



Las dolomías y restos orgánicos del Carbonífero superior – Pérmico inferior en las cuencas Ucayali y Madre de Dios

Marco Vásquez

Repsol Exploración, Av. Víctor A. Belaunde 171, Lima, Perú

1. Introducción

Las dolomías y acumulación de restos orgánicos se encuentran distribuidos en los grupos Tarma y Copacabana depositados en las cuencas Madre de Dios y Ucayali en diferentes facies y diferentes continuidades de depósitos.

En la cuenca Madre de Dios son facies de plataforma interna haciéndose más somero hacia el noreste (pozo Panguana) y sureste (pozo Pariamanu, Pando). En el centro de la cuenca y hacia el oeste cambia a facies tipo *slope* casi en el límite oeste de la cuenca donde empieza el levantamiento andino. Estas facies se ven reflejadas en los diferentes depósitos de calizas (*mudstone*, *wackstone*, *grainstone*), dolomitización, acumulación de oolitos, presencia de niveles arrecifales, y diferentes acumulaciones de restos orgánicos e intercalación de arcillas, lutitas y areniscas.

En la cuenca Ucayali, tenemos facies de plataforma interna: hacia el noreste es muy somera permanentemente, lo que se refleja en depósitos dolomíticos en casi toda la columna de depósito con escasos estadios de aguas transgresivas que permitieron depósitos de restos de bivalvos, foraminíferos, oolitos (4 ciclos repetitivos). Hacia el suroeste cambia a una plataforma interna con intercalación de zonas de alta energía (*slope*) (8 ciclos).

En las dos cuencas en las zonas occidentales cercanas a las estribaciones andinas, donde empiezan las fallas transcurrentes y de corrimiento, tenemos muy poca presencia de dolomías, estando éstas restringidas a la parte superior de las columnas carbonatadas (8 ciclos).

En la zona andina se encuentra repetidamente la zona de *slope* y plataforma interna, varios niveles de restos de corales, oolitos, braquiópodos, y espesores que

posiblemente estén repetidos y superan en 2 o 3 veces el espesor encontrado en el límite oeste de las cuencas Madre de Dios y Ucayali (8 ciclos).

2. Geología

2.1. Grupo Tarma

El Grupo Tarma empieza con una base de areniscas calcáreas, de color verde, de grano medio a fino, bien seleccionadas, gradando hacia la parte superior a limo y arcilla,

Hacia el noreste y este de la Cuenca Ucayali (pozos La Colpa, Shahuinto, Platanal), se depositó una alternancia de arcillas, areniscas, lutitas, y algunos niveles de *mudstone* y *wackstone* (3 ciclos)

En la zona oeste de las cuencas Ucayali y Madre de Dios, se describen niveles de areniscas basales transgresivas, seguidas por depósitos lutáceos, arcillosos, *grainstone*, acumulación de restos orgánicos, *wackstone* (4 ciclos); las calizas son gris claras, las arenas lutáceas marrón clara; hay presencia de *Neospirifer*; lutitas gris oscuras con delgadas capas de calizas; algunas calizas son masivas, grises en la base y blancas, gris clara hacia el tope; hay escasas intercalaciones de lutitas oscuras en la base; en la parte superior se intercala 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).

2.2. Grupo Copacabana

El Grupo Copacabana tiene niveles carbonatados continuos y con mayores espesores hacia el oeste y sur. Las calizas de grano grueso *grainstone* a *wackstone* tienen intercalaciones de dolomías, con coloraciones claras a

beige y marrón claro (4 ciclos), con acumulaciones de restos orgánicos indicativos de zonas de alta energía, con un promedio total de 600 m.

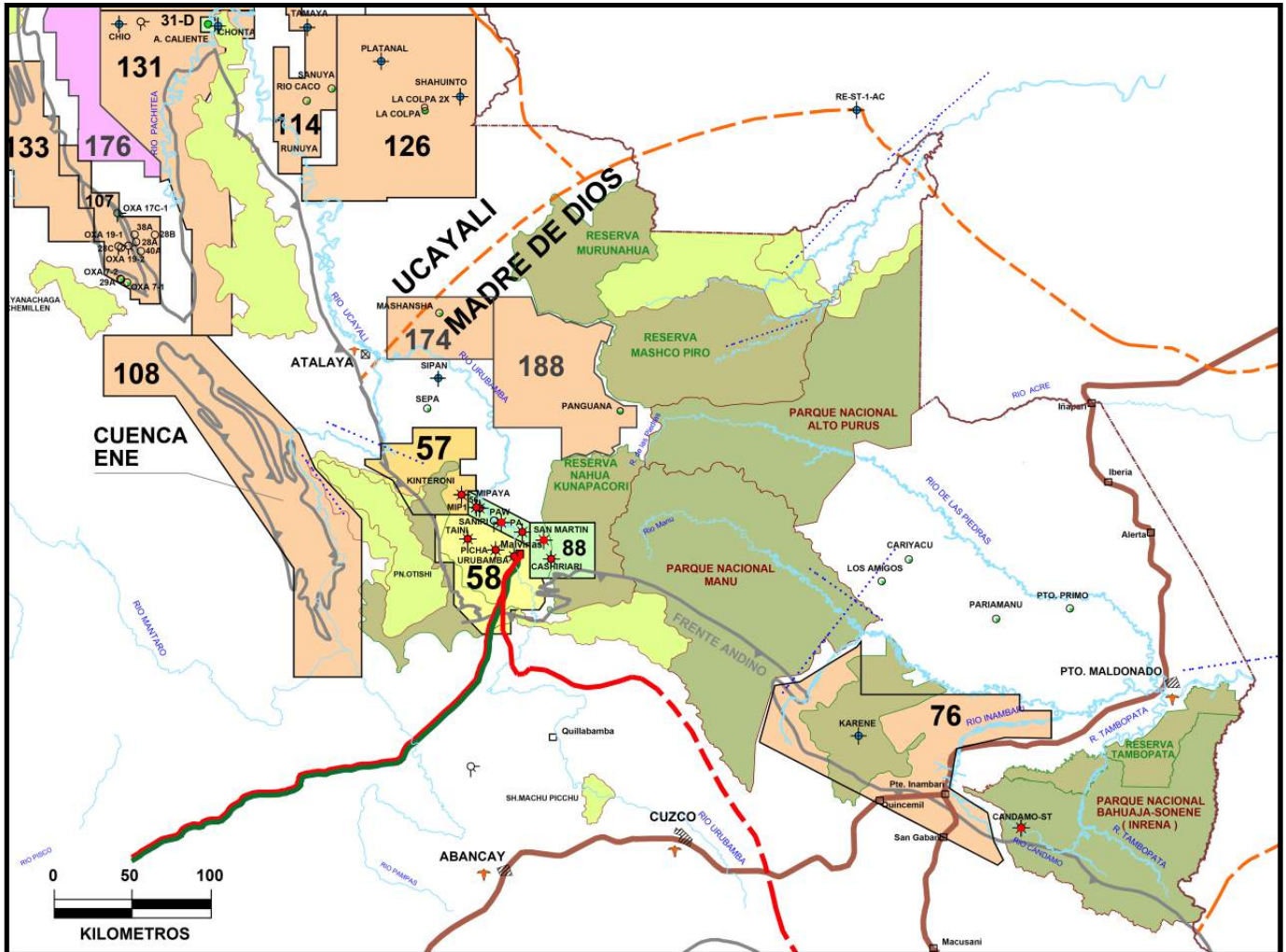


Figura 1. Mapa de ubicación.

En el este y noreste de la cuenca Ucaiyali, las dolomías presentan al tope coloraciones rosáceas, indicadores de zonas someras. Se trata de una plataforma carbonatada (2 ciclos). El máximo eje depositacional estaba en la actual Cordillera Andina (NW-SE) esta se somerizaba al este hacia 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. En las secciones descritas en la Cordillera (al oeste) en las hojas de Vilcabambaba, Ampay, Abancay, Andahuaylas y cerca del cerro Macchu Picchu, se describieron secciones incompletas de 600 hasta 2100 m (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 anhídrita en diferentes niveles, producto de esporádicas somerizaciones, lo cual nos indica que estábamos cerca al

límite de la cuenca (confirmado con los pozos Pando y Manuripe en Bolivia).

2.3. Ciclos deposicionales de los grupos Tarma y Copacabana

Estos ciclos se pueden encontrar en toda la secuencia Tarma-Copacabana, desde 6 ciclos en la zona este y noreste de la cuenca Ucaiyali y sur de la cuenca Madre de Dios, y hasta 8 ciclos en la zona oeste de las cuencas Ucaiyali y Madre de Dios.

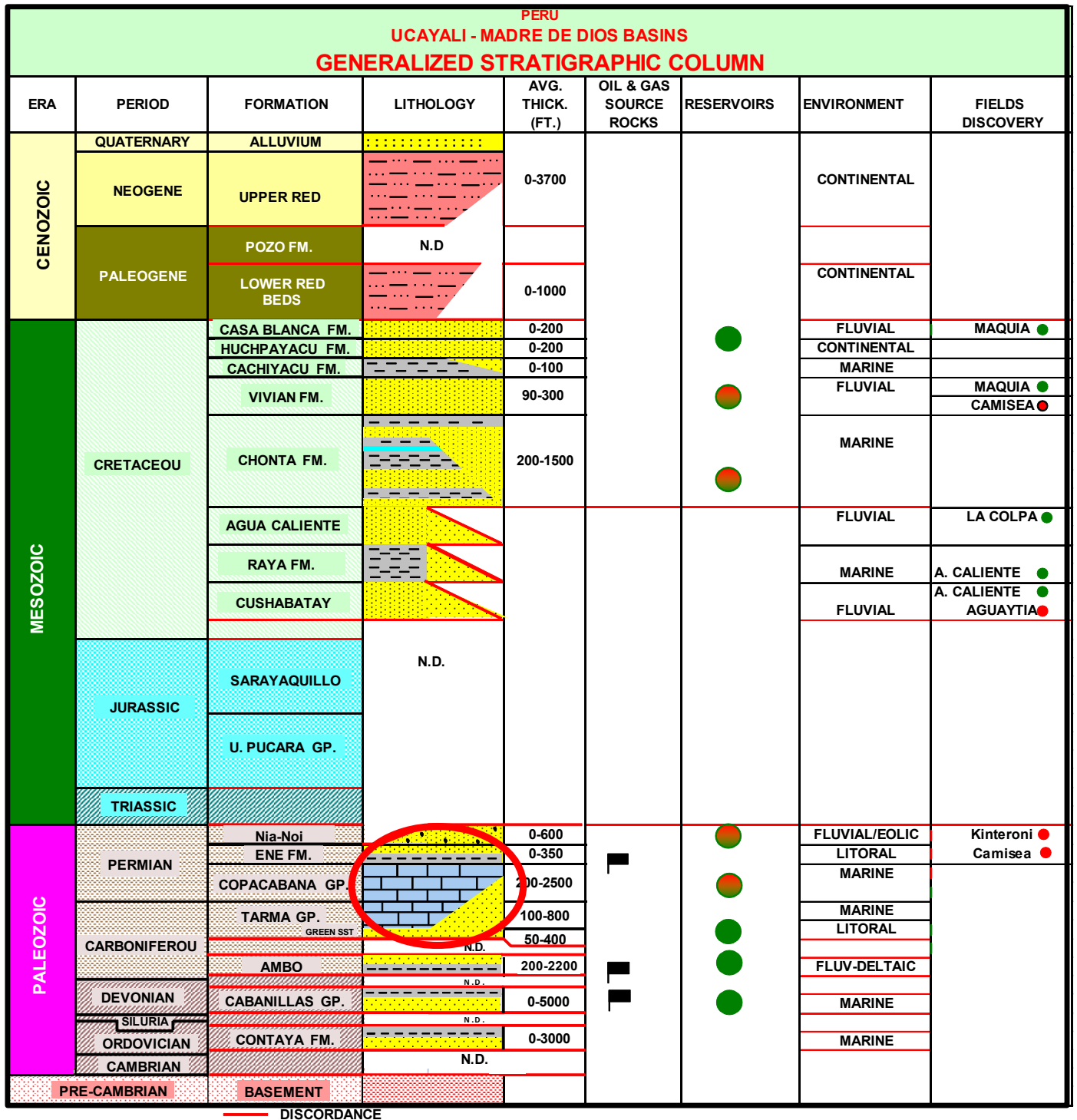
En la zona este y noreste de la Cuenca Ucaiyali tenemos:

- Ciclo 1: Grupo Tarma, areniscas gris claras y verdosas, transgresivas.
- Ciclo 2: Grupo Tarma, depósitos arcillosos, lutáceos.
- Ciclo 3: Grupo Tarma, depósitos calcáreos *mudstone*, dolomitas, escasos oolitos.
- Ciclo 4: Grupo Tarma, depósitos de lutitas, alternando

con dolomías, *wackstone*.

• Ciclo 5: Grupo Copacabana, alternancia de lutitas, arcillas y predominancia de las dolomías.

• Ciclo 6: Grupo Copacabana, depósitos calcáreos de mudstone; finaliza con una capa de chert.



Modificado de MARCO VASQUEZ 99'

Figura 2. Columna estratigráfica.

En la zona oeste de las cuencas Ucayali y Madre de Dios tenemos:

- Ciclo 1: Grupo Tarma, areniscas gris claras y verdosas, transgresivas.
- Ciclo 2: Grupo Tarma, depósitos arcillosos, lutáceos, mudstone.
- Ciclo 3: Grupo Tarma, mudstone, grainstone, restos fósiles.

- Ciclo 4: Grupo Tarma, grainstone, bioclastos, restos de materia orgánica, microfracturas.
- Ciclo 5: Grupo Copacabana, mudstone, grainstone, restos de oolitos, bioclastos.
- Ciclo 6: Grupo Copacabana, mudstone, packstone, grainstone.
- Ciclo 7: Grupo Copacabana, dolomia, mudstone.
- Ciclo 8: Grupo Copacabana, chert.

La evaluación petrofísica nos permite calcular algunas propiedades de las calizas *grainstone*, dolomías y algunos niveles con acumulaciones de restos orgánicos, oolitos que reflejan la porosidad, permeabilidad y saturaciones de agua que se presentan en los grupos Tarma y Copacabana. En los pozos se han realizado registros eléctricos, de densidad-porosidad y sónico; esta información sirve de base para poder ubicar algunos niveles que se presentan con posibilidades de almacenar hidrocarburos. Estos niveles calcáreos no fueron de interés económico y por lo tanto no se obtuvo mayor información.

Las coronas que se han obtenido pertenecen a los últimos pozos perforados y son parciales; representan el 20 % aproximadamente del total de espesor del conjunto Tarma-Copacabana. Luego de la evaluación petrofísica se analizaron los niveles coincidentes con descripciones de cutting, corona o SWC, para evaluar las continuidades que puedan existir en la zona cercana. Las porosidades encontradas en algunos niveles llegan a valores entre 15 % a 20 %, las permeabilidades son menores a 1 mD, como es normal en este tipo de yacimientos. El daño que se ha ocasionado al perforar estas calizas se nota en algunos niveles donde se ve ensanchamiento con respecto al diámetro de la broca; estos niveles alterados por el lodo de perforación y luego por el cemento hacen que en el momento de realizar una prueba no se obtengan los resultados positivos que se esperan.

La evaluación de estos pozos se ha llevado a cabo mediante análisis cualitativos y cuantitativos. Por ejemplo: los análisis cualitativos nos permiten determinar los cut-offs basándose en la respuesta de los registros a los minerales y fluidos conocidos por la geología regional o los cortes obtenidos durante la perforación. Los análisis cuantitativos son los cálculos para determinar valores de porosidad o permeabilidad usando los datos del registro y ecuaciones.

3. Geofísica

La identificación de los ciclos deposicionales permitió ubicarlos en las líneas sísmicas para la interpretación respectiva, consiguiéndose hacer un seguimiento que nos lleva a ver que los niveles dolomíticos y de acumulación de restos orgánicos están circunscritos a las zonas descritas en los ciclos.

La sísmica 2D no es la mejor para la identificación de anomalías y/o discontinuidades, pero haciendo un seguimiento a partir de la sísmica 3D se pudo identificar zonas que permiten corroborar la distribución de diferentes niveles. El principal problema en las líneas sísmicas registradas por Shell, Petroperú, Occidental, y otras compañías en la zona de estudio, fue que se disparó con objetivos someros y la resolución a la profundidad requerida de los grupos Tarma y Copacabana se pierde obligando a hacer reprocesamientos para mejorar la calidad.

Toda interpretación realizada en la sísmica debe ser corroborada con la perforación de pozos para tener la certeza de la interpretación. Hasta el momento se ha

realizado pozos de desarrollo en el área de Camisea y alrededores, y los pozos exploratorios fuera de esta área si bien es cierto están repartidos en todas las cuencas, también es cierto que tienen poca información.

4. Conclusiones

La zona de dolomías en toda la columna de los grupos Tarma y Copacabana está delimitada en la zona norte y noreste de la cuenca Ucayali; en el resto de la cuenca se presenta solamente en el tope. Presenta porosidades de hasta 15 %; la permeabilidad es baja.

La zona de acumulación de restos orgánicos está delimitada al oeste de las cuencas Ucayali y Madre de Dios. Las porosidades son de 11 hasta 20 %, con permeabilidades de hasta 2 mD.

Las rocas reservorios de las calizas del conjunto Tarma-Copacabana son dolomías, *grainstone*, oolitos, restos orgánicos (algas y corales).

Las rocas generadoras que alimentaron los reservorios carbonatados son principalmente de la Fm Ene (petróleo) y del Grupo Ambo (gas).

Los pozos deben de ser perforados *underbalance* y tener mucho cuidado en la cementación; es posible que sea necesaria una estimulación ácida.

Es necesario re-estudiar muchas de las secciones de campo, en especial aquellas que figuran en sus descripciones presencia de restos orgánicos (algas, corales, braquiópodos).

Referencias

- AAPG Memoir 69. 1997. Reservoir quality prediction in sandstone and carbonates.
- AAPG Memoir 81. 2004. Seismic imaging of carbonate reservoirs and systems.
- Eduardo, H. 1991. Estudio paleogeográfico de las cuencas subandinas del Perú.
- Eduardo, H. 2001. Actualización del estudio paleogeográfico de las cuencas subandinas del Perú.
- Lucia, J. 2006. Carbonate reservoir characterization modeling workshop.
- Massaferró, J.L. 2005. Carbonate reservoir characterization.
- Pomar, L. 2007. Applied carbonate geology: Carbonate facies & reservoirs.
- Quiñones, J. 1990. Estudio palinoestratigráfico del Paleozoico del Pongo de Mainique.
- Vásquez, M. 1990. Evaluación geológica y de reservorios potenciales por hidrocarburos en el Paleozoico de la región subandina del Perú. UNMSM.
- Vásquez, M. 1999. Estudio paleogeográfico del Paleozoico en la cuencas subandinas.
- Vásquez, M. 2011. Estudio sobre los carbonatos. VII INGEPEP, Lima.
- Wilson, J.L., Jordan, C. 1983. Middle shelf environment. AAPG Memoir 33.