



## Estratigrafía y petrofísica de los reservorios carbonáticos del Grupo Copacabana en el área de Camisea, cuenca Ucayali Sur, Perú

**Santiago Grosso, Germán Salas, William Navarro, Johnny Gabulle, y Federico Seminario**

Pluspetrol Perú Corporation S.A., Av. República de Panamá 3055, piso 7°, San Isidro, Lima 12, Perú ([sgrosso@pluspetrol.net](mailto:sgrosso@pluspetrol.net))

### 1. Introducción

El Grupo Copacabana del Paleozoico superior ha sido considerado por mucho tiempo un objetivo exploratorio por hidrocarburos en la cuenca Ucayali. Los pozos exploratorios perforados anteriormente encontraron sólo manifestaciones de petróleo y gas con poco atractivo económico hasta que en 2011, el Consorcio Camisea (integrado por Pluspetrol, Hunt, SK Innovation, Sonatrach, Tecpetrol, y Repsol) decidió efectuar la exploración de los carbonatos del Grupo Copacabana en 2 pozos exploratorios del campo Mipaya (Lote 56), comprobándose con éxito la presencia de gas y condensado en volúmenes comerciales.

El hallazgo obtenido con la perforación de estos pozos es muy importante pues adiciona un nuevo "play" así como incorpora reservorios carbonáticos que hasta ahora no habían producido comercialmente en la zona de Camisea y el Perú. Este descubrimiento se encuentra en fase temprana de exploración y requiere de más estudios y pozos para mejorar la caracterización y así definir su distribución vertical, areal y la calidad de reservorio de cada facies y nivel productivo encontrado.

### 2. Ubicación del área de estudio

El área de Camisea se ubica a 460 km al este de la ciudad de Lima, en la selva amazónica, provincia de La Convención, departamento de Cusco, sur-este de Perú. Geológicamente se ubica en el ámbito del piedemonte andino de la faja plegada y corrida peruana donde finalizan las estructuras plegadas de la cuenca Ucayali sur. Localmente este tramo de la cordillera presenta un rumbo este-oeste denominado deflexión de Abancay (Fig. 1).

### 3. Cronoestratigrafía, litología y paleoambiente

El Grupo Copacabana fue denominado por primera vez en la península del mismo nombre en el lago Titicaca, Bolivia, cerca a la frontera con Perú, por Douglas (1920). Luego Cabrera La Rosa & Peterson (1936) lo designaron como Formación. Newell et al. (1953) le asignaron categoría de grupo y fijaron su edad en base a fusulínidos al intervalo Pensilvaniano medio temprano (Wolfcampiano) – Pérmico medio temprano (Leonardiano inferior).

La interpretación de datos geológicos obtenidos en 5 pozos exploratorios profundos perforados desde el año 1984 al 2012 ha permitido caracterizar la estratigrafía y petrofísica de los reservorios del Grupo Copacabana en los campos Mipaya, Pagoreni y San Martín del área de Camisea (Fig. 1).

En el área de Camisea, el Grupo Copacabana está integrado por 664 m de carbonatos (calizas y dolomías), margas, cherts, pelitas, anhidritas, y tobas, los cuales se los ha subdividido en 7 capas y 3 zonas (Fig. 2).

Las calizas son de granulometría predominantemente fina a media con fragmentos oolíticos, peletoidales, bioclásticos (tipo wackstone, packstone y grainstone), de color gris blanquecino, gris oscuro, gris verdoso, dispuestos en bancos netos de 20 cm a 150 cm de espesor con estratificación planar y entrecruzada en artesa. Las dolomías se ubican hacia la zona superior del grupo, presentan un color gris verdoso, y se originaron por diagénesis. Los niveles de cherts se presentan intercalados en la zona media y en su tope: se constituyen de calcedonia y ópalo en forma de nódulos y concreciones. También se presentan abundantes margas (mudstones), pelitas negras intercaladas, y algunas tobas y anhidritas.

Se ha subdividido el grupo en 7 parasecuencias que se denominan, de base a techo, Capas 1 a 7. Cada parasecuencia posee un espesor de unos 100 m,

correspondiente a un ciclo sedimentario grano-creciente comenzando en su base con una pelita de inundación de mar más profundo y culminando en su tope con una caliza

(grainstone) de somerización con barras subtidales, “shoals”, barras costeras o playas distales.

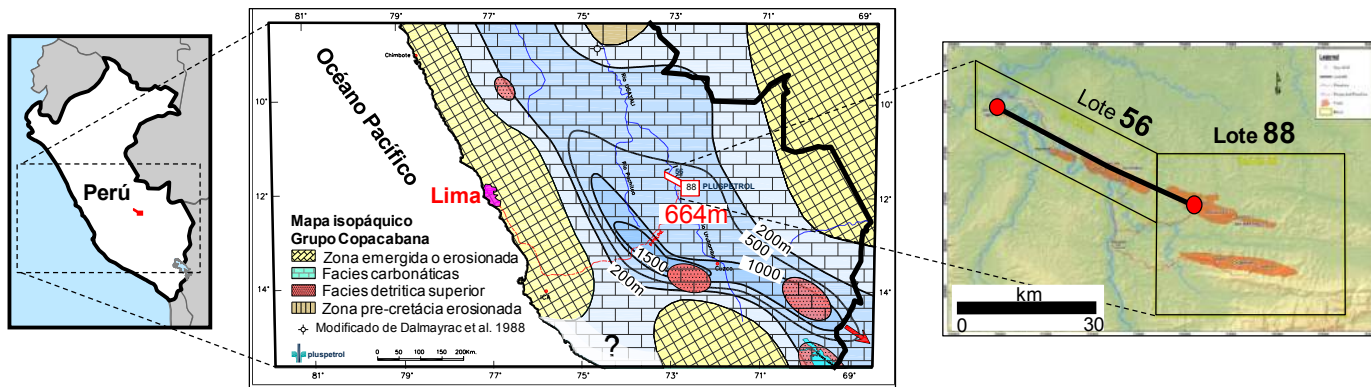


Figura 1. Ubicación de los lotes 56 y 88 en el Perú, con la distribución y espesor de los carbonatos del Grupo Copacabana (modificado de Dalmayrac et al. 1988), y la ubicación de los campos estudiados (Mipaya, Pagoreni y San Martín).

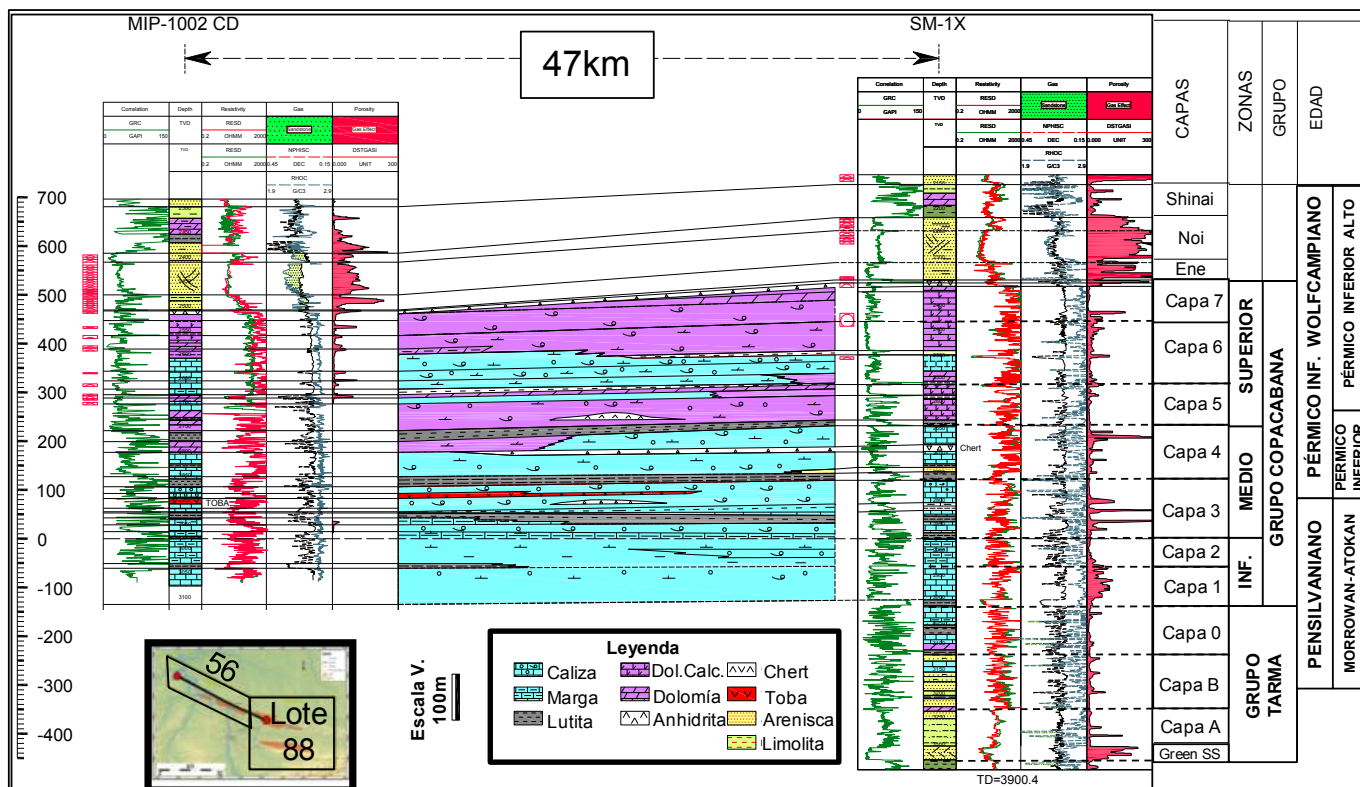


Figura 2. Corte estratigráfico de rumbo WNW-ESE entre los yacimientos Mipaya y San Martín, nivelado al tope de la Zona Inferior del Grupo Copacabana (Capa 2). Se presenta la cronoestratigrafía y las litologías del Grupo Copacabana. Obsérvese que la tendencia del espesor individual de capas aumenta levemente hacia el este, como también el espesor total del grupo, que, por preservarse su tope de la erosión, conserva más el nivel cuspidal. La dolomitización aumenta hacia arriba en el Copacabana Superior (Capas 5, 6 y 7). Culmina su tope con un nivel continuo de chert relacionado a una discordancia angular.

En base a características estratigráficas se ha subdividido al Grupo Copacabana en tres zonas:

1- Zona Inferior: involucra las Capas 1 y 2, totalizando 142 m de espesor. La Capa 1 es netamente calcárea con calizas (grainstones), con base neta erosiva sobre pelitas

del Grupo Tarma infrayacente. La Capa 2 se presenta granocreciente similar a la anterior pero de granulometría algo más fina. No presentan dolomitización.

2- Zona Media: involucra las Capas 3 y 4, totalizando 229 m de espesor. Se caracterizan por ser de mayor

contenido arcilloso que las zonas Superior e Inferior, presentan niveles de chert y algunas tobas intercaladas. No presentan dolomitización.

3- Zona Superior: involucra las Capas 5, 6 y 7, totalizando 294 m de espesor. Integradas por los niveles más carbonáticos y limpios que las capas infrayacentes. Se presentan dolomitizadas. El tope del grupo presenta un nivel de 6 a 8 m de espesor continuo de chert asociado a una discordancia que lo trunca.

La tendencia de los espesores totales de cada una de las Capas aumenta desde el Lote 56 al 88 (de oeste a este). La misma tendencia se observa para el espesor total del grupo, el cual, presenta menor erosión por truncamiento de su tope y conserva mayor espesor de niveles estratigráficos cuspidales (Fig. 2).

En base a micropaleontología y palinología, las Zonas Inferior y base de la Zona Media (Capas 1, 2 y 3) han sido asignadas al Pensilvaniano (Morrowano-Atokano) y la parte restante de las Zonas Media y Superior (Capas 4, 5, 6 y 7) al Pérmico inferior (Wolfcampiano) (Fugro, 2012).

En el área de Camisea, el pase del Pensilvaniano al Pérmico inferior se ubica dentro del carbonato (grainstone) del tope de la Capa 3. En esta posición estratigráfica intercalan dos niveles de chert exclusivos del Copacabana Medio, presentándose en aparente concordancia. Esta situación es similar a la observada en afloramientos del Pongo de Mainique y río Camisea (Wood y William, 1999).

El paleoambiente sedimentario se interpreta como de plataforma carbonática, que oscilaba entre un mar relativamente más profundo, depositándose pelitas, y otro más somero, depositándose calizas. La extensión de la plataforma abarcaba gran parte del territorio de Perú: se extendía por la Cordillera de los Andes, de Ecuador, Colombia y Venezuela por el Norte; Bolivia, Argentina y Chile por el sur; Brasil central y Paraguay al este y posiblemente en algunos puntos de la costa peruana por el oeste (Dalmayrac et al., 1988). El mayor espesor del Grupo Copacabana alcanza más de 1500 m y se ubica en la Cordillera Oriental, en la zona de Abancay (Newell, 1953; Dalmayrac et al., 1988) (Fig. 1).

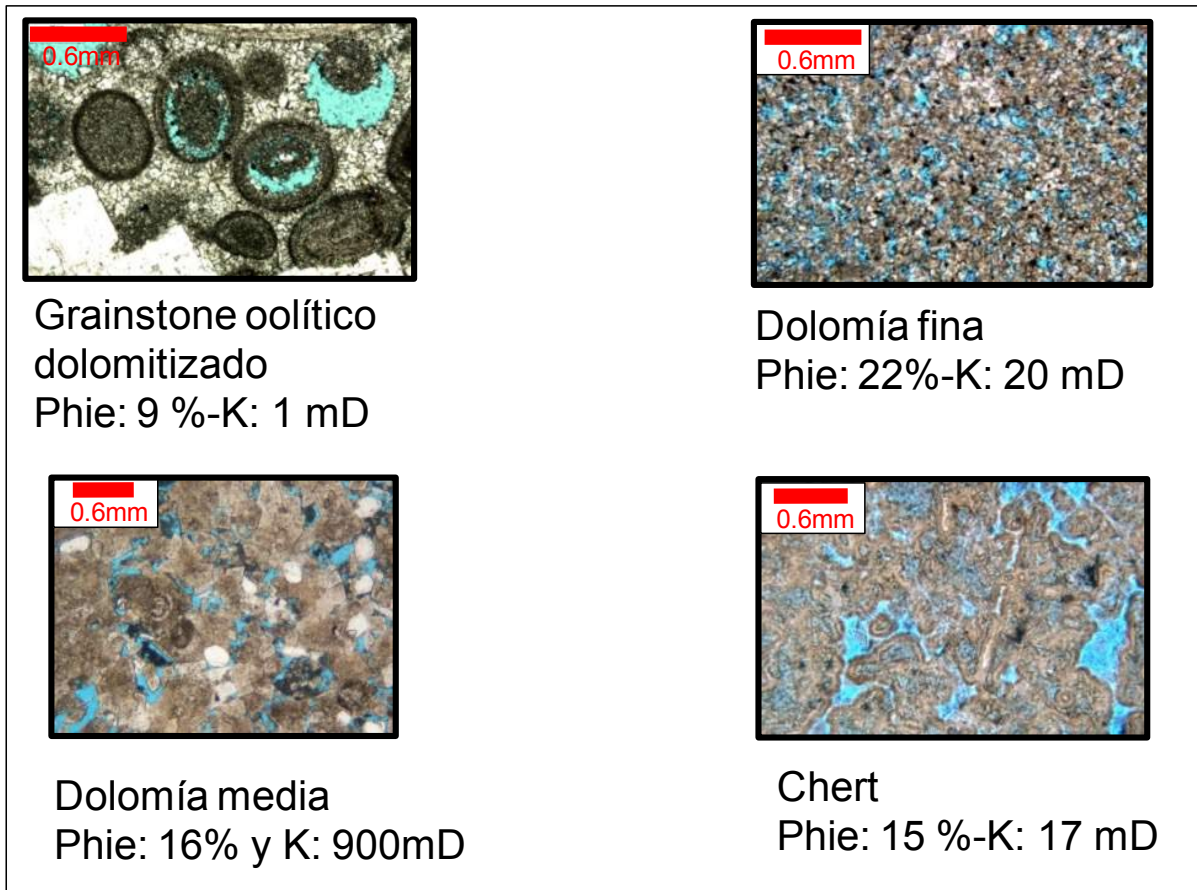


Figura 3. Las principales litologías del Grupo Copacabana, con sus valores petrofísicos.

**3. Reservorios y litologías**

En el área de Camisea, los reservorios están constituidos por intercalaciones porosas y permeables que presentan manifestaciones cromatográficas durante la perforación, las cuales tienden a ubicarse dentro de la

zona superior, granulométricamente más gruesa y carbonática, de cada parasecuencia o Capa. El espesor mineralizado que totalizan los intervalos con gas es de unos 50 m, representado un 7.5 % (Net to Gross de 0.75)

de su espesor total.

Tres tipos litológicos principales y sus relativas transiciones componen los reservorios (Fig. 3):

1: Calizas medias a finas, oolíticas, peletoidales, bioclásticas (grainstones, packstone, wackstone), con porosidad de tipo móldica de 8 a 11 % y permeabilidad de 0.01 a 3 mD.

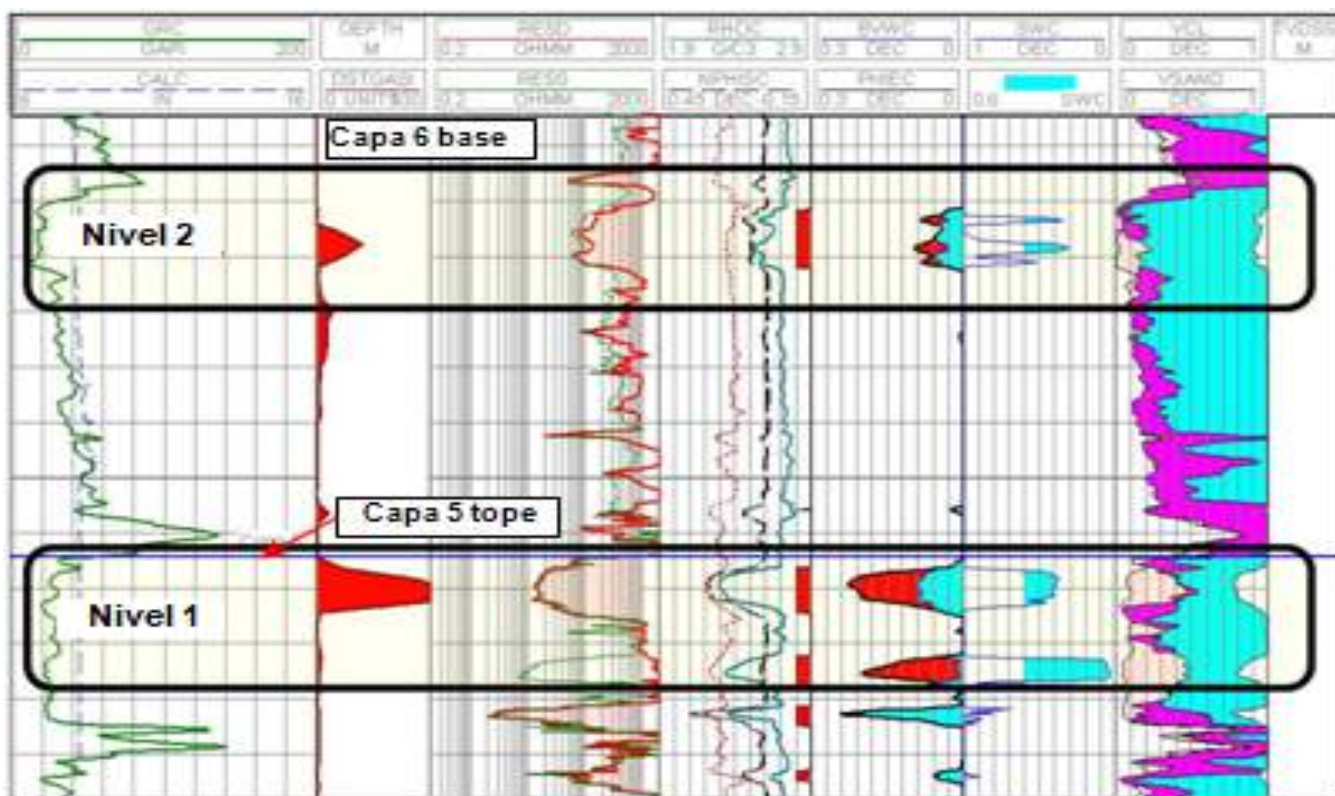
2a: Dolomicritas, constituidas por cristales de tamaño limo: poseen porosidad intercrystalina y son producto de dolomitización de wackstones. Han presentado valores promedio de porosidad de 20 % y permeabilidad de 6 mD, con rangos máximos y mínimos de porosidad de 9 a 34 % y permeabilidad de 0.2 a 27 mD.

2b: Dolomías medias: resultados posiblemente de grainstones dolomitizados, presentan porosidades intercrystalinas de 16 % y permeabilidades de hasta 900 mD.

3: Chert, compuesto de calcedonia y ópalo: se presenta con porosidad vugular y una densa red de microfracturas. Los valores de porosidad de su matriz es de: 1 a 15 % y permeabilidad de 0.001 a 17 mD.

Los niveles fracturados se presentan en todo tipo de litologías, desde pelitas, margas y mudstones con petrofísica muy pobre o nula, hasta en los demás reservorios mencionados. El sistema de fracturas, de acuerdo a datos de perfiles de imagen a pozo abierto, se presenta vertical y perpendicular al rumbo de los anticlinales y fallas principales, clasificándose como de Tipo I (Stearns & Friedmann, 1972).

En cuanto a los registros eléctricos en los intervalos de Dolomicritas y Dolomías medias, se observan valores de resistividad entre 15 y 100 ohm/m, notablemente más bajos que los valores resistivos en las calizas compactas que presentan valores por encima de los 1000 ohm/m, además de mostrar valores de porosidad entre 10 y 20 % comparados con 0 % en las calizas. Las curvas de resistividad y densidad-neutrón asociadas a los valores de cromatografía registradas en la perforación de los pozos son un buen indicador de hidrocarburos dentro del Grupo Copacabana (Fig. 4).



**Figura 4.** Respuesta de los registros eléctricos. Nivel 1: Dolomicritas: resistividades bajas y alta porosidad. Nivel 2: Calizas oolíticas: resistividades medias a altas y baja porosidad. Las zonas sin porosidad presentan muy alta resistividad.

#### 4. Producción de hidrocarburos

El área Camisea se tiene producción de gas y condensado desde el año 2004, proveniente de reservorios clásticos continentales. En el año 2011 se obtuvo producción con caudales comerciales proveniente de reservorios de carbonatos de origen marino de edad carbonífera-permiana, con valores petrofísicos promedio

de 8 % de porosidad y 6 mD de permeabilidad y de algunos intervalos fracturados.

En los pozos perforados se han documentado producciones iniciales de 1 a 10 MMsfc/d y un potencial AOF de 7 a 11 MMscf/d. Posteriormente a una estimulación ácida, el potencial de producción AOF ha

alcanzado valores de 60 MMscf/d. La relación de líquidos asociados al gas (CGR) es alto en comparación con el resto de reservorios clásticos, llegando a tener de 54 a 58 bod/MMscf/d de condensado.

## 5. Conclusiones

Como conclusión general podemos considerar que tenemos nuevos reservorios exploratorios muy importantes en rocas carbonáticas del Grupo Copacabana con potencial económico comprobado y que necesitan ser perforados y estudiados muy activamente para poder encontrar mayores volúmenes de hidrocarburos necesarios para el País.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a Pluspetrol S.A. por haber permitido la publicación de este trabajo, y a Fernando Gennell y Eduardo Angulo, del sector GIS & Mapping, por la edición de las figuras.

## Referencias

- Dalmayrac, B., Laubacher G., Marocco, R. 1988. Carácteres generales de la evolución geológica de los Andes peruanos. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú, Lima, 313 p.
- Douglas, J. 1920. Geological section through the Andes of Perú and Bolivia; II- From the port of Mollendo to the Inambari river. Geological Society of London, Quart. Jour., v. 76, p. 1–59.
- Fugro – Robertson Limited. 2012. Biostratigraphy of the interval 1815 m to 2780-2795 m of MIP-1001XD well and PAG-1006D well, Ucayali basin, Peru. Pluspetrol Peru Corporation, unpublished report.
- Grader, G.W. 2003. Carbonate-siliciclastic sequences of the Pennsylvanian and Permian Copacabana Formation, Titicaca Group, Andes of Bolivia. PhD thesis, University of Idaho, 228 p.
- LCV del Perú, 2011. Descripción de coronas y testigos laterales de los pozos MIP-1001XD y MIP-1002CD. Pluspetrol Perú Corp.
- Newell, N.D., Chronic J., Robert, T.G. 1953. Upper Paleozoic of Perú. Geological Society of America, Memoir 58, 230 p.
- Stearns, D.W., Friedman, M. 1972. Reservoir in fractured rock. AAPG Memoir, p. 82–106.
- Wood, G.D., Elsink, W.C. 1999. Paleocologic and stratigraphic importance of the fungus *Reduviasporites stoscianus* from the “early Middle” Pennsylvanian of the Copacabana Formation, Perú. Palynology, v. 23, p. 43–53.