

Predicción de Calidad de Roca Reservorio en Areniscas Cuarzosas Mediante el Modelaje Diagenético: Aplicado en el Area Exploratoria de Urica Mundo Nuevo. Cuenca Oriental de Venezuela.

S.GONZÁLEZ, C.OLIVARES & J.H. SANCHEZ

Pdvsa Intevep, Urb. Santa Rosa, Sector El Tambor, Los Teques Edo. Miranda, Venezuela.

RESUMEN

La predicción de la máxima porosidad en areniscas cuarzosas a diferentes profundidades y temperaturas en áreas exploratorias, puede ser posible considerando que la consolidación ocurre por dos procesos: compactación física y cementación, ambos procesos son acelerados por altas temperaturas, movimiento de aguas en solución y altas presiones. La edad, profundidad, temperatura e historias de soterramiento fueron usadas para predecir la porosidad en los Reservorios Terciarios (Mioceno Temprano y Oligoceno) en un área localizada al Sur-Este del Frente de Montaña del Oriente de Venezuela. El área es estructural y tectónicamente compleja, afectada por el sistema de fallas de Urica. Uno de los riesgos exploratorios asociados al reservorio en esta área son los procesos diagenéticos que pudieron haber afectado las areniscas. Con el fin de analizar esta incertidumbre se utilizó data petrográfica e historias de soterramientos para muestras de superficie y de pozos, la cual fue modelada usando Touchstone 2.0, un software para modelaje diagenético.

En general las curvas de porosidad Vs edad muestran que las areniscas más jóvenes tienen porosidades más altas, sin embargo en arenas jóvenes con temperaturas más altas esta relación se revierte. Este es el caso de las areniscas Miocenas, donde el modelado sugiere que las áreas con alto gradiente geotermal son generalmente menos favorables para la preservación de porosidad, debido a la solubilidad del cuarzo a altas temperaturas. Las curvas observadas en este estudio proveen una base para la estimación máxima de porosidades en áreas no estudiadas y que son geológicamente complejas.

INTRODUCCIÓN

En este informe se presentan los resultados del modelaje diagenético realizado en las areniscas de la Fm.Oficina del pozo A, localizado en el área de Urica Mundo Nuevo. El objetivo principal de este estudio fue definir la evolución diagenética y la evolución de la porosidad en función del tiempo y la profundidad, en las arenas reservorios penetradas por el pozo A, con la finalidad de predecir la calidad de rocas en áreas exploratorias ubicadas en el borde Sur-Este de la Serranía del Interior. Para lograr los objetivos planteados en esta investigación se

utilizó el software Touchstone 2.0, para lo cual se requirió como datos de entrada las características composicionales / texturales de las arenas y las historias de soterramiento obtenidas a partir de los modelos geoquímicos desarrollados en el área. La secuencia estudiada en el pozo A, corresponde a las areniscas de los Miembros Colorado, Amarillo, Verde y Naranja de la Formación Oficina, depositadas durante el Mioceno Temprano, las cuales son las arenas con mayor productividad de hidrocarburos en el área de estudio.

UBICACIÓN DEL AREA EN ESTUDIO

El área de estudio se ubica en el Flanco Norte de la Cuenca Oriental de Venezuela, abarcando parte de la Serranía del Interior y el subsuelo inmediatamente al Sur de esta Serranía, cubriendo ambos lados de la zona de falla de Urica (Campo Quiamare, Campo La Vieja, Cerro corazón y Mundo Nuevo). Geográficamente se localiza al Norte de los Estados Anzoátegui y Monagas, cubriendo un área aproximada de 1960 Km², figura 1.

GEOLOGIA REGIONAL

La Serranía del Interior ubicada al Norte de la Cuenca Oriental de Venezuela pertenece a la Cadena Sur-Caribe, la cual se extiende por más de 1100 km, cubriendo un área de aproximadamente 1.400.000 km², desde la Península de la Guajira al Oeste hasta Trinidad y Tobago al Este. Su dominio estructural se extiende entre la falla de El Pilar al Norte, el corredor de fallas de Urica al Oeste, la falla de El Soldado, en el Golfo de Paria al Este y el corrimiento de Pirital al Sur. A lo largo de este corrimiento, la Serranía del Interior Oriental, cabalga hacia el sur-sureste su antefosa molásica correspondiente a la Subcuenca de Maturín. La Serranía del Interior Oriental, es una cadena transpresiva (Wilson et. al, 1971, Stephan, 1982, Rossi, 1985). Esta compuesta de un tren de pliegues y corrimientos de rumbo N60°-80°E que

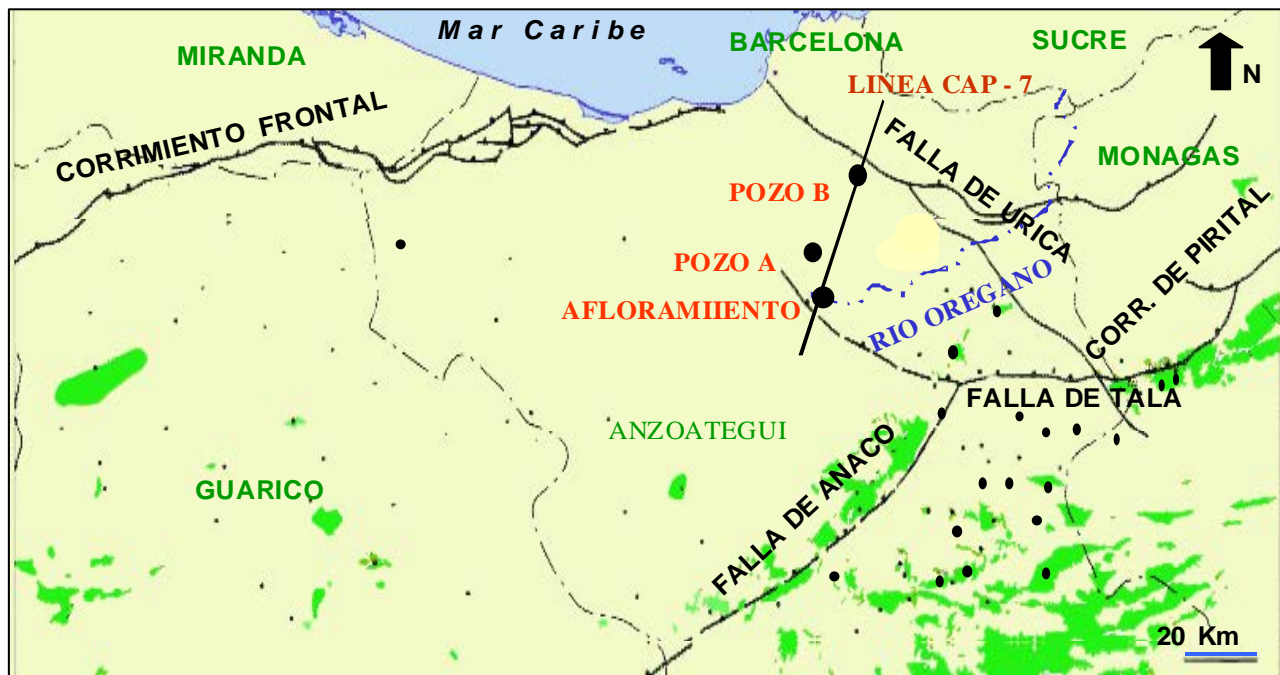


Figura 1. Localización del Area en Estudio

fectan a una cobertura sedimentaria de edad Cretácico Inferior (por lo menos) hasta Mioceno medio.

Hacia el Oeste, pliegues y corrimientos se conectan con el corredor de fallas transcurrentes de Urica el cual juega el papel de megarampa lateral para toda la Serranía del Interior Oriental y anfosa deformada. Más hacia el Oeste, este corredor de fallas pasa paulatinamente al frente tectónico transpresivo del Norte de Guárico.

La estratigrafía de la Serranía del Interior Oriental representa en buena parte la sedimentación del flanco norte de la Subcuenca de Maturín: una espesa y compleja secuencia sedimentaria que abarca desde el Cretácico Inferior al reciente. Presenta un espesor variable, ubicándose la parte más profunda al frente de montaña, sobrepasando los 10.000 m de espesor por encima del basamento (Subieta *et al.*, 1988). El flanco sur, en cambio, representa una estratigrafía semejante a la de la Subcuenca de Guárico (WEC 1997). El proceso evolutivo de esta cuenca se inicia en el Devónico-Carbonífero, con la sedimentación de las **formaciones Carrizal y Hato Viejo** en una depresión pericratónica situada en el borde septentrional del Cratón de Guayana. Durante la Orogénesis Herciniana o evento tecto-termal permo-triásico (250-200ma) ocurrió un levantamiento vertical del borde

cratónico y retirada general de los mares hacia el norte, comenzando un período de erosión. En el Triásico-Jurásico (220-160 ma), se produce actividad volcánica en el Macizo de El Baúl y un período de erosión sobre la mayor parte de la cuenca. La transgresión marina que se produce durante el Cretácico inferior en Venezuela Oriental procede desde un solo frente ubicado al norte de la Serranía del Interior.

El mar avanza contra el borde del cratón de Guayana, desarrollando ambientes nerítico-costeros y litorales y los avances y retiradas del mar a consecuencia de movimientos verticales del cratón controlan la sedimentación. Se conservan ambientes más marinos hacia el norte y más continentales hacia el sur, sedimentándose la **Formación Barranquín** seguida por la deposición de las **formaciones Borracha y Chimana** en el flanco norte durante el Aptiense-Albiense, con una espesa secuencia de calizas intercaladas con lutitas de profundidad nerítico exterior, mientras que en el flanco sur se depositaron calizas y areniscas de ambiente nerítico interno de la **Formación El Cantil**, y más hacia el sur se sedimentaron clásticos gruesos de ambiente continental (**Formación Canoa**). Durante el Cenomaniense-Coniaciense ocurre la máxima cobertura marina y desarrollo de ambientes euxínicos en el norte de la cuenca,

caracterizada por lutitas calcáreas, lutitas negras y calizas pelágicas con cantidades menores de ffsanitas y areniscas cuarzosas (**Formación Querecual**).

Durante el Santoniense-Maestrichtiense se deposita la **Formación San Antonio** al norte, y al sureste comienza la regresión de extensas del flanco norte del cratón de Guayana, como consecuencia al impulso inicial de la Orogénesis del Cretáceo Superior. La erosión de estas zonas produce abundantes sedimentos clásticos de la Formación San Juan, básicamente Maestrichtiense. (González de Juana et al., 1980). Simultáneamente continúan hacia el noreste ambientes más profundos en los que se deposita la sección lutítica de la base de la **Formación Vidoño**; esta formación transgrede la frontera del Paleoceno y continúa con carácter litológico similar durante el resto del período.

La sedimentación del Eoceno en la Serranía del Interior de Anzoátegui – Monagas continúa ininterrumpidamente desde los ambientes de lutitas marinas de Vidoño a las facies arenosas y calcáreas de la **Formación Caratas**.

En el Eoceno superior-Oligoceno (45-25 ma), se produce un hiatus post-Eoceno medio y el levantamiento en la parte norte de la cuenca, como consecuencia de este levantamiento, Dallmus et al., 1963, indica la presencia de varios “grabens” o más probablemente “semigrabens” en el inicio de la Cuenca de Venezuela Oriental. En Guárico se produce la sedimentación transgresiva de las **formaciones La Pascua y Roblecito**.

La transgresión progresa hacia el este y en la región de Barcelona, el hiatus y transgresión mencionadas se encuentran en la Formación Caratas y por debajo de la **Formación Los Jabillos** del Oligoceno medio, caracterizada por facies clásticas marino litoral.

Hacia el este se extiende la sedimentación de las **formaciones Los Jabillos, Areo y Naricual**, reunidas en el Grupo Merecure. Hacia el este se produce la sedimentación profunda, de mar abierto, de la **Formación Carapita**. Durante el Mioceno (20 ma), se produjeron cambios fundamentales en la forma de la cuenca y en la distribución de los sedimentos.

En la parte norte de Guárico la sedimentación se hace predominantemente continental. Desde el flanco norte de la cuenca hacia el sur se observa gradación entre las **formaciones Capiricual-Quiamare** al norte y la **Formación Oficina** al sur. El aparato deltaico de Oficina se extiende considerablemente hacia el sur y sureste hasta una línea cercana al curso actual del río Orinoco.

Hacia el este la profundización de ambientes continúa determinando la sedimentación de Carapita. Durante este período el tectonismo adquiere especial importancia y se manifiesta con mayor intensidad en el flanco norte de la cuenca. La Serranía del interior fue intensamente plegada y fallada por movimientos compresivos norte-sur, indicados por largos pliegues, asimetría, fuertes volcamientos hacia el sur y numerosas fallas de corrimiento.

El reflejo de esta tectónica compresiva en el flanco norte de la cuenca son grandes corrimientos como el de Pirital. Mientras que el flanco meridional refleja primordialmente efectos tensionales, indicados por fallas normales con desplazamiento unas veces hacia el cratón y otras veces hacia la cuenca. La única excepción conocida es el corrimiento de Anaco, que cruza de uno a otro flanco de la cuenca y al parecer está genéticamente relacionado con otros corrimientos del flanco norte. Hace más o menos 15 ma, la parte nor-oriental de la cuenca continuaba levantándose y la misma se inclina hacia el este.

En el flanco sur se sedimenta la **Formación Freites** de ambiente marino somero; en el borde norte los mares transgreden ligeramente sobre la superficie erosionada de Carapita depositándose la sedimentación marina de la **Formación La Pica**.

En el Mioceno-Plioceno superior (5 ma), mientras los ambientes marinos continuaron retrocediendo hacia el este, extensos ambientes fluvio-deltaicos se establecieron sobre gran parte de la Cuenca, en ellos se sedimentó la **Formación Las Piedras**. La fuente de sedimentos fue la serranía situada al norte; los ríos depositaron su carga mal escogida, formando una secuencia interdigitada de abanico aluvial, acumulada discordantemente sobre capas erosionadas y plegadas de edad comprendida entre el Cretácico y el Mioceno.

Hacia el oeste, en el estado Anzoátegui y en el sur, en el subsuelo de los campos del área de Oficina y Temblador esta sedimentación recubre la sedimentación marina de la Formación Freites. Hacia el noreste se encuentra por encima de la Formación La Pica.

El episodio final de esta evolución está representado por la **Formación Mesa**, de ambiente continental. Durante el Pleistoceno el ambiente de sedimentación fue del tipo fluvial y paludal, resultado de un extenso delta que avanzaba hacia el este, de igual manera que avanza hoy en día el delta del Orinoco.

AREA EDAD		OESTE DE URICA			ESTE DE URICA			ACTIVIDAD TECTÓNICA	
		RIO CAPIRICUAL RÍO QUERECUAL QBA. MARIANO QBA. LA PEGUA RÍO ORÉGANO	SUBSUELO CAMPO QUIAMARE LA CEIBA		RIO AMANA RÍO TUCUYUCUAL RÍO AREO RÍO DE ORO	SUBSUELO NORTE DE MONAGAS			
		OSO					ENE		
CENOZOICO	NEOGENO	Tardío	Fm. CAPIRICUAL	Fm. Quiamare	Fm. OFICINA	Mbro. Moreno	Fm. Morichito	Fm. La Pica	ANTEPAÍS Y PLEGAMIENTOS
		Medio		Fm. Uchirito		Mbro. Naranja		Fm. Carapita	
		Temprano		Fm. Carapita		Mbro. Verde			
				Fm. Capaya		Mbro. Amarillo			
		Oligoceno		Fm. Naricual		Mbro. Colorado	Fm. Naricual	Fm. Los Jabillos	
		Fm. Areo	Fm. Merecure	Fm. Areo					
	Eoceno	Caratas		Caratas		MARGEN			
	Paleoceno	Vidoño		Vidoño					
	Maastrichtiense	San Juan		San Juan					
	Campaniense	San Antonio		San Antonio					
Santonense					PASIVO				
Coniaciense	Querecual		Querecual						
Turonense									
Cenomaniense	Chimana		Chimana						
Albiense	El Cantil		El Cantil						
Aptiense	Barranquin		Barranquin		RIFT				
Barremiense	Estratos Rojos		Estratos Rojos						
JURASICO		Carrizal			Carrizal	PRE-RIFT			
PALEOZOICO		Hato Viejo			Hato Viejo				
PRE - CAMBRICO		Basamento Igneo - Metamórfico							

Figura 2. Estratigrafía Regional del Area en Estudio

METODOLOGÍA

La metodología diseñada en procura de los objetivos planteados en este estudio se puede dividir en tres fases:

1.-Análisis petrográfico detallado de 160 secciones finas, el cual consistió en el conteo modal de 300 puntos, para los componentes detríticos, cementos, matriz, reemplazos y porosidades.

2.- Elaboración de secuencias paragenéticas, lo cual permitió asociar los procesos diagenéticos observados en las areniscas a los respectivos grados diagenéticos, donde a fines descriptivos fueron englobados en tres casillas: soterramiento somero, intermedio y profundo. Esta división se basa en criterios propuestos por Surdan, et al., (1989), donde en el soterramiento somero se consideran aquellos procesos diagenéticos que ocurren desde la interfase agua/sedimento hasta

una temperatura de 80°C, soterramiento intermedio propuesto entre 80°C y 130°C, y por último soterramiento profundo entre las temperaturas de 130°C y menores a 200°C; Los límites de estas ventanas pueden ser expresados en función de la profundidad de soterramiento, paleotemperatura, paleoestrés efectivo ó tiempo geológico.

3.-Con la finalidad de estimar la pérdida de porosidad en respuesta al proceso de compactación, se hizo necesario generar un modelo por medio del Touchstone 2.0, que permitiera cuantificar el efecto del reordenamiento de los granos, deformación plástica, disolución y fracturamiento sobre la reducción del volumen de roca. El proceso de compactación es modelado por el software como una medida directa de la pérdida del volumen intergranular (% IGV) en función de los esfuerzos efectivos (β), considerando la rigidez de cada uno de los componentes petrográficos. Estas Clases de rigidez están previamente establecidas y

consideran valores numéricos de rigidez máximos, medios y mínimos, definidos para los granos, cementos y matriz frecuentes en rocas sedimentarias clásticas.

4.- Se realizó el modelaje diagenético de las areniscas, considerando la historias de soterramientos del pozo A, como pozo control y la de un pozo ficticio B, ubicado en un área exploratoria al Sur-Este de la Serranía del Interior.

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

ANÁLISIS PETROGRÁFICO:

1.- La arenisca perteneciente al Miembro Colorado, intervalo del Mioceno Inferior, es de granulometría muy fina a fina (0.075 mm), con un escogimiento moderado (2.0 So), caracterizada por ser una sublitanita, figura 2. El contenido de cuarzo es de 51 %, asíndose notar que los cuarzoes en su mayoría son monocristalinos plutónicos (44.2 %), pero observándose con menos frecuencia cuarzoes policristalinos (6.8 %) en algunos casos el feldespato potásico y la plagioclasa están presentes pero no más del 1.3 % y 2.36 % respectivamente. Los fragmentos de roca sedimentarios y metamórficos son muy frecuentes con un porcentaje alrededor del 8.4 %. En cuanto a los cementos presentes se observaron cementos de cuarzo (7.87%), pirita (0.52 %), hidrocarburo (3.39 %), óxidos de titanio (1.57 %), calcita 1.09 % y siderita (9.46 %). Las arcillas autigénicas se presenta como capas mixtas en porcentajes menores al 3.5%. Entre otros componentes detríticos podemos mencionar, mica muscovita y minerales pesados, figura 3.

2.- Las areniscas pertenecientes al Miembro Amarillo se caracterizan por ser moderadamente (1.8 - 2.3 So) a mal escogidas (2.3 - 4.1 So), de granulometría media a moderadamente gruesa; caracterizadas por sublitanitas y litarenitas. El contenido de cuarzo varía entre de 34 - 50%, el feldespato potásico está presente pero no más del 2.5%, así como la plagioclasa que su contenido no supera el 3.23%. La pseudomatriz es muy común en las muestras (0.5-6.6%) producto de la deformación de fragmentos de rocas dúctiles, cuyos porcentajes varían entre 16% y 23%. Característica composicional importante es la presencia de cemento de cuarzo en porcentajes mayores al 20%, especialmente en aquellas muestras cuyos porcentajes de "grain coating" no sobrepasan el 22%. Los minerales de arcillas no son comunes solo pudo diferenciarse

la caolinita con porcentajes menores al 2.9%. En cuanto a los carbonatos se pudieron diferenciar calcita (0.9-15%), calcita ferrosa (0.2-6.5%), dolomita ferrosa (0.2-2%) y siderita (0.2-1%). La pirita, el óxido de titanio y los óxidos de hierro se presentan como cementos que no sobrepasan el 5%. Entre otros componentes detríticos podemos mencionar granos detríticos de glauconita (< a 1.14%), muscovita (< a 6.7%) y granos de clorita (< al 1.6%), figura 4.

3.- Las areniscas pertenecientes al Miembro Verde, son de granulometría moderadamente gruesas a gruesas, de escogimiento moderado (1.8 – 2.3 So) a malo (2.3 – 4.2 So); caracterizadas por sublitanitas y litarenitas. El contenido de cuarzo varía entre 35 y 48%, los feldespato potásico y las plagioclasas están presentes en porcentajes no mayores al 4% y 2% respectivamente. Característica composicional importante es la presencia de cemento de cuarzo en porcentajes mayores al 12%, en muestras donde los porcentajes de "grain coating" no superan el 25%. Entre los minerales de arcillas identificados se encuentran la smectita (0.2% – 1%) y la caolinita (1% – 3.7%).

Los carbonatos calcita, calcita ferrosa, dolomita ferrosa y siderita están presentes en porcentajes que no superan el 5%. Cemento de óxidos de hierro, pirita y óxidos de titanio es posible encontrarlos en valores menores al 3%. Entre otros componentes detríticos podemos mencionar granos detríticos de glauconita (< a 1.5%) y muscovita (< a 1.9%) y granos de clorita (< a 2%), figura 5.

4.- Las areniscas pertenecientes al Miembro Naranja, se caracterizan por ser de granulometría moderadamente gruesas a gruesas (dependiendo del litotipo) y de mal escogimiento (3.8 y 4.2 So); caracterizadas por cuarzoarenita. El contenido de granos de cuarzo es de 44%. El feldespato potásico y la plagioclasa se presentan muy escasos en valores que no superan el 2% y 0.8% respectivamente. Los porcentajes de cementos de cuarzo superan el 21% con presencia de matriz inferior al 2%. En general los fragmentos de roca y los minerales detríticos no superan el 1%, figura 6.

MODELAJE DE CEMENTACION DE CUARZO Y COMPACTACION:

Con la finalidad de predecir el efecto que ejercieron los procesos diagenéticos de cementación de cuarzo y compactación sobre la porosidad de las areniscas pertenecientes a la

Formación Oficina en el pozo A, se modelaron cada uno de los miembros de dicha formación por separado utilizando el software Touchstone 2.0. Cada unidad fue modelada con sus respectivas historias de soterramientos generadas a partir del modelo geoquímico desarrollado en el área. De acuerdo al modelo geológico/geoquímico definido en el pozo A, se consideró una edad de expulsión de hidrocarburo a los 21 – 8 M.a y una erosión de 3000' cuya edad data a los 8 M.a. Una vez calibradas las muestras del pozo A con sus respectivas historias termales, dichas muestras fueron modeladas con las historias de soterramiento correspondientes al pozo ficticio B, ubicado hacia el Sur-Este de la Serranía del Interior, con la finalidad de predecir la calidad de la roca reservorio en esta área exploratoria, figura 7 y 8. Para las calibraciones de parámetros medidos (petrográficamente) y calculados (Touchstone 2.0) se generaron gráficas de calibración de cementación de cuarzo, volumen intergranular y porosidad intergranular, los resultados se muestran en la figura 9 y 10.

CONCLUSIONES

1.- Las arenas de la Fm. Oficina fueron caracterizadas petrográficamente como cuarzoarenitas, sublitarenitas y litarenitas. Los efectos de la compactación química se observaron con mayor intensidad en las areniscas correspondientes al Miembro Amarillo, donde el proceso de presión-solución evidenciado por la presencia de estilolitas favoreció la precipitación de cementos de cuarzo (medidos petrográficamente) en porcentajes mayores al 20%. En cuanto al proceso de compactación mecánica, se observó que su efecto fue más intenso (fuerte deformación de granos dúctiles) en las areniscas correspondientes al Miembro Verde, donde los porcentajes medidos de fragmentos de granos dúctiles superaron el 15%.

2.- El 90% de las porosidades presentes en la sección son de origen secundario, originadas por la disolución parcial o total de feldespatos y de fragmentos de rocas. En porcentajes menores se observaron microfracturas, las cuales contribuyeron significativamente al mejoramiento de la calidad de estas rocas como reservorio.

3.- En toda la sección Miocena del pozo A, fueron calibrados los parámetros composicionales medidos versus los calculados, observándose que para el 52% de las muestras modeladas las desviaciones obtenidas en las gráficas de calibración superaban el 4% (límite máximo de tolerancia para el Touchstone 2.0), especialmente

en los Miembros Amarillo y Naranja donde los errores en las calibraciones para cementos de Qzo medidos y calculados superaron el 18%.

4.-Con el modelaje diagenético se predice que la fase crítica de precipitación de cementos de cuarzos ocurrió entre los 22 M.a y 8 M.a. con valores de 7% de cemento de cuarzo calculado para areniscas cuarzosas de la Fm. Oficina, mientras que los valores promedio para la porosidad intergranular y el IGV fueron de 6% y 25% respectivamente.

6.-Con la finalidad de predecir la calidad de la roca reservorio en el pozo ficticio B, se modelaron las areniscas Miocenas del pozo A, con las historias de soterramiento correspondientes al Mioceno del punto ficticio, considerando solo aquellas muestras cuyas desviaciones en las calibraciones en el pozo A no superaban el 4%. Las porosidades intergranulares máximas obtenidas para los Miembros Colorado, Amarillo, Verde y Naranja en el ficticio fueron de 1.6%, 6.2%, 6.3% y 2.3% respectivamente.

7.- Las muestras cuyas simulaciones arrojaron errores superiores al 4% (límite superior de tolerancia del Touchstone 2.0), fueron modeladas por ensayo con las historias de soterramiento del Oligoceno C del ficticio B, donde la temperatura máxima alcanzada fue de 168.87°C. De estas simulaciones se obtuvo que el 88% de las muestras arrojaron errores menores al 4%, con respecto al modelaje realizado con las historias del Mioceno del pozo A, indicándonos que hacia este frente exploratorio ubicado en la Serranía del Interior, al incrementarse el gradiente geotermal (ocasionado por la complejidad tectónica de la estructura) aumentó la solubilidad del cuarzo, lo que se tradujo en una reducción considerable de la porosidad.

REFERENCIAS

- Roberto A. Scasso y Carlos O. Limarino, 1998 Petrología y Diagénesis de Rocas Clásticas, 1998. Asociación Argentina de Sedimentología, Publicación Especial N° 1, pp. 54 – 60.
- María Eugenia Sandoval, 2000, Diagénesis de Areniscas., Universidad Central de Venezuela, pp. 170-199
- AAPG Memoir 28, 1979, Associated Rocks. Compiled by Peter A. Scholle..A Color Illustrated Guide To Constituents, Textures, Cements, and Porosities of Sandstones, pp. 121-142.
- Surdam y Thomas L. Dunn, 1989, Porosity Evolution In Sandstone/Shale systems. Ronald C, pp.59-87.

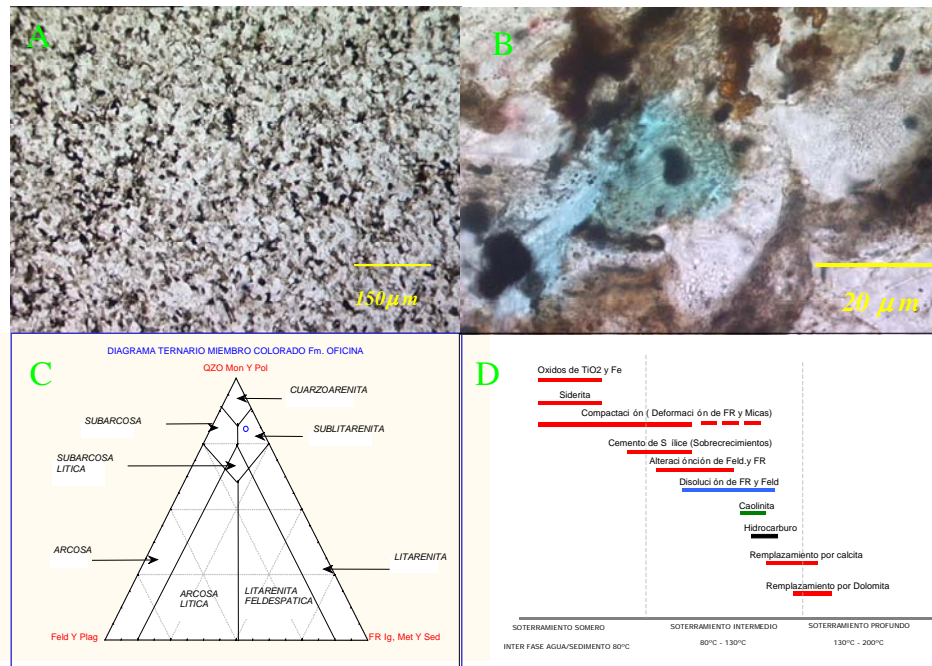


Figura 3. A, Miembro Colorado Sublitarenita X2.5 N//. B, Sublitarenita X40 N//. C, Diagrama composicional Miembro Colorado. D, Secuencia Paragénética Fm. Oficina, Miembro Colorado.

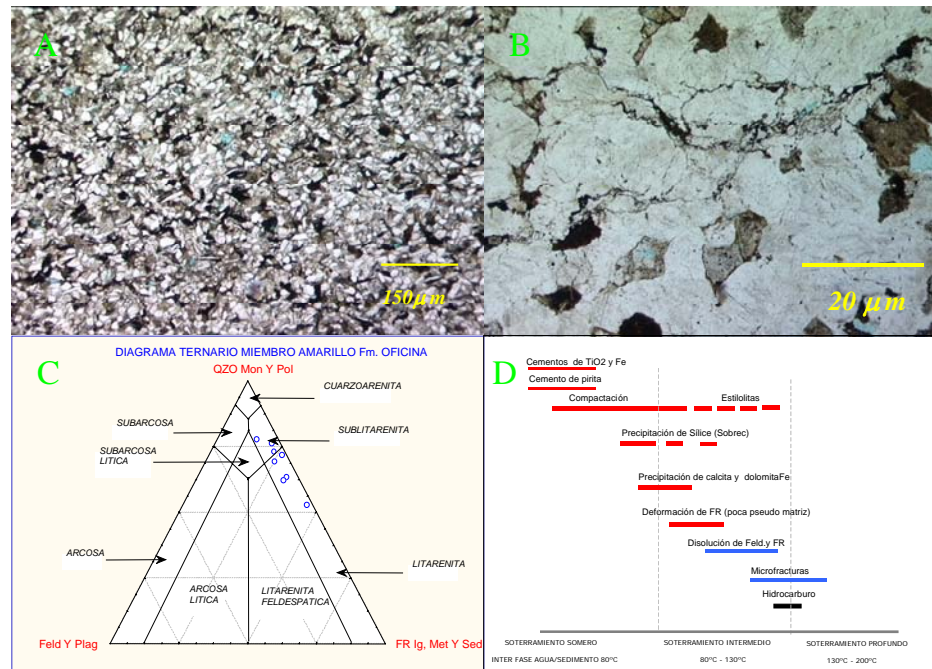


Figura 4. A, Miembro Amarillo Litarenita X2.5 N//. B, Sublitarenita X40 N//. C, Diagrama composicional Miembro Amarillo. D, Secuencia Paragénética. Fm. Oficina, Miembro Amarillo.

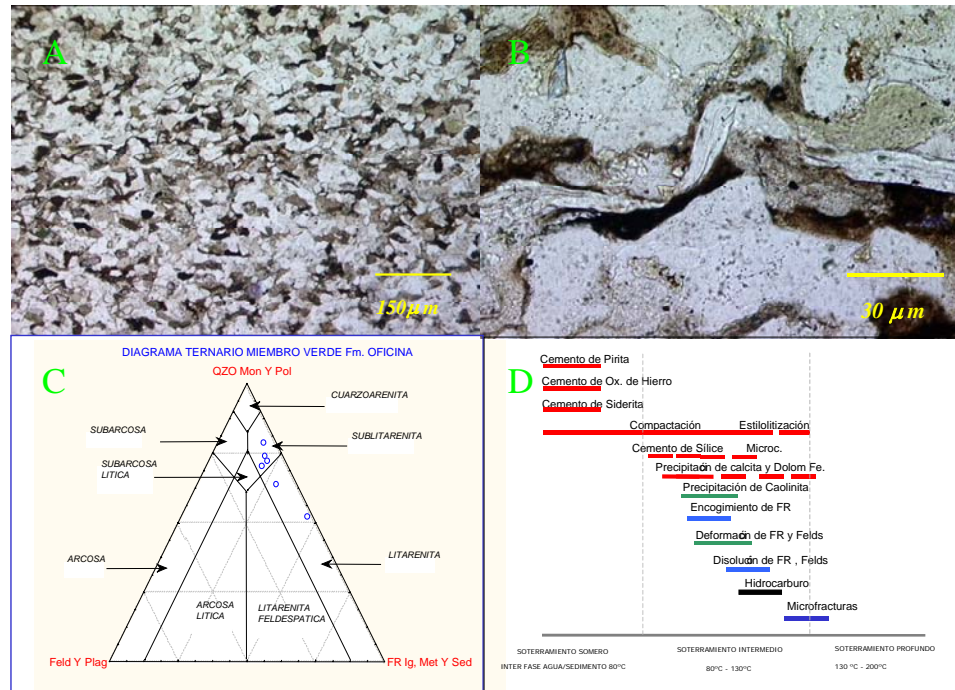


Figura 5. A, Miembro Verde Litarenita X2.5 N//. B, Litarenita X20 N//. C, Diagrama composicional Miembro Verde. D, Secuencia Paragénética Fm. Oficina, Miembro Verde.

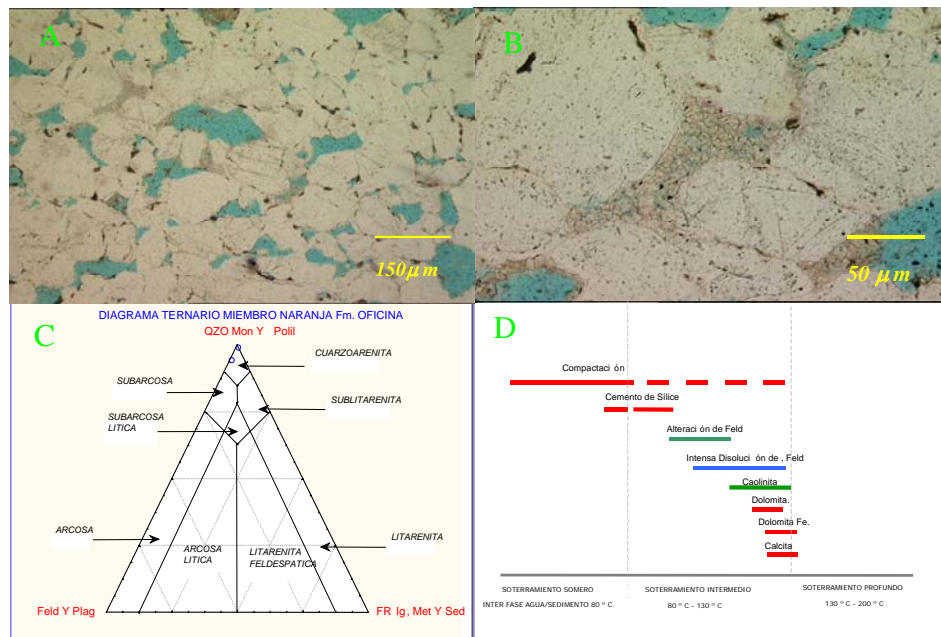


Figura 6. A, Miembro Naranja Cuarzoarenita X2.5 N//. B, Cuarzoarenita X10 N//. C, Diagrama composicional Miembro Naranja. D, Secuencia Paragénética. Fm. Oficina, Miembro Naranja.

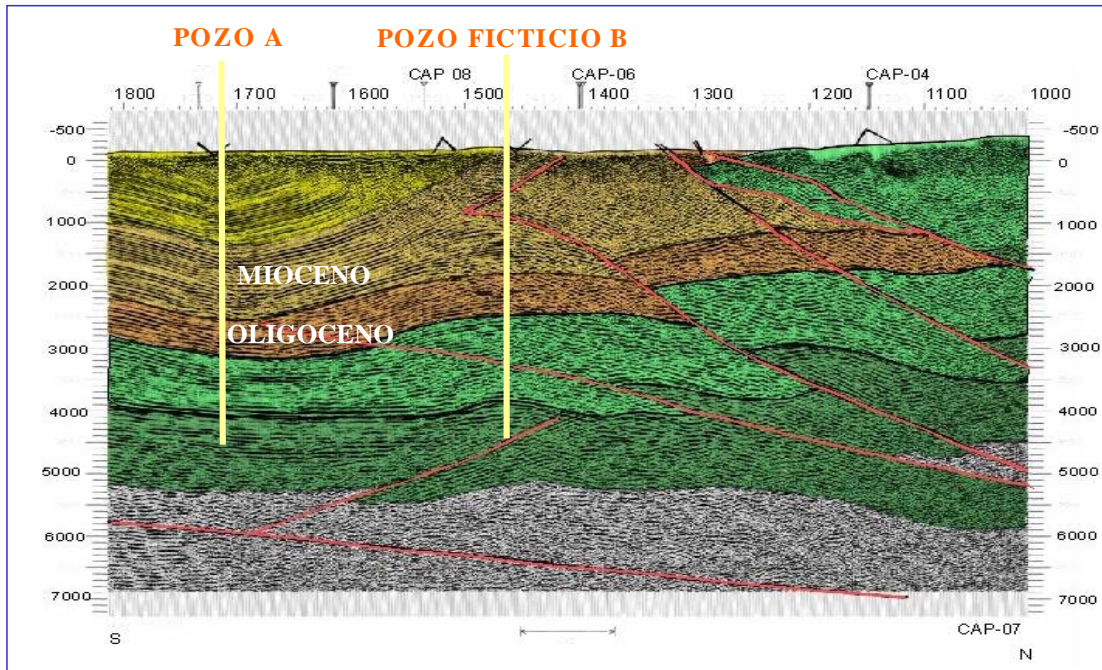


Figura 7. Transecto sísmico donde se muestra la ubicación de los Pozo A y Pozo Ficticio B.

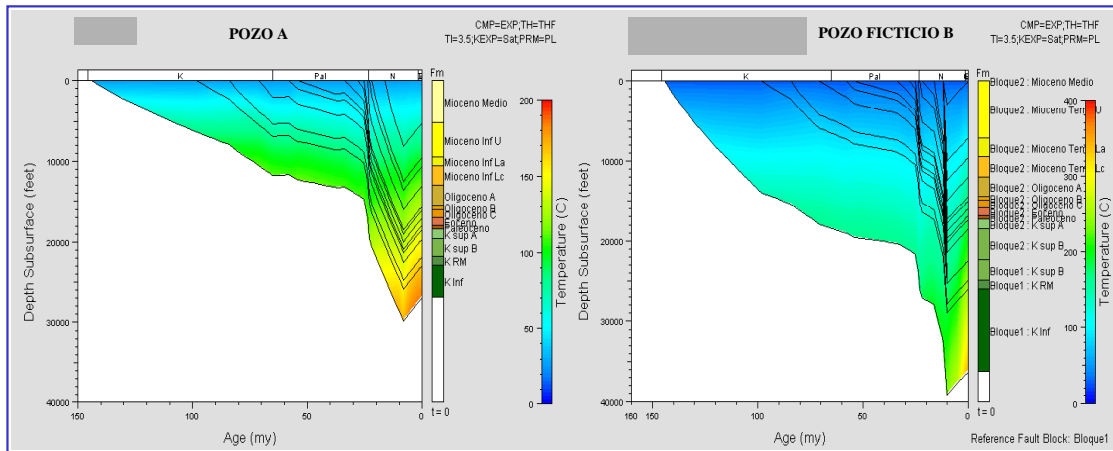


Figura 8. Historias de soterramiento para el Pozo A y Pozo Ficticio B, utilizadas para el modelaje diagenético en el área de estudio.

MIEMBRO NARANJA			IGV			Quartz Cement			Intergranular Porosity		
Well	Unit	Sample	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error
	Naranja	5885' LITICA	60.53	58.99	1.54	0.53	0.01	0.52	3.46	0.23	3.23
	Naranja	6207' Qzo	44.51	33.44	11.07	22.13	0.20	21.93	16.09	25.68	9.59
MIEMBRO VERDE			IGV			Quartz Cement			Intergranular Porosity		
Well	Unit	Sample	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error
	Verde	7053' (2) B	30.07	28.01	2.06	8.14	1.49	6.65	15.26	19.65	4.39
	Verde	7323' B	33.99	30.22	3.77	8.22	0.55	7.67	12.33	15.47	3.13
	Verde	7550' (3) B	31.19	28.71	2.48	8.15	1.27	6.88	9.31	13.22	3.91
	Verde	8406' (4) B	30.88	28.02	2.86	7.57	1.17	6.40	7.97	10.88	2.91
	Verde	8742' (5)	28.96	25.74	3.22	3.22	0.03	3.19	7.90	7.06	0.84
	Verde	8744' (6)	28.84	30.37	1.53	2.80	0.50	2.30	0.48	4.85	4.37
MIEMBRO AMARILLO			IGV			Quartz Cement			Intergranular Porosity		
Well	Unit	Sample	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error
	Amarillo	10026' O	31.19	29.53	1.66	0.28	0.34	0.06	2.10	0.00	2.10
	Amarillo	10348' O	28.70	29.14	0.44	3.20	0.30	2.90	2.11	5.60	3.49
	Amarillo	9104' (7) O	27.20	29.24	2.04	1.34	0.46	0.88	2.60	6.17	3.57
	Amarillo	9127' (8) O	29.76	27.45	2.31	4.73	0.05	4.68	2.88	4.52	1.64
	Amarillo	9599' (9) O	31.56	28.35	3.21	0.76	0.17	0.59	0.25	0.00	0.25
	Amarillo	9655' (10) O	29.33	25.83	3.50	18.74	0.91	17.83	1.56	15.44	13.88
	Amarillo	9660' (11) O	27.29	25.80	1.49	15.51	1.79	13.72	2.40	14.43	12.03
	Amarillo	9687' (12) O	25.68	27.44	1.75	8.12	0.94	7.18	2.33	11.62	9.29
COLORADO			IGV			Quartz Cement			Intergranular Porosity		
Well	Unit	Sample	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error
	Colorado	10668'	31.24	29.46	1.78	7.87	4.37	3.50	2.80	3.99	1.15

Figura 9. Resultados del Modelaje Diagenético del Pozo A.

MIEMBRO NARANJA			IGV			Quartz Cement			Intergranular Porosity		
Well	Unit	Sample	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error
	Naranja	5885' LITICA	60.53	58.99	1.54	0.53	0.01	0.52	3.46	0.23	3.23
	Naranja	6207' Qzo	44.51	33.44	11.07	22.13	0.20	21.93	16.09	25.68	9.59
MIEMBRO VERDE			IGV			Quartz Cement			Intergranular Porosity		
Well	Unit	Sample	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error
	Verde	7053' (2) B	30.07	28.01	2.06	8.14	1.49	6.65	15.26	19.65	4.39
	Verde	7323' B	33.99	30.22	3.77	8.22	0.55	7.67	12.33	15.47	3.13
	Verde	7550' (3) B	31.19	28.71	2.48	8.15	1.27	6.88	9.31	13.22	3.91
	Verde	8406' (4) B	30.88	28.02	2.86	7.57	1.17	6.40	7.97	10.88	2.91
	Verde	8742' (5)	28.96	25.74	3.22	3.22	0.03	3.19	7.90	7.06	0.84
	Verde	8744' (6)	28.84	30.37	1.53	2.80	0.50	2.30	0.48	4.85	4.37
MIEMBRO AMARILLO			IGV			Quartz Cement			Intergranular Porosity		
Well	Unit	Sample	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error
	Amarillo	10026' O	31.19	29.53	1.66	0.28	0.34	0.06	2.10	0.00	2.10
	Amarillo	10348' O	28.70	29.14	0.44	3.20	0.30	2.90	2.11	5.60	3.49
	Amarillo	9104' (7) O	27.20	29.24	2.04	1.34	0.46	0.88	2.60	6.17	3.57
	Amarillo	9127' (8) O	29.76	27.45	2.31	4.73	0.05	4.68	2.88	4.52	1.64
	Amarillo	9599' (9) O	31.56	28.35	3.21	0.76	0.17	0.59	0.25	0.00	0.25
	Amarillo	9655' (10) O	29.33	25.83	3.50	18.74	0.91	17.83	1.56	15.44	13.88
	Amarillo	9660' (11) O	27.29	25.80	1.49	15.51	1.79	13.72	2.40	14.43	12.03
	Amarillo	9687' (12) O	25.68	27.44	1.75	8.12	0.94	7.18	2.33	11.62	9.29
COLORADO			IGV			Quartz Cement			Intergranular Porosity		
Well	Unit	Sample	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error	Mea	Calc	Error
	Colorado	10668'	31.24	29.46	1.78	7.87	4.37	3.50	2.80	3.99	1.15

Figura 10. Resultados del Modelaje Diagenético del Pozo Ficticio B.

Chavez, A et al, 2001, Evolución de la Porosidad en los Posibles Reservorios Terciarios y Cretácicos de Urica-Mundo Nuevo. Estados Anzoátegui y Monagas.

M.R.Leeder, 1982, Sedimentology Process and Product, pp.259-269.

Mc Donald y Surdan, 1984, Clastic Diagenesis, published by the American Association of Petroleum Geologists Tulsa, Oklahoma, pp.127-176.

R.H. Lander, O. Walderhaug, and L. Bonnell, 1997, Application of Sandstone Diagenetic Modeling to Reservoir Quality Prediction and Basin History Assessment, Memorias del I Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Soc. Venezolana de Geól. Tomo I –373-386, Noviembre 1997.

Per Arne Bjorkum, Eric H. Oelkers, Paul H. Nadeau, Olav Walderhaug, and William M. Murphy, 1998, Porosity Prediction in Quartzose sandstones as a Function of Time, Temperature, Depth, Stylolite, Frequency, and Hydrocarbon Saturation, AAPG Bulletin, V.82, No. 4 (April 1998), P. 637-648.

R.H. Lander and O. Walderhaug, 1999, Predicting Porosity through Simulating Sandstone Compaction and Quartz Cementation, AAPG Bulletin, V.83, No 3 (March 1999), P.433-449.

González de Juana, et al., 1998, Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas. Tomo I Y II. Caracas, Ediciones Foninves.