo (Fig. 6B) se observa que la curva de calcimetría adopta una tendencia rectilínea promedio de 2% de CO₃; este comportamiento se observó con una tendencia similar en el gráfico del pozo C (Fig. 5) con muestreo cada 5 pies.

CONCLUSIONES

Antes del advenimiento de las cabinas de *Mud logging* los topos litoestratigráficos eran determinados con gráficos de tasa de penetración y

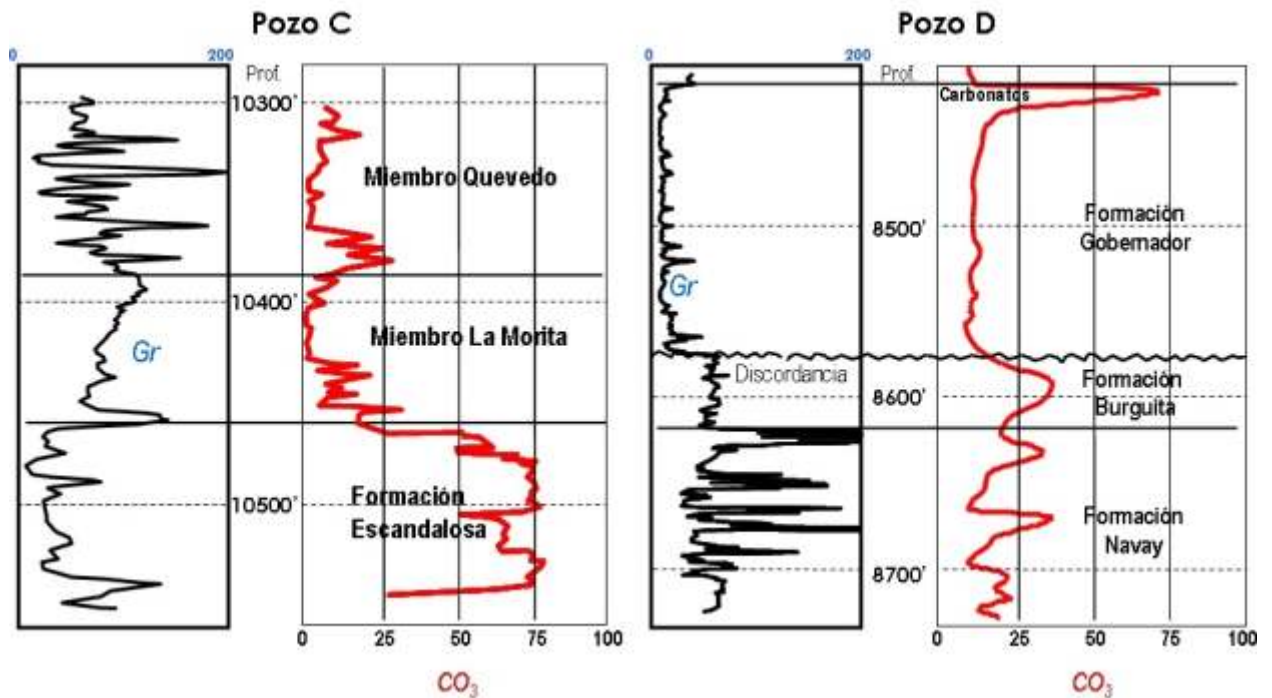


Figura 5. Gráficos de calcimetría de pozos en la subcuena de Barinas. (Muestreo cada 5 pies).

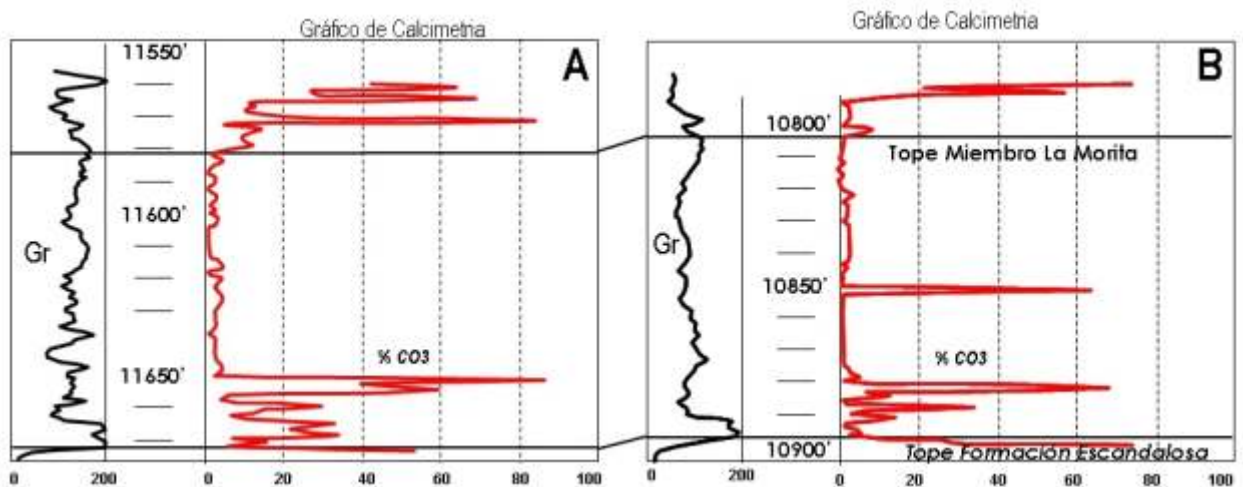


Figura 6. Correlación de gráficos de calcimetría de pozos A y B, subcuena de Barinas. (Muestreo cada pie).

confirmados por la litología.

Con el advenimiento de las cabinas de muestreo geológico en la subcuena de Barinas, los topes geológicos son determinados mediante los gráficos de calcimetría, TDP y corroborados con la litología.

La disminución acentuada del porcentaje de CO_3 en los gráficos de calcimetría a nivel del Cretácico, se sitúa en el Miembro La Morita, mientras que su incremento brusco permite inferir el paso a la Formación Escandalosa.

En las formaciones del Eoceno y Cretácico de la subcuena de Barinas existe una estrecha relación entre la baja TDP y alto porcentaje de CO_3 .

La curva de calcimetría adopta una tendencia rectilínea promedio de 2% de CO_3 en el Miembro La Morita, este comportamiento se observó similar en los gráficos de los pozos analizados.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece a PhD Mounir Mahmoudi, al profesor Luis Pedro Fernández, MSc. Rafael Falcón por sus revisiones y recomendaciones y a ingeniera Aliriana Paredes, por el análisis calcimétrico.

REFERENCIAS

- Chacín, E. (2004). Determinación del tope de la Formación Escandalosa, a través de gráficos calcimétricos, en pozos petrolíferos del área de Barinas Venezuela. *Geo-Temas* 6 (1) 289-292
- Codecido, F., Smith, G., Aboud, F., y Di Giacomo, N. (1984). *Basement and Paleozoic rocks of the Venezuelan Llanos Basins*. Geological Society of America. Memoria 162: 175–183 p.
- Kiser, G. (1992). *Cuencas sedimentarias de Venezuela*. Sociedad Venezolana de Geólogos, Boletín, 45: 7-27.

Pasivos ambientales petroleros en Venezuela



Pilas de coque, Complejo Criogénico de Jose, estado Anzoátegui, Venezuela. Fuente: <http://solaanima8.blogspot.com/2012/03/complejo-criogenico-de-jose-anzoategui.html>



Derrame de petróleo, río Guarapiche, estado Monagas, Venezuela. Fuente: <http://noticias.masverdedigital.com/2012/ambientalistas-alertan-sobre-las-consecuencias-del-derrame-petrolero-en-monagas/>



Refinería Cardón, Punta Matacán, estado Falcón, Venezuela. Fuente: <http://www.ipsnoticias.net/2012/11/nanotecnologia-para-aligerar-huella-petrolera-de-venezuela/>



Derrame de petróleo, Lago de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. Fuente: <http://www.noticias24.com/actualidad/noticia/161396/pdvs-a-derrame-de-crudo-en-el-lago-de-maracaibo-tiene-un-impacto-moderado/>



Derrame de fosa petrolera, Guepe, estado Anzoátegui, Venezuela. Fuente: <http://eltiempo.com.ve/locales/regionales/ambiente/derrame-de-crudo-afecto-morichales-en-freites/62015>



Fosa petrolera, centro-sur del estado Anzoátegui, Venezuela. Fuente: <http://elimpulso.com/articulo/denuncian-colapso-en-fosa-de-desechos-petroleros-en-orient>