



## ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO SECUENCIAL PARA LA EVALUACIÓN DE RESERVORIOS TIPO *SHALE* DE LA FORMACIÓN VACA MUERTA, CUENCA NEUQUINA, ARGENTINA

Thamy Sales<sup>1,2</sup>, Adolfo Giusiano<sup>1</sup>, Nicolás Gutiérrez Schmidt<sup>1</sup>, Julio Alonso<sup>1</sup> y Osvaldo Muñoz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Subsecretaría de Minería e Hidrocarburos de la Provincia de Neuquén;

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Río Negro, [tsales@unrn.edu.ar](mailto:tsales@unrn.edu.ar)

La Formación Vaca Muerta (Tithoniano-Berriasiano) (Weaver 1931), está integrada por una alternancia de materiales carbonáticos y silicoclásticos acumulados en la porción distal de un sistema de rampa mixta (Mitchum y Uliana 1986, Legarreta y Uliana 1991), cuya depositación fue controlada por cambios climáticos asociados a variaciones orbitales (Kietzmann *et al.* 2008). Esta unidad es considerada la principal roca generadora de hidrocarburos de la cuenca Neuquina (Legarreta *et al.* 2008) y representa junto a la Formación Quintuco (Berriasiano-Valansiniano) un evento transgresivo-regresivo. Los depósitos de la Fm. Vaca Muerta están compuestos de lutitas, margas y calizas de grano fino y es uno de los principales reservorios no convencionales tipo *shale* de la Argentina. Estos depósitos tradicionalmente han sido considerados como sucesiones monótonas y homogéneas de bajo interés como roca reservorios (Harris *et al.* 2011). Sin embargo es posible reconocer una gran anisotropía en estos cuerpos de roca en términos de litofacies, características mineralógicas y propiedades geoquímicas que se relacionan a los padrones de apilamiento. Estas características permiten ser analizados desde la estratigrafía secuencial para definir intervalos con mayor potencial para estimulación y producción de reservorios del tipo *shale*. Slatt y Rodríguez (2012) aplican este concepto (*sensu* Embry y Johannessen 1992) en reservorios *shale* y a través de la utilización de perfiles de rayos gamma identifican secuencias con patrones de apilamiento comunes dentro de estas rocas en varios prospectos paleozoicos y mesozoicos de E.E.U.U.

Para este trabajo fueron analizados datos de perfil y datos de laboratorio que permitieron generar un modelo petrofísico-mineralógico simplificado, generar curvas de carbono orgánico total (COT), electrofacies y parámetros geomecánicos (índice de fragilidad). Se utilizaron perfiles de rayos gamma e impedancia acústica para determinar los ciclos T-R (*sensu* Embry y Johannessen, *op. cit*) y definir intervalos con mayor potencial en el área de estudio. En este trabajo se presentan y discuten los resultados preliminares obtenidos de la interpretación estratigráfica de los reservorios de tipo *shale* de la Fm. Vaca Muerta en una transecta ONO-ESE en la zona del Engolfamiento Neuquino (Fig. 1C).

En la sección estudiada se reconocieron por lo menos 12 ciclos (Fig. 1D), cada uno de ellos está constituido por una superficie transgresiva sobre la cual se deposita un cortejo transgresivo enriquecido en COT, donde predominan facies de lutitas carbonosas y fosilíferas (con respuesta en perfil de altos valores de rayos gamma y baja impedancia acústica), el cual es sucedido por un cortejo de mar alto/regresivo, con un empobrecimiento en COT, mayor abundancia de facies de lutitas fosilíferas y *mudstones*, y un enriquecimiento en minerales carbonáticos (medio a bajo rayos gama y media a alta impedancia acústica). El mayor contenido de pirita (hasta 3 %) coincide con las zonas con mayor COT (2 % a 10 %) y mayor porosidad (de hasta 12 %), donde los ciclos transgresivos están más desarrollados. El contenido de arcilla es bajo (20 %) y relativamente constante. Hay una tendencia al aumento del contenido de cuarzo en la base de la formación y un aumento del contenido de minerales carbonáticos hacia el tope de la sección. Estratigráficamente se observa que los intervalos en la base de la Fm. Vaca Muerta poseen una mayor concentración de COT relacionadas al mayor espesor de los cortejos transgresivos, mientras que hacia el tope de la unidad hay una disminución (inferior a 2 %) y un aumento de la concentración de minerales carbonáticos relacionados al aumento del espesor de los cortejos de regresivos (secuencias progradantes) (Fig. 1D). El patrón de apilamiento cíclico que muestran los depósitos analizados indica un relativo aumento de energía hacia el tope de la sección, relacionado con el carácter progradante del sistema de rampa mixta. Los perfiles de rayos gamma e impedancia muestran buena correlación con las fluctuaciones de la curva de alta frecuencia de Haq y Shutter (2008), favorece el reconocimiento de los cortejos sedimentarios y sus propiedades, permitiendo la aplicación de un análisis estratigráfico secuencial a una escala de detalle. Las variaciones mineralógicas y de COT asociadas a cada cortejo pueden ser utilizadas como herramienta predictiva para mapeo de zonas con diferentes comportamientos geomecánicos.

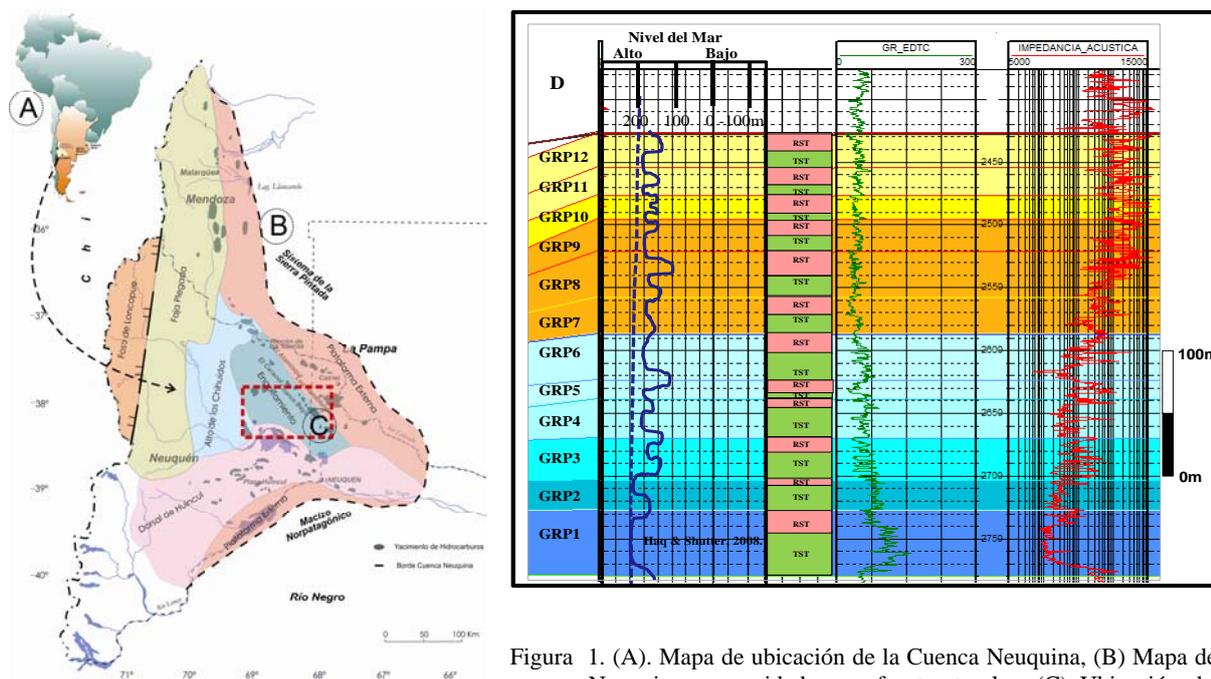


Figura 1. (A). Mapa de ubicación de la Cuenca Neuquina, (B) Mapa de la cuenca Neuquina con unidades morfoestructurales. (C) Ubicación de la zona de estudio. (D) Gráfico de perfiles de uno de los pozos analizados, mostrando las variaciones del perfil de rayos gamma e impedancia acústica. Los cuadros en rosa indican los cortejos transgresivos (TST) y los cuadros en verde los cortejos regresivos (RST).

- Embry, A.F. y Johannessen, E.P. 1992. T-R sequence stratigraphy, facies analysis and reservoir distribution in the uppermost Triassic- Lower Jurassic succession, western Sverdrup basin, Arctic Canada. En Vorren, T.O., Bergsager, E., Dahl-Stammes, O.A., Holter, E., Johansen, B., Lie, E. y Lund, T.B. (eds.) Arctic Geology and Petroleum Potential: Norwegian Petroleum Society Special Publication, (2):121-146.
- Haq, B.U. y Shutter, S.R. 2008. A chronology of Paleozoic sea-level changes. Science (322): 64-68.
- Harris, N.B., Miskimins, J.L. y Mnich, C.A. 2011. Mechanical anisotropy in the Woodford Shale, Permian Basin: Origin, magnitude and scale. The Leading Edge (30): 284-291.
- Kietzmann, D.A., Palma, R.M. y Bressan, G.S. 2008. Facies y microfacies de la rampa tithoniana-berriasiana de la Cuenca Neuquina (Formación Vaca Muerta) en la sección del Arroyo Loncoche-Malargüe, provincia de Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina 63 (4): 696-713.
- Mitchum, R.M. y Uliana, M. 1986. Seismic stratigraphy of carbonate depositional sequences, Upper Jurassic-Lower Cretaceous, Neuquén Basin, Argentina. En Berg, B.R. y Woolverton, D.G. (eds.) Seismic Stratigraphy 2. An integrated approach to hydrocarbon analysis. American Association of Petroleum Geologists, Memoir (39): 255-83.
- Legarreta, L. y Uliana, M.A. 1991. Jurassic-Cretaceous marine oscillations and geometry of back-arc basin fill, central Argentine Andes. Internacional Association of Sedimentology, Special Publication (12): 429-450. Londres.
- Legarreta, L., Villar, H., Cruz, C., Laffitte, G. y Varadé, R. 2008. Revisión integrada de los sistemas generadores, estilos de migración-entrapamiento y volumetría de hidrocarburos en los distritos productivos de la cuenca Neuquina, Argentina. Simpósio de Sistemas Petroleros de las Cuencas Andinas. 7° congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Cruz, C. E., Rodríguez, J.F., Hechem, J.J. y Villar, H.J. (eds.) IAPG, 79-108. Mar del Plata.
- Slatt, R.M. y Rodriguez N.D. 2012. 'Comparative sequence stratigraphy and organic geochemistry of gas shales: Commonality or coincidence.' Journal of Natural Gas Science and Engineering (8): 68-84.
- Weaver, C. 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentine. Memoir University of Washington 1, 469 p., Seattle.