

Correlación estratigráfica de los pozos Anita-1, Carmen-1 y modelado de la subcuenca del Pirity de Paraguay

Stratigraphic correlation of the wells Anita-1, Carmen-1 and modeling of the Pirity sub-basin of the Paraguayan basin

Jairo Villalba^{1,*}  & Sonia Molinas¹ ¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, San Lorenzo, Paraguay.*Autor correspondiente: jairovillalba94@hotmail.com.

Resumen: La Subcuenca del Pirity cuenta con una serie de pozos perforados, el cual se seleccionaron algunos de ellos, para describir sus unidades litológicas y realizar una correlación y posterior contrastación con líneas sísmicas con el fin de determinar la disposición litológica dentro de la Subcuenca de Pirity, para ello se accedió a los datos proveídos por PETROPAR y el CENIHP que finalmente fueron procesados en programas especializados y a través de ello generar una interpretación y relación geológica el cual ayudara a caracterizar la geología de la Subcuenca.

Palabras clave: Subcuenca, líneas sísmicas, pozos, litologías.

Abstract: The Pirity sub-basin has a series of drilled wells, some of which were selected to describe their lithological units for correlation and subsequent contrast with seismic lines in order to determine the lithological arrangement within the Pirity sub-basin, for this purpose the data provided by PETROPAR and CENIHP were accessed and finally processed in specialized programs and through this generate an interpretation and geological relationship which will help to characterize the geology of the sub-basin.

Key words: Sub-basin, seismic lines, wells, lithologies.

Introducción

El Chaco paraguayo está constituido por 4 subcuencas separadas por altos estructurales, estas subcuencas del tipo pericratónicas pertenecen a una cuenca mayor que es la cuenca del Chaco Sudamericano. Las cuencas sedimentarias normalmente poseen las condiciones para generar hidrocarburos debido a que reúnen las características geológicas para dichos yacimientos.

Para determinar la ubicación de estos yacimientos es importante la realización de estudios geofísicos, en el que primeramente se determina la ubicación de la cuenca por medio de estudios de gravimetría, posterior a ello a se realizan estudios estructurales del subsuelo por medio de líneas sísmicas el cual permite determinar la disposición de las litologías y finalmente se realiza la perforación del pozo exploratorio para determinar la presencia de hidrocarburos, extraer muestras geológicas y generar registros geofísicos del pozo.

Por medio de los datos geológicos y geofísicos se

puede generar una serie de estudios del área de exploración uno de ellos es la correlación de pozos el cual nos permite definir la continuidad de las diferentes litologías además de la disposición de las mismas. En orden a definir la continuidad de las litologías en la subcuenca del Pirity se recurrió a los registros geofísicos y datos de perforación de los Pozos Anita 1 y Carmen 1 para su posterior descripción y caracterización, además de ello las líneas sísmicas nos permitirán obtener una mejor interpretación de la disposición de las diferentes litologías.

Materiales y Métodos

Localización del área de estudios

La Subcuenca de Pirity se encuentra localizada en la Región Occidental del Paraguay, Chaco Paraguayo, entre los altos de Boquerón y Presidente Hayes y los pozos Carmen-1 y Anita-1 se encuentran localizados dentro de la Subcuenca de Pirity (Fig. 1).

Las coordenadas de los pozos son las siguientes:

Recibido: 03/03/2022 Aceptado: 06/09/2022



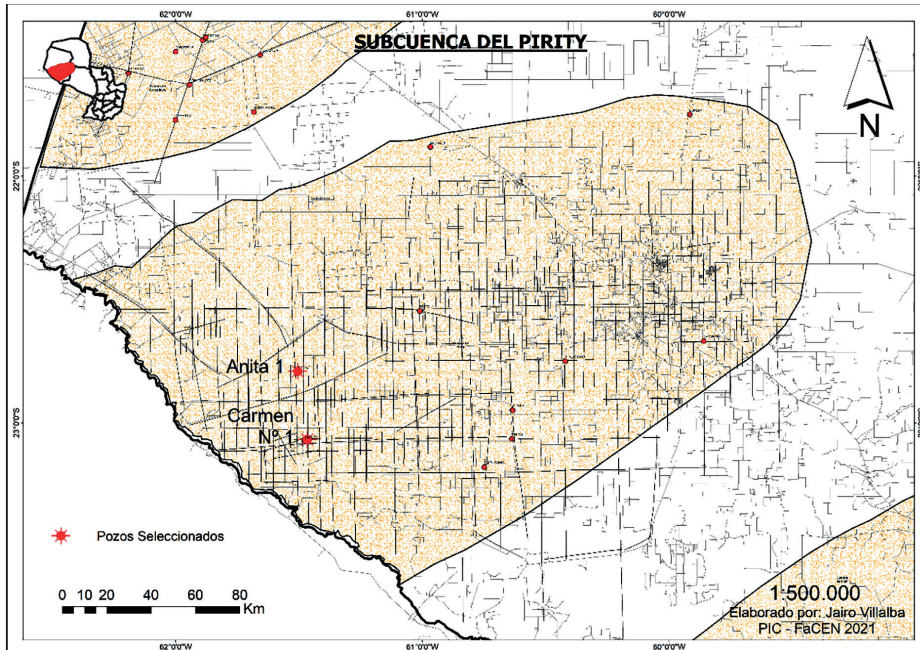


Figura 1. Mapa de ubicación de la subcuenca del Pirity con las líneas sísmicas y los pozos existentes en el área y los pozos seleccionados.

- Anita-1: 22° 53' 24" S – 61° 30' 18" W.
- Carmen-1: 23° 15' 07" S – 61° 18' 14" W.

Gverse Geographix con sus modulos Geophysics y Xsection además de otros complementarios como el Seisee, Globalmapper, Adobe Illustrator, Petrel y Microsoft office.

Materiales

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó una computadora i7-10ma generación con 64Gb ram y graficos de 4gb Nvidia GTX 1650 y los softwares: Arcgis 10.8 para el desarrollo de los mapas, el

Método

El método aplicado para esta investigación es del tipo cualitativo – descriptivo, dividiéndolo en tres

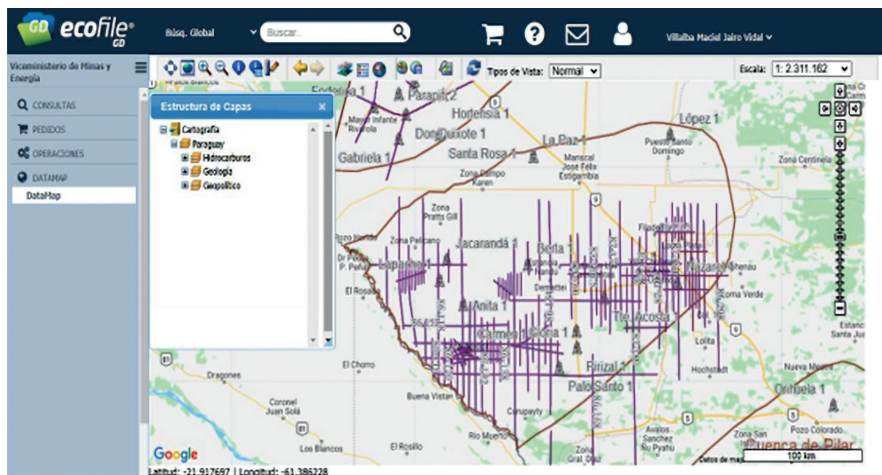


Figura 2. Portal del CENIHP en el cual se consultaron datos de exploración de la Cuenca del Pirity. (Fuente: Anónimo, 2003-2022).

fases:

Fase 1 – Recopilación de datos

Por medio de recursos bibliográficos se recolectaron informaciones respecto a la cuenca del Chaco, la

subcuenca Lomas Olmedo y la subcuenca del Pirity, basado en autores como Gómez Duarte (1986), Wiens (1998a; 1998b) y Clebsch (1991) entre otros. Además, gracias al convenio entre la FaCEN-PETROPAR se logró acceder a los datos geofísicos

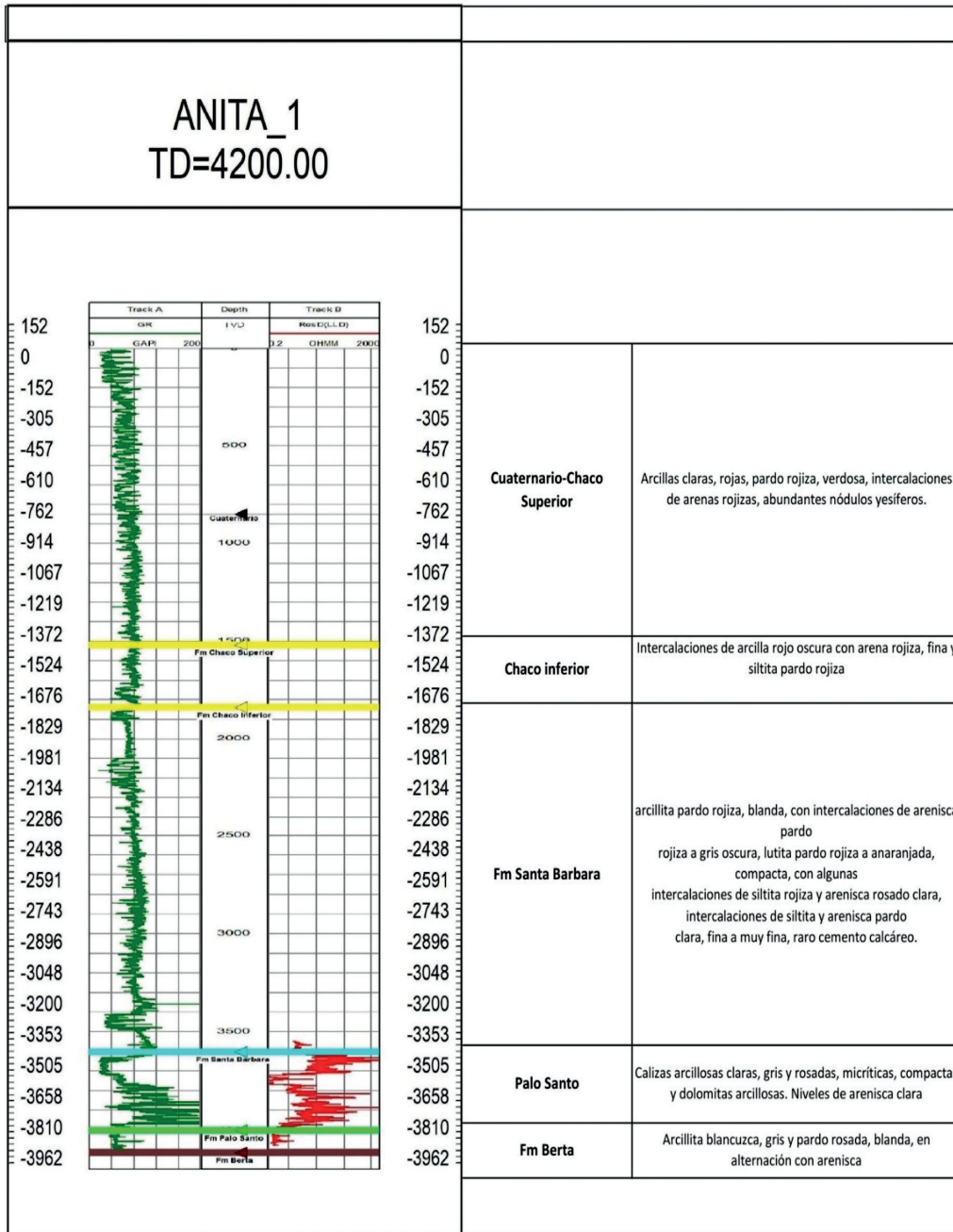


Figura 3. Descripción litológica del pozo Anita-1. (Modificado de Wiens, 1998).

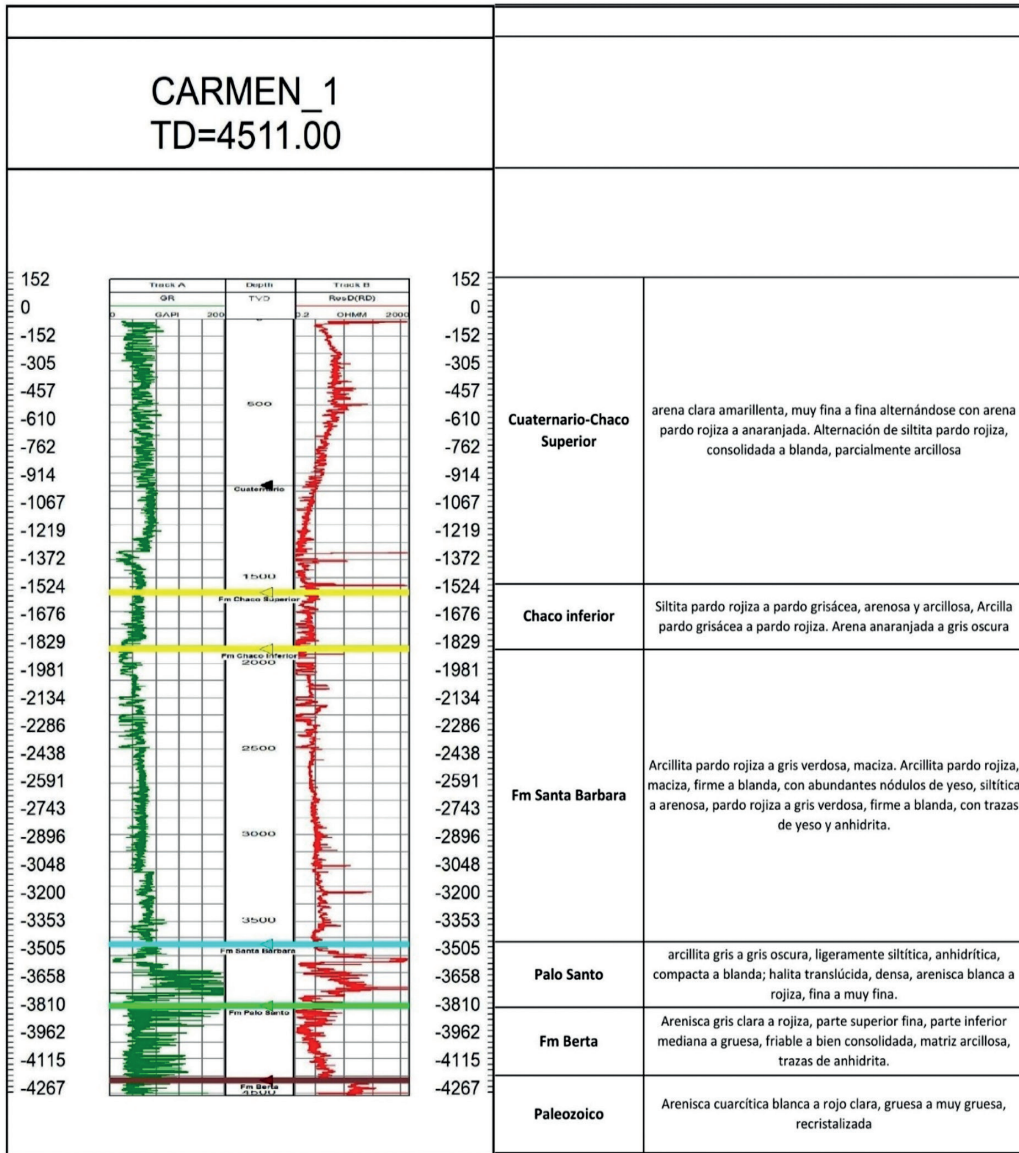


Figura 4. Descripción litológica del pozo Carmen-1. (Modificado de Wiens, 1998).

como líneas sísmicas en formato SEG Y y pozos en formato LAS, también recopilar registro de exploraciones previas de la base de datos de PETROPAR que fueron reforzados por datos descargados del portal CENIHP (Anónimo, 2003-2022, Fig. 2) del Vice Ministerio de Minas y Energías (VMME).

Fase 2 – Selección y análisis de datos

Los datos fueron seleccionados acorde al área de estudios descartando gráficos antiguos de las líneas

sísmicas y pozos debido a que la mayoría de estos datos se encuentran en formato digital, es decir en formato SEG Y y LAS permitiendo integrarlos a softwares especializados para su visualización y tratamiento que fueron reforzados con reportes y descripciones de las perforaciones.

Fase 3 – Procesado de la información

Los datos fueron procesados por medio de diferentes softwares, como el Arcgis 10.8 para el desarro-

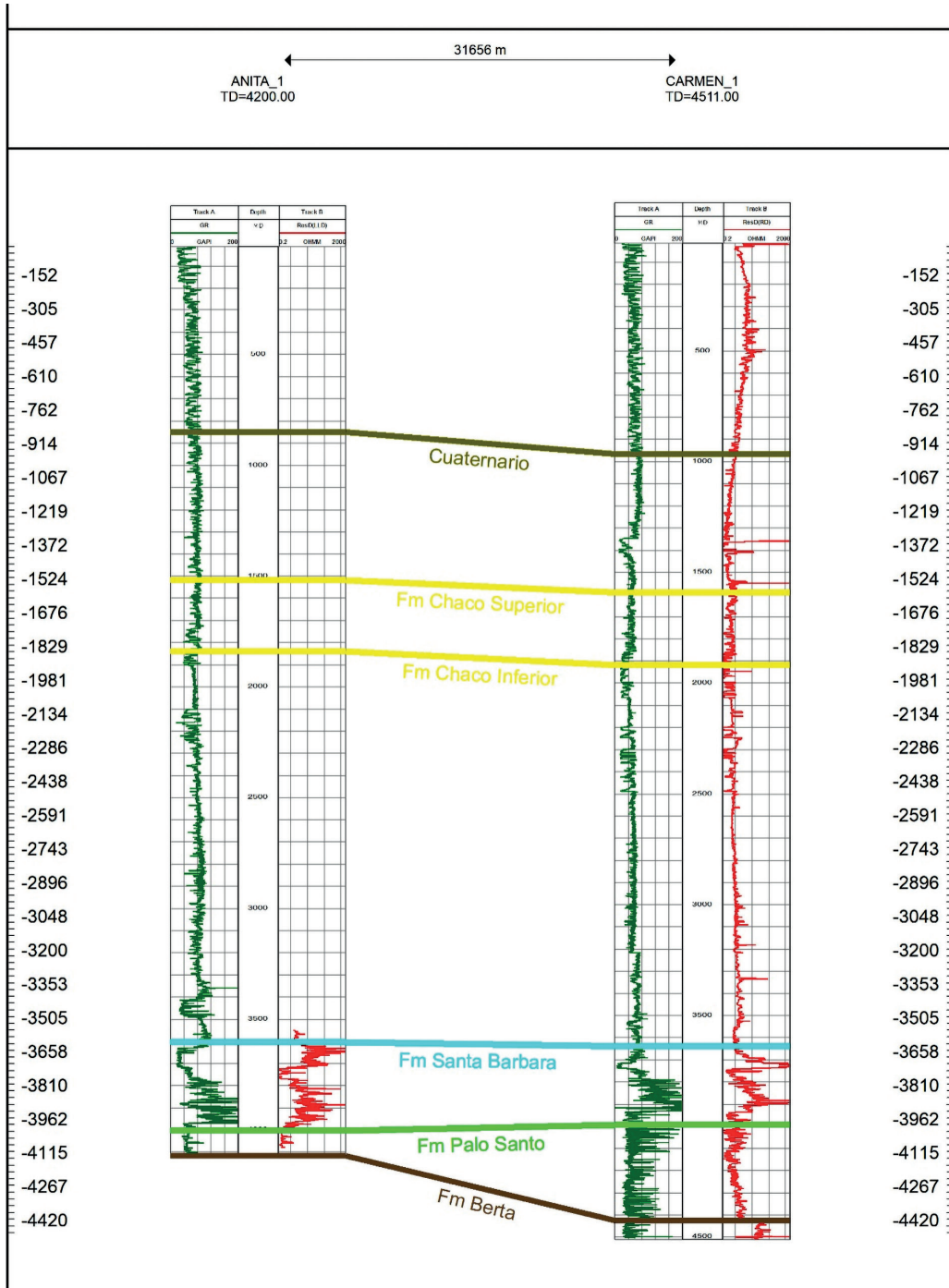


Figura 5. Correlación estratigráfica de los pozos Anita-1 y Carmen-1 en base al registro gama y resistividad en el cual se definen las etiquetas de las litologías en el piso o límite de estas.

llo de los mapas y visualizar el modelo 3D de la subcuenca, el SeiSee y el Gverse Geographix para la visualización de las líneas sísmicas. Se utilizó

el módulo Gverse Geophysics para la integración de las líneas sísmicas, selección de los horizontes litológicos enlazados con los pozos en un sistema

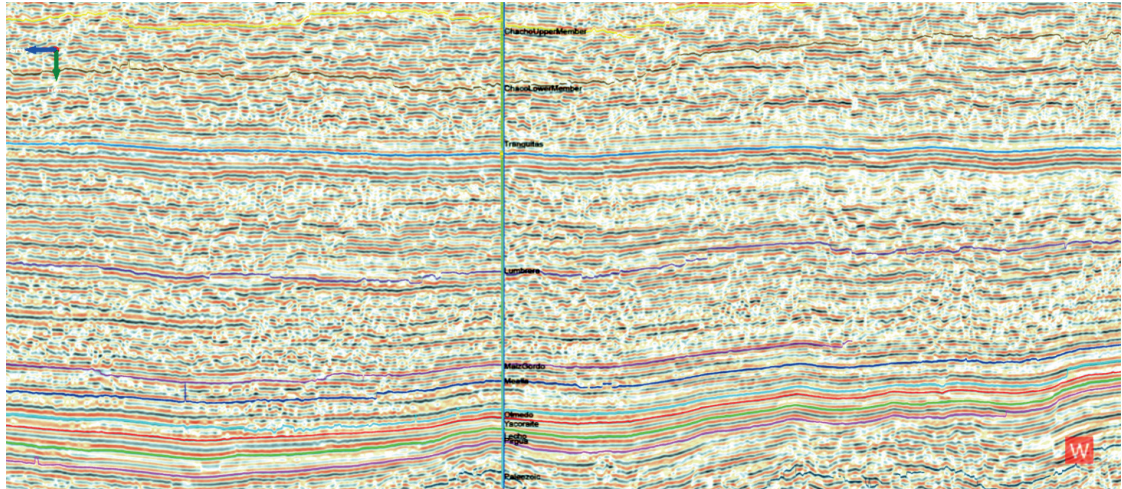


Figura 6. Ejemplo del enlazado de los pozos a las líneas sísmicas, en este caso se observa el pozo Carmen-1 a la línea 86-126, el pozo en formato LAS y la línea en formato SEGY.

de información geográfica. Con el Xsection se logró el procesado de la correlación de las curvas y la definición de los horizontes litológicos. Finalmente, el Adobe Illustrator para el diseño de la sección transversal en base a las líneas sísmicas y pozos enlazados.

Resultados y discusión

Para la realización de la correlación de los pozos Anita-1 (Fig. 3) y Carmen-1 (Fig. 4), primeramente

se procedió a definir las litologías en relación a la profundidad y la respuesta a la curva GR o gamma (izquierda) y Resistividad (derecha) de ambos pozos, los resultados fueron consultados y modificados a partir de la descripción expuesta en “Potencial Hidrocarburífero del Paraguay” realizado por Wiens (1998a; 1998b).

A partir de la descripción litológica de ambos pozos se procedió a realizar la correlación de los mismos (Fig. 5), en el cual cabe destacar que el

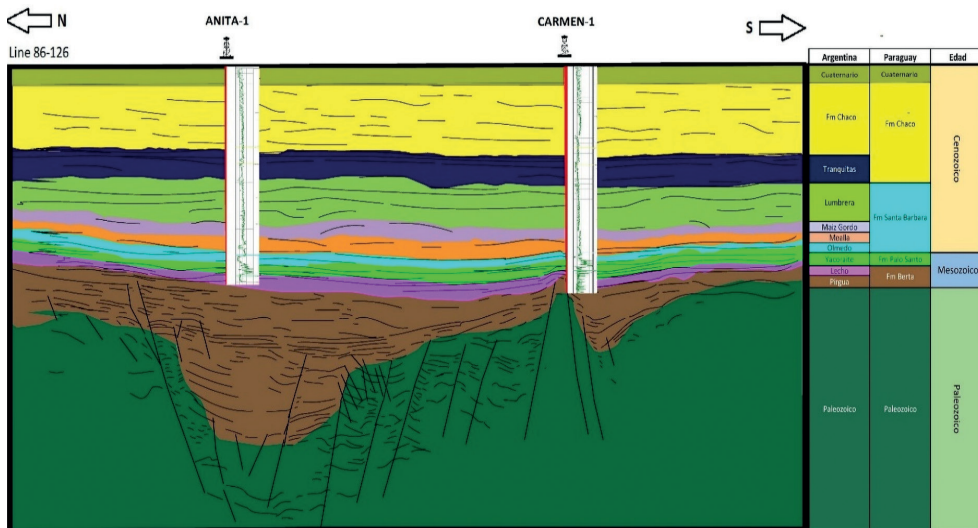


Figura 7. Sección transversal del área central de la cuenca del Pirity, entre los pozos Anita-1 y Carmen-1, en el que se compara con la litología de la subcuenca Lomas de Olmedo.

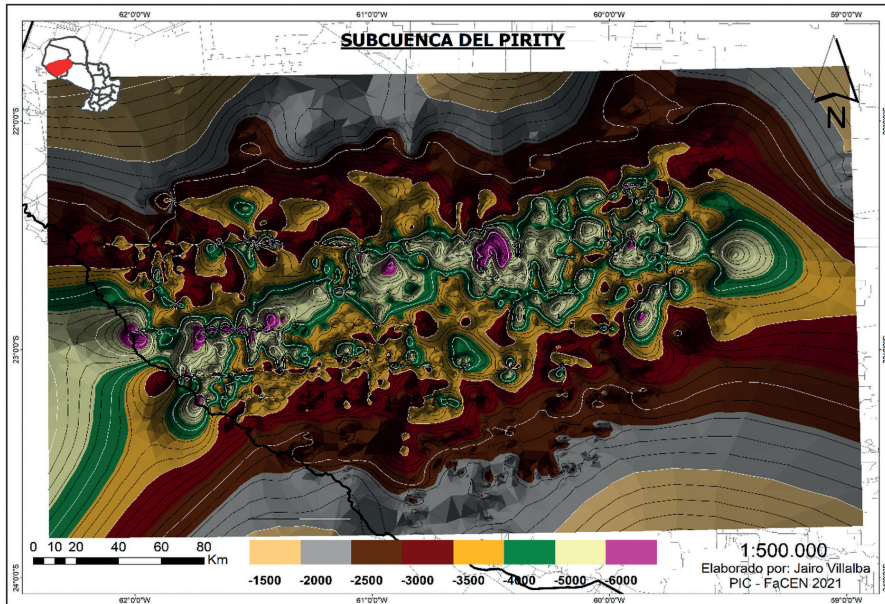


Figura 8. Mapa 3D de la plataforma de la subcuenca del Pirity en el que se observa la distribución de la misma dentro del territorio paraguayo.

pozo Anita-1 no llegó al Paleozoico como lo hizo el pozo Carmen-1 debido a que el pozo Carmen llegó hasta una estructura del tipo “Horst”.

Posterior a la correlación de pozos se procedió a la realización de la sección transversal (Fig. 6) utilizando la línea sísmica 86-126 realizado por la OXY. Para ello primeramente se tuvo que enlazar los pozos a las líneas sísmicas en el programa Gverse, utilizando el registro DT o re-

gistro sísmico, se realizó la conversión del tiempo de avance de las ondas acústicas a profundidad, de ese modo se pudieron enlazar los pozos a las líneas sísmicas y determinar la profundidad de las líneas sísmicas en metros.

Posterior al enlazado se procedió a la ilustración de la sección transversal (Fig. 7) utilizando como base la correlación de los pozos y la imagen de los pozos enlazados con la línea sísmica

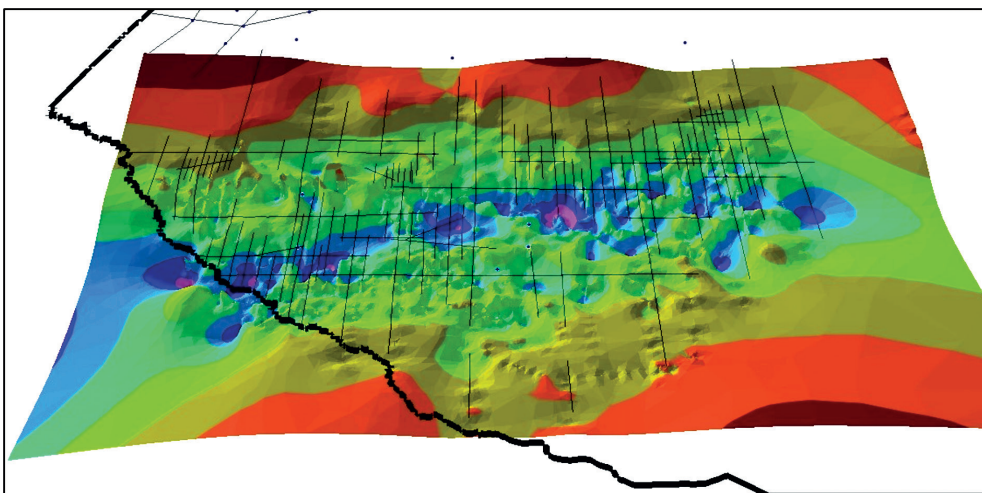


Figura 9. Modelo 3D de la plataforma de la subcuenca del Pirity con orientación norte-sur.

86-126.

Mapa y modelo 3D de la subcuenca del Pirity

Finalmente, para el modelado tridimensional de la subcuenca del Pirity (Figs. 8 y 9) se procedió a seleccionar el horizonte paleozoico de todas las líneas sísmicas existentes en la subcuenca para ello se tomó como referencia la línea 86-126 y a partir de ello se realizó el modelado de la superficie paleozoica, que posteriormente fue renderizado a 3D, luego convertido a formato “Tiff” para su visualización y mapeo en el programa Arcgis.

Discusión

Rocas Paleozoicas en el pozo Carmen-1

Como se observa en ambos pozos, el TD (Total Deep o profundidad total) varía, siendo el de Carmen-1 el mayor con 4511 metros, de este modo en la descripción litológica se observa que Carmen-1 fue perforado hasta rocas cuarcíticas del Paleozoico y no así Anita-1. La razón del porque Carmen llegó a rocas Paleozoicas es porque el pozo fue perforado en dirección a un horst, el cual mantiene a las rocas Paleozoicas a menor profundidad o mayor altura como se

observa en la Fig. 10.

Deposición sinrift y postrift en la subcuenca del Pirity

Así mismo la deposición de los sedimentos de la subcuenca Lomas de Olmedo y en consecuencia Pirity se puede dividir de acuerdo a su comportamiento tectónico.

Una primera etapa de «sinrift» correspondiente con los depósitos de la Supersecuencia Pirgua (130 a 75 Ma); a continuación, y en discordancia una primera etapa de «postrift» representada por sedimentos de la Supersecuencia Balbuena (Formaciones Lecho y Yacoraite) (75 a 63 Ma). Luego, mediante una fuerte reactivación de la cuenca se inicia una segunda etapa de «sinrift», con los registros de las Secuencias Santa Bárbara I y II (Formaciones Olmedo y Mealla) (63 a 54 Ma); a partir de los 54Ma se establece una segunda etapa de «postrift» con los depósitos de la secuencia Santa Bárbara III (Formación Maíz Gordo) hasta los 49,5 Ma, donde se establecen los primeros registros sedimentarios vinculados a una geometría depositacional de una cuenca de Antepaís, representados por la Supersecuencia Lumbrera (Formación Lumbrera). (Alvarez,

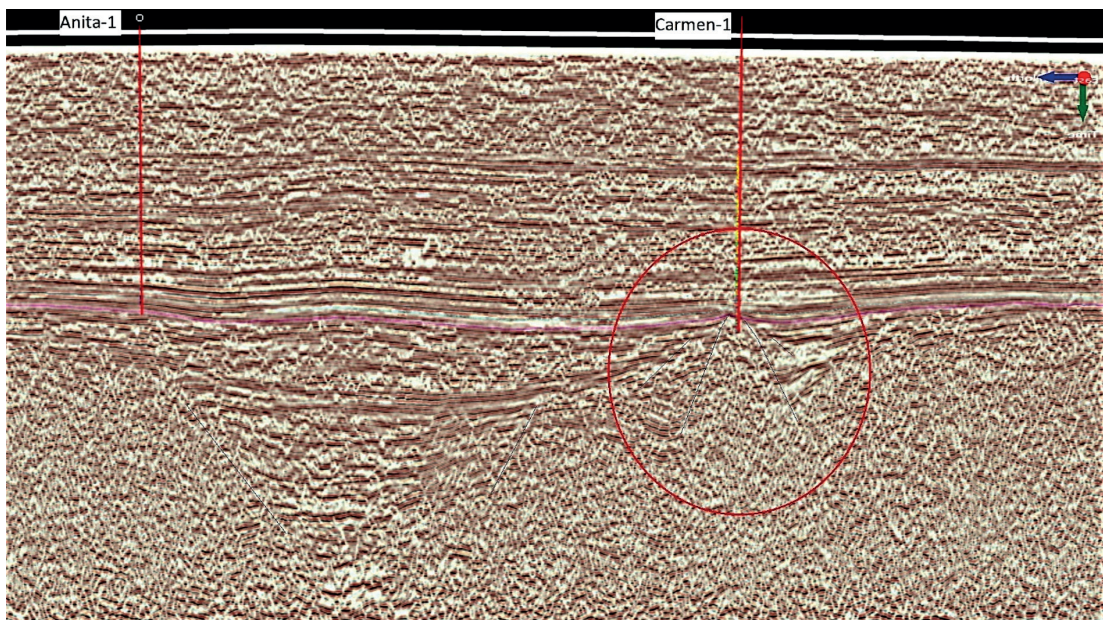


Figura 10. Se observa la estructura tipo horst al cual llegó el pozo Carmen-1.

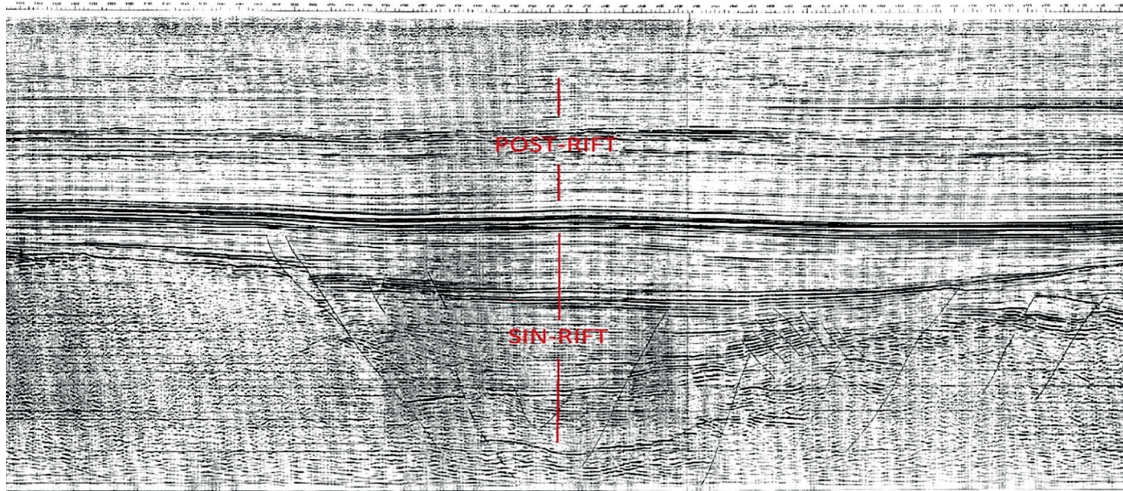


Figura 11. Comparación de la deposición sinrift y post rift. (Fuente: OXY, 1986).

1999).

Teniendo en cuenta que la Supersecuencia Pirgú es el equivalente a la Fm Berta en Paraguay en la línea 86-126 se puede observar perfectamente (Fig. 11) la deposición del tipo «sinrift» y posterior a ello la deposición del tipo «postrift» pertenecientes a la Fm Palo Santo y Santa Barbara.

Motivo del porque la formación Berta tiene mayor potencia respecto a las formaciones suprayacentes es por la deposición en sincronía con el rift como se ve en la Fig. 12, descrita por G.D. Williams *et al.* (1989).

La secuencia sinrift se deposita durante una falla extensiva. Cambios marcados de espesor estratigráfico de la pared de la falla a la pared suspendida

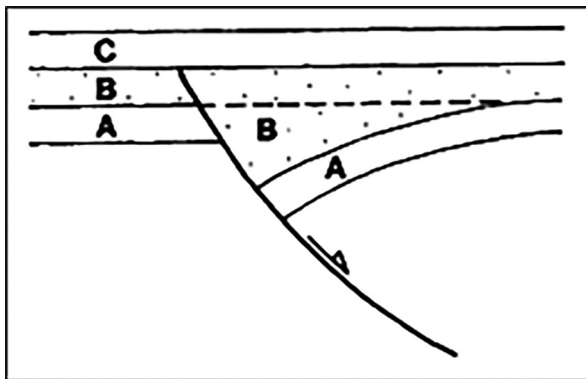


Figura 12. Diagrama esquemático de un positivo clásico estructura de inversión. A, B y C son secuencias estratigráficas. (Fuente: Williams *et al.*, 1989).

son indicativos de fallas en el crecimiento. Una secuencia postrift se deposita después del cese de fallas extensionales. En el postrift La secuencia puede depositarse después de un período de no deposición y/o erosión marcada por una discontinuidad de ruptura que puede eliminar parte de la secuencia sinrift.

Conclusión

Los patrones de los registros gamma corresponden a las litologías descritas en los pozos Anita 1 y Carmen 1.

Con la sección transversal realizada se observa la composición litológica de la subcuena del Pirity contrastada en la línea sísmica 86-126 y los registros geofísicos, en el cual se observan aspectos estructurales relacionados a la tectónica y deposición de los sedimentos.

Por medio de la correlación geofísica-estratigráfica los pozos Anita 1 y Carmen 1, y la sección transversal elaborada se logró generar el modelado tridimensional de la subcuena del Pirity y de esta manera obtener las características geofísicas estratigráficas de la subcuena; de tal modo este modelo tridimensional serviría para futuras exploraciones hidrocarburíferas y determinar la distribución de la subcuena dentro del territorio paraguay.

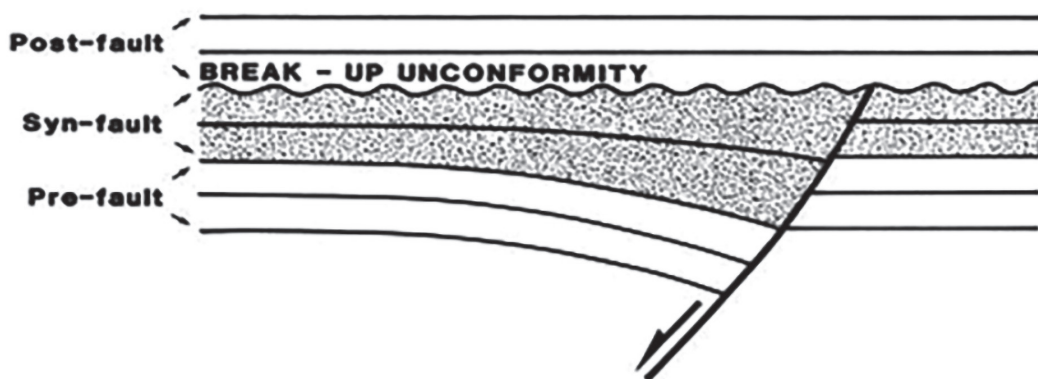


Figura 13. Diagrama esquemático de la estratigrafía acumulada antes, durante y después del movimiento de falla extensional. La discordancia de ruptura se muestra como una línea ondulada en la parte superior de la secuencia synrift. (Fuente: Williams *et al.*, 1989).

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Contribución de los autores: Los autores contribuyeron manera equitativa en la elaboración de este artículo.

Literatura citada

- Álvarez, L.A. (1999). Geología de Hidrocarburos en el Noroeste Argentino. Pp, 27–36, in González Bonorino, G., Omarini, R.H. & Viramonte, J.G. (Eds). *Geología del Noroeste Argentino: Relatorio del XIV Congreso Geológico Argentino*, 2: 306 pp.
- Anónimo. (2003-2022). *CENIHP: Centro Nacional de Información Hidrocarburífera del Paraguay*. Viceministerio de Minas y Energía. [Consulted: 5.xi.2021]. <https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1883>.
- Anónimo. (2010). *Geología del Paraguay*. Viceministerio de Minas y Energía. [Consulted: 5.xi.2021]. <https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1249>.
- Castillo Clerici, A.M. (1986). *Reavaliação da Geologia do Paraguay Oriental*. (Tesis Doctoral). São Paulo: Universidade de São Paulo. 141 pp + 1 map.
- Clebsch, C.A. (1991). *The Geological Evolution Of The Paraguayan Chaco*. (Doctoral tesis). Lubbock: Texas Tech University. xv + 185 pp + 4 maps.
- Gómez Duarte, D.R. (1986). Contribución al conocimiento de la Geología del Norte del Chaco Paraguayo. Lagerenza: III^{er} Cuerpo de Ejército / Comando en Jefe de las FFAA de la Nación. 27 pp.
- Proyecto PAR/86. (1986). *Mapa geológico del Paraguay: Texto explicativo*. iii + 58 pp.
- Felder, B.A. (1987). Evaluación de formaciones en la Argentina. Buenos Aires: Schlumberger / Secretaría de Energía. 318 pp.
- Starck, D. (2011). Cuenca cretácica-paleógena del noroeste argentino. Pp. 407–453, in Kozlowsky, E., Legarreta, L., Boll, A. & Marshall, P.A. (Eds.). *Simposio Cuencas Argentinas: visión actual*. Actas del VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: Movilizar recursos. Mar del Plata: Instituto Argentino del Petróleo y el Gas. 453 pp.
- Wiens, F. (1998a). *Potencial de Hidrocarburos del Paraguay*. (Tomo II). Asunción. Paraguay: Geoconsultores (Servicio de Consultoría en Apoyo al Sector de Hidrocarburos del Paraguay). 107 pp.
- Wiens, F. (1998b). *Potencial de Hidrocarburos del Paraguay*. (Tomo III). Asunción. Paraguay: Geoconsultores (Servicio de Consultoría en Apoyo al Sector de Hidrocarburos del Paraguay). 193 pp.
- Williams, G.D., Powell, C.M. & Cooper, M.A. (1989). Geometry and kinematics of inversion tectonics. *Special Publications of the Geological Society of London*, 44(1): 3–15.