

CUENCAS EMERGENTES – POTENCIAL HIDROCARBURÍFERO DE LOS RESERVORIOS CARBONATADOS JURASICOS Y PALEOZOICOS EN LA FAJA SUBANDINA PERUANA

Marco Vásquez* y Diego Venturo*

Repsol Exploración Perú, Sucursal del Perú, Victor Andrés Belaúnde #147 Torre X, piso 2 Centro Empresarial – San Isidro.

INTRODUCCIÓN

Los carbonatos en el mundo albergan una gran cantidad de hidrocarburos, sin embargo muchas veces están mal vistos por las interrelaciones complicadas o la casi no existencia de porosidad, la permeabilidad y otras propiedades de los yacimientos. Esta comprensión es un total desafío a los Geólogos que muchas veces al no entenderlos llegamos a conclusiones fáciles y que solo nos llevan a seguir teniendo a estas rocas lejos de las posibilidades de ampliar los análisis y poder definirlos como objetivos primarios.

Las Cuencas Emergentes de rocas carbonatadas del Jurásico y del Paleozoico, potenciales reservorios pertenecientes a los Grupos Pucará y Copacabana-Tarma respectivamente presentan características petrofísicas muy importantes en algunos sectores de las cuencas subandinas y deben ser estudiadas con mayor detalle para ser consideradas como objetivos reservorios primarios. Las características petrofísicas y su distribución en las cuencas subandinas del Grupo Copacabana-Tarma fueron presentados en los trabajos publicados en el Ingepet 2011 “Trabajo preliminar sobre los Carbonatos en la Cuenca Ucayali – Madre de Dios” y en el CGP 2012 “Las Dolomías y restos orgánicos del Carbonífero Superior - Pérmico inferior en las cuencas Ucayali-Madre de Dios”.

En las cuencas Ucayali-Madre de Dios se identificaron 7 ciclos y un ambiente de depósito carbonatado de plataforma interna y externa, siendo hasta el momento confirmado por del pozo Mapi y los pozos de la Estructura Mipaya, estos últimos probados y actualmente en producción en conjunto con los niveles clásticos de Noi-Ene.

El Pucara ha sido presentado en varios trabajos y las zonas de mayor interés están en las cuencas Marañón, Huallaga, Santiago y Ucayali, obteniéndose hasta el momento solo resultados como roca generadora y en el caso de roca reservorio se obtuvo algunos rastros de gas en dos pozos de la cuenca Marañón (Loreto y Shanusi), pertenece a un modelo sedimentario de rampa – homoclinal cuyo máximo depósito está en la actual zona de la Cordillera Norte y se levanta hacia el Sur y Este.

Analizando sísmicamente los dos grupos los sistemas carbonatados tienen un efecto combinado de variaciones de facies deposicionales y alteraciones diagenéticas que juegan un rol importante en las variaciones de velocidades sísmicas y en la impedancia acústica. La interpretación convencional de la sísmica 2D y 3D no es un método ideal predictivo para caracterizar reservorios carbonatados por la complejidad y heterogeneidad de estos sistemas (Masferro JL, Bourne R., Jauffred JC.)

GEOLOGÍA

PALEOZOICO- GRUPO TARMA La primera gran transgresión carbonatada de alcance regional se inicia en el Carbonífero superior con un depósito basal de areniscas calcáreas, de color verde, de grano medio a fino, bien seleccionadas, gradando hacia la parte superior a limolita y lodolita.

Hacia el Noreste y Este de la Cuenca Ucayali (pozos La Colpa, Shahuinto, Platanal) se depositaron una alternancia de arcillas, areniscas, lutitas y algunos niveles de mudstone, wackstone (3 ciclos). En la zona Oeste de las Cuencas Ucayali Madre de Dios se describen niveles de areniscas basales transgresivas, luego depósitos lutáceos, arcillosos, acumulación de restos orgánicos, wackstone (4 ciclos), las calizas son de color gris claras, areniscas arcillosas marrón clara, presencia de Neospirifer, lutitas gris oscuras con delgadas capas de calizas, algunas calizas son masivas, grises en la base y blancas a gris clara hacia el tope, escasas intercalaciones de lutitas oscuras en la base, en la parte superior se intercalan con dolomías que fueron probadas al punzado en los pozos San Martín y La Colpa obteniéndose pocas cantidades de petróleo y gas (considerar que estas dolomías fisuradas han sido invadidas y selladas con el lodo de perforación y la cementación).

PALEOZOICO - GRUPO COPACABANA: El grupo Copacabana del Pérmico inferior tiene niveles carbonatados continuos y con mayores espesores hacia el Oeste y Sur, las calizas de grano grueso Grainstone a Wackstone presentan intercalaciones de dolomías, con coloraciones claras de beige a marrón claro (3 ciclos), ocurren acumulaciones de restos orgánicos indicativos de zonas de alta energía. El espesor total promedio es de 600 m. (Copacabana).

En el Este y Noreste de la cuenca Ucayali las dolomías presentan al tope coloraciones rosáceas, indicadores de zonas someras, de una plataforma carbonatada (2 ciclos).

El máximo eje depositacional estaba ubicado en la actual Cordillera Andina (NW-SE) somerizándose hacia el Este correspondiente a la actual posición de los bloques 57, 88 y alrededores, con continuas basculaciones muy suaves que permitían la dolomitización, en la parte superior de la columna (Fig. 1).

En las secciones descritas en la Cordillera (al oeste) en las hojas de Vilcabamba, Ampay, Abancay, Andahuaylas y cerca del cerro Macchu Picchu se describieron secciones incompletas de 600 m hasta 2100m (Copacabana más Tarma).

Hacia el Sureste en la cuenca Madre de Dios y cerca al límite con Bolivia los pozos Pariamanu y Puerto Primo muestran una alternancia de Yeso y Anhidrita en diferentes niveles, producto de esporádicas somerizaciones lo cual nos indica que estamos cerca al límite de la cuenca (confirmado con el pozo Pando y Manuripe en Bolivia).

MARCO TECTONICO

Delimitado al Noroeste por el Alto de la Costa, al Este el Macizo Brasileño y al Sur el Macizo de Arequipa. Bajo este marco ingresa el mar carbonatado del Carbonífero superior-Pérmico inferior desde el Sur hacia el Norte, ubicando su eje de máximo depósito con dirección NW-SE en la zona correspondiente a la actual Cordillera de los Andes

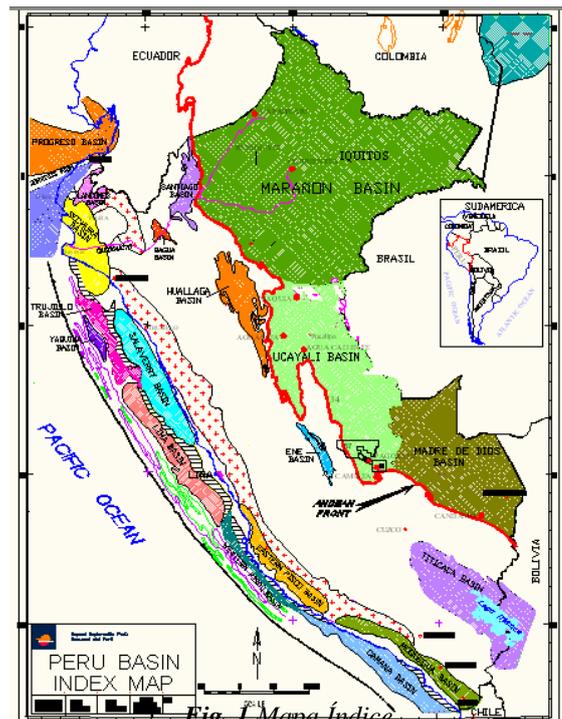


Fig. 1 Mapa Índice

AMBIENTE DE DEPÓSITO

El ambiente de depósito de los Grupos Copacabana – Tarma corresponde a un depósito de Plataforma interna y slope en la zona de la actual Cuenca Ucayali-Madre de Dios.

Este ambiente es consecuencia del análisis sedimentológico de la litología descrita en las secciones de campo y pozos.

JURASICO - GRUPO PUCARA

Esta segunda transgresión marina carbonatada de gran importancia en distribución regional y con un importante espesor ingresa desde el Ecuador y se inicia a finales del Triásico prolongándose hasta el Jurásico medio; en general la litología está compuesta de calizas, intercaladas con niveles de lutitas y limos. Su máximo eje de depósito está en la zona de la actual cordillera andina norte donde presenta los 3 niveles descritos ampliamente por diversos autores (Wilson, Reyes, Santini, Tafur y otros), reconociéndose a las Formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga (datos desde el Triásico superior hasta el Jurásico medio).

En la zona Oriental que incluye el Oeste de la Cuenca Marañón y Ucayali así como las cuencas intra-montañas del Huallaga y Santiago se ha dividido el Gp. Pucará en 4 niveles que incluyen adicionalmente a las clásicas 3 formaciones el nivel final que se ha registrado en secciones de campo y pozos como el depósito final constituido de mudstone, algunos niveles de areniscas con arcillas y anhidritas. La zona de interés en exploración de hidrocarburos del Grupo Pucará está ubicado al Este en las cuencas intra-montañas del Santiago, Huallaga donde se encuentra bien desarrollado en sus cuatro niveles, al Este de estas cuencas en el margen occidental de la cuenca Marañón se perforaron los pozos Loreto, Shanusi, Capahuari Norte, Carmen donde se registró el Pucará, pero en sus eventos

finales equivalentes a Condorsinga y el nivel numero 4 depositados durante el Jurásico medio. En la cuenca Ucayali igualmente el Pucara está restringido a la zona Occidental y norte de la cuenca, se han registrado dolomías, micritica en los pozos Chio, Oxapampa y varias secciones de campo que nos describen calizas micriticas (mudstone) e intercalaciones de areniscas y lutitas correspondientes a los últimos niveles del Pucara.

MARCO TECTONICO

Delimitado al Oeste por Alto de la Costa, el Macizo de Arequipa, al Este por el levantamiento Paleozoico en la actual llanura amazónica y el Escudo Brasileño, al Sur el levantamiento del Paleozoico inferior y superior Bajo este marco ingresa el mar carbonatado del Triásico superior – Jurásico medio desde el Norte y se deposita con dirección NW-SE en la zona correspondiente a la actual Cordillera Norte y Central de los Andes.

AMBIENTE DE DEPÓSITO

El ambiente de depósito del Grupo Pucara es un ambiente marino de rampa-homoclinal.

PETROFISICA

La Evaluación petrofísica realizada hasta el momento en las calizas del Jurásico y Paleozoico no es la mejor debido a que no hay intervalos representativos que hayan permitido realizar estos análisis con el detalle que permita definir el real valor de las columnas carbonatadas motivo del presente estudio.

Hasta el momento solo se ha medido la porosidad (12% al 15%) y permeabilidad es menor a un darcy en algunas coronas del Paleozoico y que representan el 15% del espesor total del Copacabana – Tarma, mientras que en las calizas Jurásicas solo se ha calculado un 2% en función de los pocos metros perforados y que los perfiles han alcanzado a medir. Algunos datos de porosidad obtenidos en los pozos que han atravesado los Grupos Copacabana – Tarma están cercanos al 15% y posiblemente muchos datos estén asociados a fisuras y fracturas no siendo posible tener buenas mediciones por el daño que se ha ocasionado al perforar estos niveles donde muchas veces se observa ensanchamiento con el caliper debido a malas condiciones del lodo.

En los carbonatos jurásicos se han observado porosidades de hasta 20% (posibles Vugs en Dolomías) con presencia de shows de gas (Cuenca Marañón), no siendo representativos estos resultados ya que no se atravesaron los niveles importantes.

GEOFÍSICA

Para la identificación de los ciclos deposicionales se necesita aplicar técnicas de procesamiento en la sísmica 3D de los datos stack y migrados, cuando se combinan ayudan a identificar eventos significativos. El resultado es un cubo de atributos que pueden ser analizados e interpretados con más objetividad que la interpretación de horizontes interpretados convencionalmente (Masferro JL, Bourne R., Jauffred JC.)

La identificación de la clasificación de las Plataformas carbonatadas en sísmica:

- No es solo un problema académico o semántico
- Para los programas de exploración y desarrollo tiene un significado particular que se realice una detallada interpretación sísmica de la arquitectura de facies
- Es relevante para el análisis de alta resolución la evolución espacial /temporal de las plataformas (Pomar L.)

Toda interpretación realizada en la sísmica debe ser corroborada con la perforación de pozos para tener la certeza de la interpretación, se han perforado pozos en las cuencas Marañón, Ucayali – Madre de Dios que han atravesado los niveles calcáreos mencionados y necesitan ser re-interpretados.

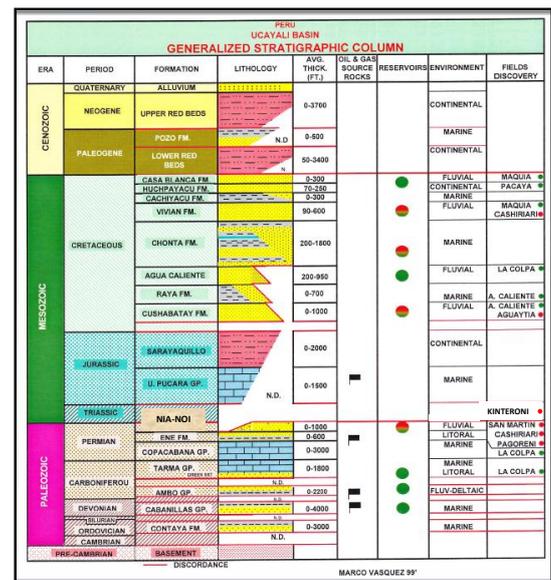


Fig.2 Columna Generalizada de la Cuenca Marañón

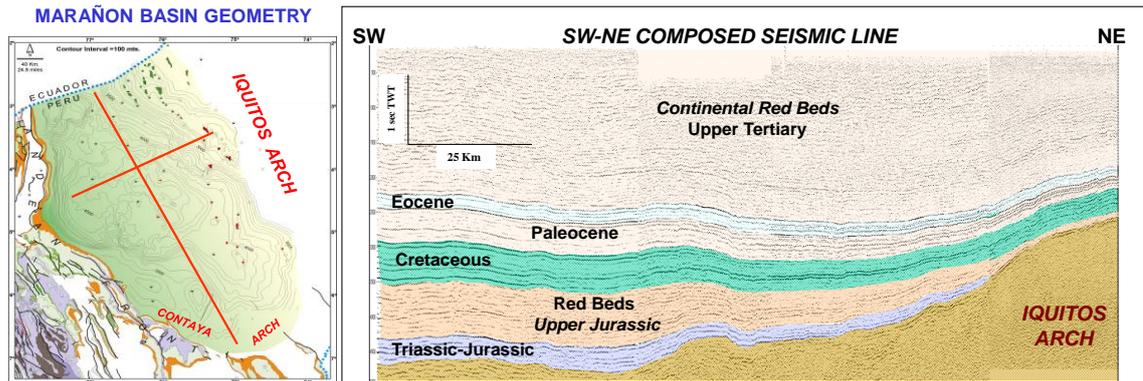


Fig. 3 Sección sísmica en la Cuenca Marañón

CONCLUSIONES

- Los depósitos carbonatados son más variados que los silicoclásticos porque existen mayores diferencias en los factores genéticos.
- El ambiente de depósito de los Grupos Copacabana – Tarma es marino con presencia de plataforma interna (internal platform) , slope, reef? (Cordillera) y plataforma externa (open marine)
- El ambiente de depósito del Grupo Pucara es marino tipo rampa – homoclinal
- En las cuencas Ucayali – Madre de Dios está delimitada la zona de dolomías (Shelf) y de acumulación de restos orgánicos (slope).
- Las rocas reservorio de las calizas del Grupo Copacabana – Tarma son Dolomías, Grainstone, oolitos, restos orgánicos (algas y corales).
- Las rocas reservorios de las calizas del Grupo Pucara son Dolomías, Grainstone, Skarns?
- En las cuencas Marañón y Ucayali solo se ha perforado el 4 nivel del Pucará que incluye areniscas, yeso, anhidrita y algunos niveles de dolomías y mudstone.
- Es necesario re-estudiar muchas de las secciones de campo en especial aquellas que describen presencia de restos orgánicos (algas, corales, braquiópodos).

REFERENCIAS

1. J. L. Wilson, C. Jordan (1983) Middle Shelf Environment , AAPG Memoir 33
2. Quiñones, J. (1990) Estudio Palinoestratigráfico del Paleozoico Pongo de Mainique
3. Vasquez, M. (1990) Evaluación Geológica y de Reservorios Potenciales por Hidrocarburos en el Paleozoico de la Región Subandina del Perú. UNMSM
4. Humberto, E. (1991) Estudio Paleogeográfico de las cuencas subandinas del Perú.
5. AAPG Memoir 69. (1997) Reservoir Quality Prediction in Sandstone and Carbonates.
6. Vasquez, M. (1999) Estudio Paleogeográfico del Paleozoico en la cuencas subandinas.
7. Humberto, E. (2001) Actualización del Estudio Paleogeográfico de las cuencas subandinas del Perú.
8. V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. (2002) Rocas Reservorio de las Cuencas Productivas Argentinas.
9. AAPG Memoir 81. (2004) Seismic Imaging of Carbonate Reservoirs and Systems.
10. Massaferró, J.L. (2005) Carbonate Reservoir Characterization.
11. Lucia, J. (2006) Carbonate Reservoir Characterization Modeling Workshop.
12. Pomar, L. (2007) Applied Carbonate Geology: Carbonate Facies & Reservoirs.
13. Vasquez, M. (2011) Trabajo preliminar sobre los Carbonatos en la Cuenca Ucayali – Madre de Dios VII Ingepet 2011
14. Esteban M., Gerard J. (2012), Field Seminar for Seismic interpreters carbonate & turbidite sedimentation _ Almeria Basins
15. Vásquez, M. (2012) Las Dolomías y restos orgánicos del Carbonífero Superior – Pérmico inferior en las cuencas Ucayali-Madre de Dios - XVI Congreso Geológico Peruano