



LITOFACIES DE LOS RESERVORIOS GASOPETROLÍFEROS DEL ARCO VOLCÁNICO DEL CRETÁCICO EN EL ÁREA PINA

Osvaldo López Corzo ⁽¹⁾, Maritza Rodríguez Viera ⁽¹⁾, Yusneurys Pérez Martínez ⁽¹⁾, Odalys Reyes Paredes ⁽¹⁾.

(1) Centro de Investigaciones del Petróleo, Calle Washington No 169, esq. Churrucá, Cerro, Ciudad de la Habana, Cuba, E-mail: ocorzo@ceinpet.cupet.cu

RESUMEN

El estudio en subsuelo de las rocas del arco volcánico del Cretácico (AVC) ha sido posible gracias a la perforación de muchos pozos petroleros en la denominada Cuenca Central de nuestro país. Estos pozos hoy en día son responsables de pequeñas producciones de hidrocarburos. De esta manera algunos campos petrolíferos se han caracterizado en las zonas de Pina, Cristales, Jatibonico y otros. En la mayoría de estos campos los cuerpos considerados como reservorios están litológicamente representados por tobos, efusivos y volcánoclastos relacionados.

El objetivo inicial del trabajo fue hacer un estudio facial para seleccionar horizontes propicios para aplicar técnicas de recuperación mejorada de petróleo en un sector del yacimiento Pina. Este objetivo primario se pudo lograr con la integración del estudio litológico, petrográfico y de registros geofísicos. El análisis facial además nos permitió: 1 - determinar algunos patrones que siguen cierta regularidad dentro de las complicadas heterogeneidades litológicas características de la sedimentación en los terrenos volcánicos; 2 - caracterizar de manera más detallada la secuencia del reservorio y poder separarla de los similares depósitos de la cobertura; y 3 - tratar de encontrar estas litofacies en pozos más periféricos para evaluar su potencial productivo.

Para el trabajo se estudiaron más de 10 pozos del área de Pina (Figura 1) y sus alrededores (fundamentalmente al este), se utilizaron muestras de canal, secciones delgadas de núcleos y registros geofísicos. También se pretende en el trabajo dar algunos posibles sectores donde estas litofacies pudieran tener un buen desarrollo y de esa manera considerarse como áreas perspectivas para proyectar futuras perforaciones.

ABSTRACT

The study of the Cretaceous Volcanic Arc (CVA) rocks in subsurface has been possible for the drilling of many wells in the named Central Basin in our country. Today these wells are responsible for the production of small amounts of hydrocarbons. So some little oil fields have been described in Pina, Cristales, Jatibonico and other areas. In most of these fields the reservoir bodies are represented by tuffs, lavas and related volcanoclastic rocks.

Firstly, the objective of the work was to make a facial study in order to select suitable beds for further application of oil recovery techniques in one area of Pina field. This primary objective was reached because of an integrated work from lithologic, petrographic and well log data. The facial study also allowed us: 1 - To determine some patterns that follow some regularity inside the complex lithologic heterogeneities in volcanic terrains. 2 - To characterize with more detail the reservoir unit and separate it from similar rocks in covering layers. 3 - Trying to find these lithofacies in surrounding wells to evaluate its productive potential. For this work more than 10 wells were studied in Pina oil field (Figure 1) and its surroundings (especially eastward). Drill cuttings, thin sections from cores and geophysical logs were used. In the work is also pretended to give some target areas where these lithofacies could spread in subsurface, and so form prospective areas to project future wells.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se ha dividido el reservorio relacionado a los sedimentos volcánoclastos del Cretácico Superior en tres grandes grupos que siguen un comportamiento litogeofísico definido:

tobas finas, tobas gruesas y efusivos. El presente trabajo parte de esta denominación práctica y pretende detallar sus características con el propósito de establecer paquetes de poco espesor que tengan cierta continuidad en el bloque seleccionado (Fig. 1 y 2).



Figura 1: Ubicación de los pozos de Pina y prospectos al este.

Fueron de mucha utilidad en el mencionado estudio las muestras de canal. Por todos son conocidas las desventajas que estas tienen, tales como el enmascaramiento de los rasgos texturales y estructurales, la difícil evaluación cualitativa de la calidad del reservorio debido al tamaño diminuto de los fragmentos de roca, la poca evidencia de hidrocarburos existentes en la roca (más si son del tipo Pina), la pérdida del material arcilloso durante el lavado de las muestras y con frecuencia la contaminación de los cortes con horizontes superiores. Sin embargo, cuando estas muestras son estudiadas con detalle y en combinación con los registros geofísicos, nos brindan una excelente y continua información sobre el comportamiento litológico del reservorio y hasta algunos rasgos que permiten hacer un estimado aproximado de su calidad. Conjuntamente con esto se hizo el estudio de algunas secciones delgadas de núcleos tomados en algunos pozos, permitiendo hacer un adecuado amarre y una mejor caracterización de las litofacies (LF) y electrofacies (EF). Lamentablemente éstas no cubrieron todos los horizontes divididos.

Fueron estudiados ocho pozos del área (Pina 40, P-47, P-50, P-109, P-116, P-120, P-121, P-127) y de manera comparativa algunos situados en el borde de la cuenca. En términos generales se dividieron cuatro LF dentro de las tobas finas, tres dentro de las tobas gruesas y dos en los efusivos (López O., 2004), cada una de ellas presenta peculiaridades típicas que siguen cierto orden y regularidad, al parecer resultado de patrones deposicionales dentro de la sedimentación volcánoclastica de finales del Cretácico. Es prácticamente improbable que estos paquetes de poco espesor tengan un exacto comportamiento y características en todos los pozos. Es decir, las LF que

en un pozo son buenos reservorios en otros pueden no serlo de igual manera. Los sedimentos volcánoclasticos están muy sujetos a transformaciones debido a la naturaleza del vidrio volcánico que los compone, a la diversa composición que presentan, a la inestabilidad de las erupciones volcánicas y al poco potencial de preservación que estos presentan; de ahí las variaciones que las LF pueden presentar de un pozo a otro.

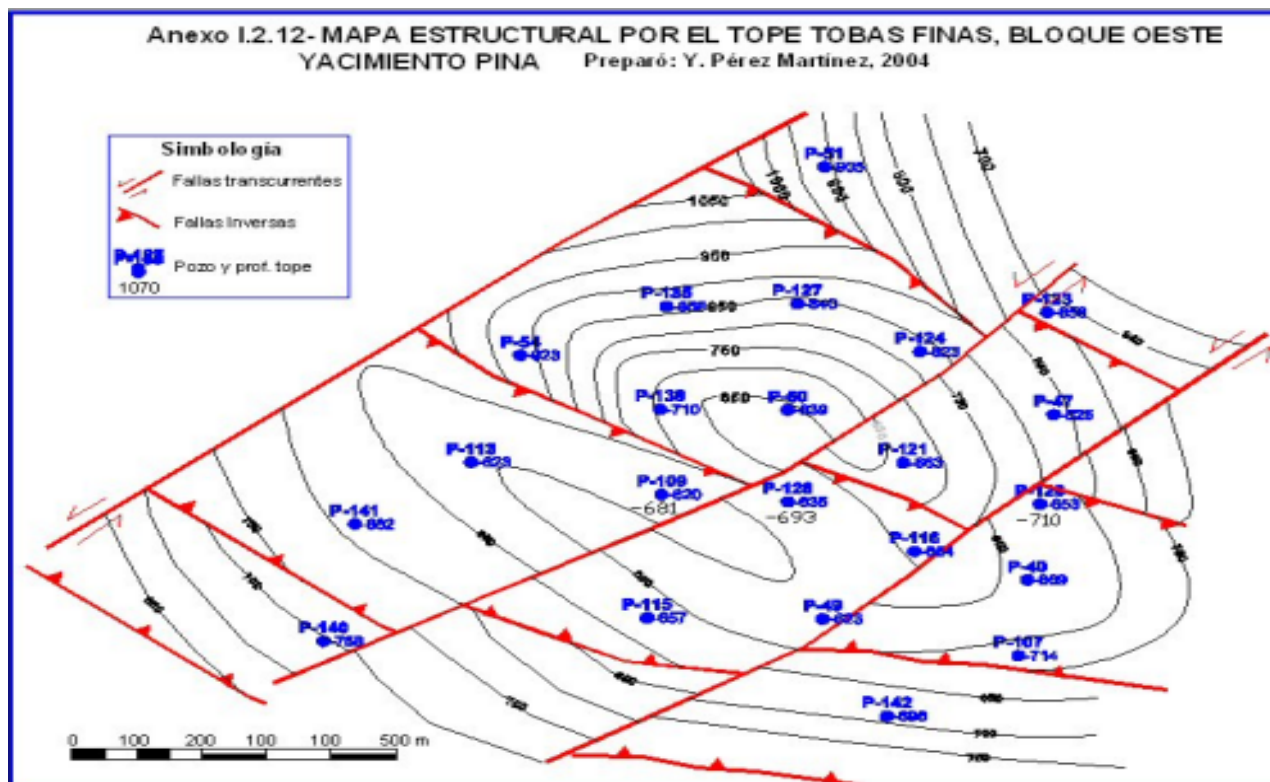


Figura 2: Pozos en los bloques del sector Pina.

Finalmente, con el objetivo de evaluar la continuidad de estas litofacies patrones, trataron de llevarse estos patrones a algunos pozos alejados del área de Pina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales de las Litofacies.

Basados en el presente trabajo pudiéramos señalar que existen algunas generalidades que se mantienen en la mayoría de los pozos; en ellas fueron basados innumerables estudios anteriores que permitieron dividir el subsuelo de este campo petrolífero en tres grandes paquetes: **Tobas Finas**, donde se alternan espesores de tobas de texturas vítreas, cristalinas y sus mezclas, con horizontes arcillosos, arenosos, calcáreos y conglomeráticos. Los colores que predominan son los verdes claros, blancuzcos y pardos claros. Con frecuencia el vidrio volcánico se pelitiza lo cual influye negativamente en la calidad del reservorio. Las **Tobas Gruesas**, que aunque llevan ese nombre por presentar guijas conglomeráticas que conforman una textura lítica, también comprenden variedades de tobas finas, esencialmente cristalinas. Aquí disminuye el componente arcilloso, tienen mayor cantidad de microfracturas que a veces se observan incluso en las muestras de canal. Con frecuencia estos horizontes presentan grandes cristales de obsidiana verde, cloritizada, algo muy raro en

paquetes superiores. Las coloraciones más características son verdes claras, oscuras y cremas. Estas tobas tienen mejores propiedades como reservorio que las de textura más fina. Y por último los **Efusivos**, donde a veces se disponen más de un 60 % de grandes fragmentos de volcánicos de composición andesítica y andesito – basáltica, estas se mezclan con tobas de diversa textura pero generalmente muy consolidadas y poco alteradas a arcilla, es probable que incluso este horizonte tenga carácter conglomerático, su clara definición no es objetivo del presente trabajo. Predominan colores grises oscuros, verdes oscuros y negruzcos. Debajo de los efusivos hemos diferenciado un horizonte con carácter conglomerático que tiene una distribución regular en casi todos los pozos, a este cuarto paquete le llamaremos **Conglomerados**, se corresponde con la última Litofacies que describiremos. Se caracteriza por ser sumamente heterogéneo, presentando rasgos de todos los demás horizontes: Tobas Finas, Tobas Gruesas y Efusivos. Además con proporción variable de material arcilloso que puede ser localmente elevado (20 – 30%).

En resumen, se dividieron nueve Litofacies en el bloque, aunque casi siempre hay un orden a medida que pasamos de la LF I a la IX, esto no quiere decir que todas estén presentes, incluso en algunos pozos pueden hasta repetirse algunas LF. Con un correspondiente amarre con las EF hemos supuesto que en estos casos hayan ocurrido procesos tectónicos que pueden haber propiciado el aumento de estos espesores.

Tabla I Características de cada Litofacies.

PAQUETE	LITOFACIES	CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS DISTINTIVAS
TOBA FINA	I	Tobas vítreas y cristalovítreas de colores claros y algunos grises oscuros, a veces arenisca tobácea. Mezcla de terrígenos finos (arenas, limos y arcillas).
	II	Este es el intervalo más representativo de las tobas finas. Tobas cristalovítreas, cristalolíticas y vítreas más recrystalizadas, consolidadas y fracturadas, de colores verde y blanco grisáceo. Textura fluidal y pequeñas astillas de vidrio volcánico. Material arcilloso subordinado. Buen Reservorio.
	III	Litológicamente compuesta por tobas vítreas y cristalovítreas muy pelitizadas, de coloraciones claras, verdosas y grisáceas. Mayor contenido de limoarcillitas grises y verdosas, también margas, algunas de las arcillitas algo bentoníticas. Carácter variable, generalmente se comporta como un mal reservorio, en intervalos pequeños puede mejorar su calidad.
	IV	Compuesto por tobas cristalinas y cristalovítreas, de colores esencialmente cremas, ámbar y grises. Considerable cantidad de cristales sueltos y rotos de cuarzo y plagioclasas, con frecuencia ligeramente seleccionados. Buen reservorio, localmente puede empeorarse su calidad por presencia de arcilla.
TOBA GRUESA	V	Paquete heterogéneo y algo conglomerático. Tobas cristalovítreas y cristalolíticas de grano más grueso, mayor cantidad de efusivos verdosos y pardo oscuros. Con frecuencia su inicio es marcado por obsidiana verde oliva con textura perlítica, puede no presentarse. Componente arcilloso disminuye. Reservorio regular a bueno.
	VI	Tobas cristalolíticas y cristalovítreas de colores verde oscuro y grisáceo, de grano muy grueso, conglomerático. Esta litofacies tiene dos características esenciales que se mantienen en la mayoría de los pozos: 1- Abundancia relativa de cristales de obsidiana perlítica, de color verde oliva. 2- Más de un 20-25% de fragmentos subredondeados de efusivos. Contenido arcilloso en menor proporción.

EFUSIVOS		Reservorio de muy buena calidad.
	VII	Comportamiento errático en cuanto a su distribución areal. Los litotipos presentan un mayor grado de recrystalización, poseen texturas más finas y pueden tener aspecto terroso por alteración a minerales arcillosos. Compuesto por tobas cristalinas y cristalovítreas, de coloraciones verde grisáceas y a veces cremas, pueden ser recrystalizadas y coherentes o alteradas y deleznales. Hay menor cantidad de efusivos.
	VIII	Sin mucho espesor pero presente en la mayoría de los pozos del área. Está marcada por dos litotipos fundamentales: 1- Efusivos verdes y verdes grisáceos, con apenas fenocristales definidos, muy consolidados, a veces en forma de fragmentos subangulares. 2- tobas grises verdosas, muy recrystalizadas y consolidadas, vítreas y cristalovítreas. Esta LF apenas tiene material arcilloso y es bastante homogénea en cuanto a su composición. Reservorio de regular a bueno.
	IX	Aunque tradicionalmente se ha denominado como "efusivos" este intervalo tiene un carácter conglomerático, evidenciado por su heterogeneidad en muestras de canal y en núcleos. Presencia de rocas de la mayoría de las litofacies: tobas vítreas, cristalinas, líticas, con diverso grado de alteración y facturación, efusivos, escasas diabasas y algunas limoarcilitas.

Esta diferenciación de litofacies, que además se correspondió con características específicas en cuanto a la respuesta geofísica (electrofacies), nos sirvió para separar horizontes a los cuales se aplicarían trabajos de recuperación mejorada. Como resultado de ello se obtuvieron perfiles geológicos detallados en diferentes direcciones (Figura 3).

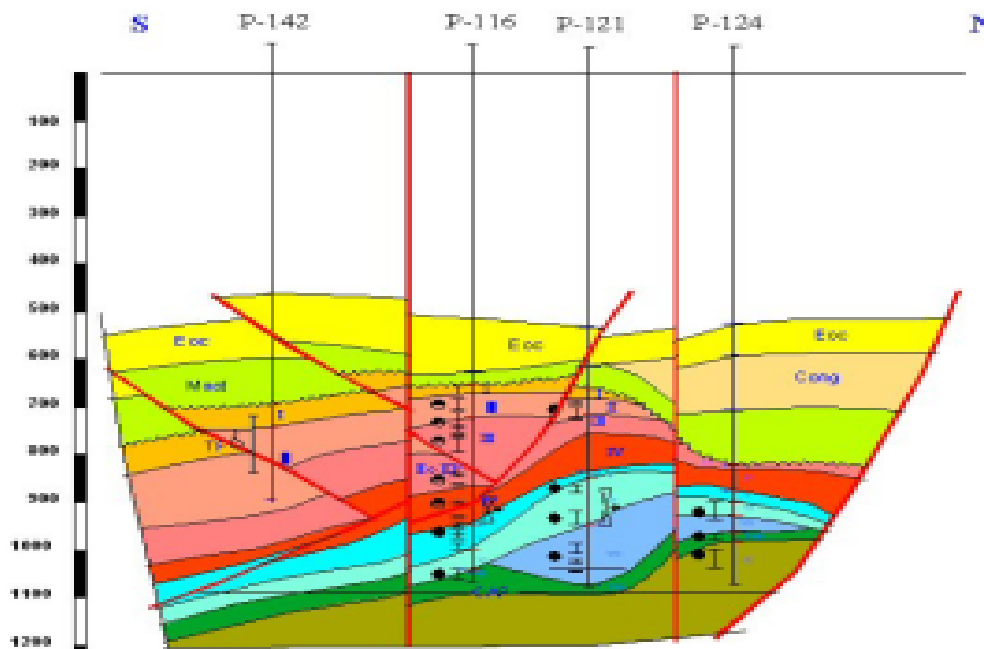


Figura 3: Perfil geológico que detalla las litofacies por separado.

Con frecuencia es extremadamente difícil separar los sedimentos de la cobertura del arco de las rocas volcánicas que componen el cuerpo principal del Arco Volcánico. Las similitudes de las

SEGUNDA CONVENCION CUBANA DE CIENCIAS DE LA TIERRA, GEOCIENCIAS '2007.
Memorias en CD-Rom, La Habana, 20-23 de Marzo de 2007

litofacies, biofacies y electrofacies hacen que estos cuerpos con frecuencia tiendan a confundirse, sin embargo, desde el punto de vista de su potencial gasopetrolífero es de suma importancia lograr su correcta distinción, sobre todo en el momento de las perforaciones petroleras. Algunos criterios que pudiéramos tener en cuenta para ello son:

- A. Las rocas de la cobertura del arco volcánico (CAV) tienden a estar más enriquecidas en material arcilloso, limoso y arenoso fino que sus similares del arco volcánico (AV).
- B. Los horizontes ricos en tobas dentro de la CAV se presentan como material reelaborado, mezclándose con rocas clásticas.
- C. Las tobas dentro del AV presentan cierto orden textural que al parecer responde a patrones deposicionales. En la CAV este orden no se presenta o aparece invertido.
- D. Debido a que las rocas de la CAV responden a una sedimentación tranquila con ciclos erosivos que afectan a depósitos del AV, los rasgos petrográficos y de reservorios característicos de estos últimos se pierden.

Estos criterios fueron de utilidad en las recientes perforaciones periféricas de Naranjo y Villa, pozos donde no se alcanzaron horizontes productivos (Álvarez J., 2006).

CONCLUSIONES

- 1. Lograron separarse dentro del reservorio gasopetrolífero de Pina nueve litofacies que siguen cierto orden dentro de los depósitos relacionados al Arco Volcánico del Cretácico.
- 2. Las litofacies diferenciadas tienen características definidas en cuanto a su potencial productor de hidrocarburos, por lo que fueron seleccionadas las capas a realizar trabajos de recuperación mejorada de petróleo.
- 3. La disposición de las litofacies así como su orden textural constituyen un criterio importante en la difícil definición entre los sedimentos de la cobertura del arco y del arco.
- 4. El sector este de Pina constituye una zona donde las rocas del arco se hunden, por lo tanto no tiene mucho atractivo para la exploración gasopetrolífera. Sin embargo, más al sur (Cacahual), estas rocas se encuentran muy levantadas, lo cual no descarta completamente este sector. Aunque se perforó el pozo Villa en sus cercanías, este no llegó al objetivo petrolífero, debiendo ser esta área estudiada con más detalle sobre todos por trabajos de superficie.
- 5. Un trabajo similar a este fue realizado en el área productiva de Cristales, al aplicarse las técnicas de recuperación mejorada hubo un incremento en los niveles de crudo extraídos. En los pozos seleccionados de Pina la aplicación de las técnicas todavía está en fase de ejecución, por lo que aún no se tienen resultados.

RECOMENDACIONES

- 1. Aplicar el estudio facial en cualquier sector donde se vayan a realizar trabajos de recuperación mejorada.
- 2. Aplicar el estudio facial en cualquier lugar donde se vaya a proyectar un pozo exploratorio, sobre todo en plays que involucren terrenos volcánicos.
- 3. Realizar en pozos periféricos de Cuenca Central, con grado de detalle, estudios faciales para mapear con exactitud el tope de las secuencias de arco volcánico. Para esto debe hacerse especial énfasis en la separación de sus análogos de cobertura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez Castro J., López Corzo O., Perera Falcón C. (2006). Informe Final del pozo Naranjo 1.



Álvarez Castro J., López Corzo O., Perera Falcón C. (2006). Informe Final del pozo Villa 1.
López Corzo O., Rodríguez Viera M., Pérez Martínez Y. (2004). Estudio Facial en un sector del Yacimiento Pina. Proyecto 3405 "Recuperación Mejorada de Petróleo"