

Trabajo 7

ANALISIS ESTRATIGRAFICO SECUENCIAL EN LAS SEDIMENTITAS URANIFERAS DEL AREA DE PAMPA AMARILLA, MALARGUE, PCIA. DE MENDOZA

Guillermo Enrique Rojas *

* Comisión Nacional de Energía Atómica
Gerencia de Exploración

ABSTRACT. The uraniferous prospects of Pampa Amarilla's area using the sequential stratigraphy as a working tool was located chronostratigraphically.

According to this analysis, it was inferred that mostly the favourability of those mineralized levels correspond to stays of low-base level.

At the same time, the presence of local factors which will impose conditions for lodging metallic elements in the diverse sedimentary system tracts is evident.

INTRODUCCION

El presente trabajo constituye una contribución al conocimiento del sector Pampa Amarilla, en la localidad de Malargüe, Provincia de Mendoza, respecto de la estratigrafía de los niveles cretácicos con mineralización de uranio correspondientes al denominado Grupo Neuquén o Mesosecuencia Neuquén.

Se contó para tal fin con la información base de Y.P.F. y los perfiles levantados por la Comisión Geológica nro. 7 de la misma, además de los numerosos trabajos realizados en el área por los profesionales de C.N.E.A. lo que permitió adecuar los mismos a los fines perseguidos.

OBJETIVOS

Ubicar estratigráficamente las manifestaciones uraníferas del área a fin de intentar interpretar el comportamiento de las mismas.

Se pretende incorporar la técnica de la estratigrafía secuencial en el reconocimiento y evaluación de los recursos mineros, en particular, los uraníferos. Esto permitiría acotar los sectores a prospectar con el consiguiente ahorro de esfuerzos y recursos económicos, optimizando la búsqueda de los mismos.

METODOS EMPLEADOS

Se utilizó la estratigrafía secuencial como herramienta para el análisis de los diversos ciclos sedimentarios que integran la unidad bajo estudio.

Si bien esta técnica fue creada para interpretar eventos marinos, es factible de ser utilizada en continentales.

CONCEPTOS ESTRATIGRAFICOS

Según lo definen Kokogian, Boggetti y Rebay (1989), al analizar el desarrollo de una secuencia deposicional continental se observa que los cuerpos arenosos y conglomerádicos ocupan posiciones controladas por cada una de las etapas evolutivas de la misma, y por lo tanto, haciendo una interpretación paleoambiental se puede predecir con bastante exactitud la ubicación de los cuerpos clásticos gruesos, situación no posible a través de un análisis litoestratigráfico. Estos cuerpos son el registro sedimentario de diferentes subambientes por lo que las cualidades petrofísicas pueden ser variables o disímiles, aún en eventos de orden menor.

En ambientes marinos o fluvio-lacustres es posible diferenciar todos los cortejos sedimentarios involucrados en una normal evolución del sistema o etapas evolutivas; esto no es así en ambientes fluviales donde sólo es posible reconocer dos de ellos, el cortejo sedimentario de nivel bajo y el cortejo sedimentario de nivel alto. El primero muestra una tendencia a la agradación y, en general, un arreglo interno estratodecreciente y granodecreciente. Presenta las mejores posibilidades de encontrar sucesiones arenoso-conglomerádicas, pero éstas pueden tener innumerables variaciones petrofísicas debido a la variabilidad en los eventos de relleno de canales y sus desbordamientos asociados, siendo éste el principal objetivo exploratorio.

El cortejo sedimentario de nivel alto tiene sus facies más favorables en las zonas de aporte. Dentro de este sistema, las facies de relleno de canal y lóbulos son favorables como roca recipiente pero son de menores dimensiones por su reducido espesor y limitada distribución areal, que las del cortejo sedimentario de nivel bajo.

ANALISIS ESTRATIGRAFICO DEL GRUPO NEUQUEN

Los sedimentos del Gr. Neuquén, por su carácter continen-

ESTANTERIA CONGRESO
UBICACION

tal fluvial, de cursos entrelazados, efímeros y permanentes, con avenidas ocasionales generando depósitos mantiformes con desbordamientos sobre la planicie aluvial, caracterizan a esta unidad estratigráfica. Su variabilidad, con cambios laterales bruscos hace que la correlación entre perfiles de superficie o eléctricos y radiactivos, en subsuelo, sea muy difícil, por lo que se intentó definir eventos secuenciales sincrónicos y no paquetes sedimentarios. Siguiendo este concepto, Legarreta y Gulisano (1989) desarrollan el estudio de la cuenca Neuquina, e incluyen a los estratos del Gr. Neuquén en lo que se denomina Mesosecuencia Neuquén, integrada por ocho (8) secuencias o eventos menores; posteriormente, Cruz *et al.* (1989) interpretan que tal Mesosecuencia estaría integrada por nueve (9) unidades y dejan aclarado que tal cantidad propuesta podría llegar a ser modificada; además, que podrían reunirse en tres unidades de orden mayor asimilables a divisiones estratigráficas previas. En el área correspondiente al cierre sur del anticlinal Malargüe o anticlinal Pampa Amarilla, donde se ubican la mayoría de las anomalías radiactivas correspondientes al Gr. Neuquén, incluyendo el Yacimiento Huemul (Belluco *et al.* 1974), se define a esta unidad en diversas secuencias agrupadas en la Mesosecuencia Neuquén. Cada una de las entidades presentan facies, organización interna y geometría similares, si bien tienen características propias que permiten individualizarlas.

Se entiende que el sector que nos ocupa se hallaría en una posición intermedia de cuenca donde la sección basal o tercio inferior de cada secuencia, integrada por depósitos clásticos gruesos, suele estar ausente o con escasa expresión. El tercio medio está constituido por una facies areniscosa, y el superior es pelítico pero de menor expresión que en posiciones internas de cuenca.

En situaciones intermedias, las discontinuidades que delimitan cada secuencia resultan más evidentes que en situaciones profundas, siempre que la sección basal esté presente, siendo identificables tanto en superficie como en subsuelo.

En las zonas donde están superpuestos los depósitos de nivel de base bajo ("lowstand system tract"), arealmente restringidos, y los de nivel de base alto ("highstand system tract"), arealmente expandidos, las secuencias presentan una organización interna estrato y granodereciente. Asimismo, el conjunto de secuencias deposicionales que integran la Mesosecuencia, tienen un arreglo facial interno similar, o sea que los depósitos más gruesos predominan en la parte inferior, mientras que hacia el tramo superior lo hacen los más finos.

Estos depósitos continentales presentan una marcada ciclicidad y cada una de las secuencias muestran un mismo patrón energético con disminución vertical de la energía del sistema deposicional. Es posible ver, también, el progresivo traslapamiento de cada una de ellas hacia las zonas marginales a pesar de que la curva eustática de primer orden es descendente. Según Legarreta y Gulisano (1989) esta situación se explicaría por un incremento en la subsidencia por efecto de la sobrecarga ejercida por el arco magmático situado al oeste de la cuenca Neuquina.

Para el sector bajo estudio, Cruz *et al.* (1989) definen a cada una de las secuencias de la siguiente manera:

Secuencia Depositional I: Es la secuencia inicial del Grupo Neuquén presentando espesor variable y, generalmente, re-

ducido. Corresponde a las Areniscas Violáceas de Uliana *et al.* (1975).

Está constituida por areniscas medianas a muy finas, rojo a gris violáceas, muy duras por el material cementante que presentan, en bancos lenticulares medianos, de base neta erosiva y con intercalación de arcilitas y limoarcilitas de igual coloración. Presentan bancos masivos o con estratificación entrecruzada festoneada, raramente planar, culminando algunos con "climbing ripples". Ocasionalmente se observa bioturbación, indicando la presencia de cursos de agua entrelazados de moderada a baja energía.

En Pampa Amarilla se presenta con predominio de areniscas medianas entrecruzadas en artesa y conglomerados en la base.

Secuencia Depositional II: Presenta una discontinuidad basal. Su espesor es importante, siendo la secuencia que tiene mayor proporción de bancos arenosos en todo el Gr. Neuquén. En Pampa Amarilla esta secuencia aparece constituida en forma casi completa por conglomerados y areniscas muy gruesas, en bancos lenticulares e irregulares gruesos, con estratificación poco marcada y artesas crudas. En el tope hay escasa participación de fangolitas rojas.

Secuencia Depositional III: La discontinuidad estratigráfica basal es visible en sectores adyacentes al área en estudio. En Pampa Amarilla comienza con una alternancia de conglomerados y areniscas masivas castaño amarillentas y rojizas pasando a predominar en la parte superior las fangolitas rojizas que intercalan con escasos bancos de areniscas finas y medianas.

Secuencia Depositional IV: Su contacto basal es claro y da comienzo a lo que se ha denominado informalmente, para subsuelo, "intervalo pelítico".

Esta unidad se presenta en Pampa Amarilla, con potentes bancos de areniscas medianas y gruesas, ocasionalmente conglomerádicas, con estratificación festoneada intercalada por limo-arcilitas rojizas. En el cortejo del nivel alto predomina esta última litología.

Secuencia Depositional V: Presenta un aspecto litofacial similar a la anterior. En Pampa Amarilla está en discontinuidad neta y clara en la base. La mitad inferior es dominada por potentes bancos de areniscas muy gruesas y conglomerados sin estratificación visible o artesas poco marcadas, haciéndose más frecuentes y espesas las limoarcilitas rojas hacia el tope de la secuencia.

Secuencia Depositional VI: La discontinuidad basal es visible en la zona. Aquí presenta un predominio de areniscas muy gruesas y conglomerados en los dos tercios inferiores, en bancos potentes y masivos o con entrecruzamientos en artesa. Hacia el tercio superior se hacen más espesos y frecuentes los niveles de fangolitas rojas.

Secuencia Depositional VII: En Pampa Amarilla se presenta como una alternancia de areniscas gruesas y muy gruesas, con entrecruzamiento en artesa; con limoarcilitas rojas, predominando estas últimas en el tercio superior.

Secuencia Depositional VIII: Son areniscas medianas a gruesas, en parte, conglomerádicas, con entrecruzamiento en artesa o planar en la base pasando a limoarcilitas rojas con intercalaciones de areniscas finas o muy finas, de desbordamientos, en el tramo superior.

Secuencia Depositional IX: Es una sección bien distinguible y en Pampa Amarilla es una alternancia de bancos potentes de areniscas gruesas y muy gruesas, con entrecruzamiento en artesa y limoarcilitas rojizas con marcas de raíces y bioturbación, aumentando su presencia hacia el tope.

CONSIDERACIONES PALEOAMBIENTALES

La Secuencia Depositional I tiene poco desarrollo y con escasa preservación de estructuras sedimentarias debido a bioturbación y/o diagénesis. Es dable observar en afloramientos que en aquellos niveles donde hay bioturbación disminuyen las posibilidades de encontrar buena roca almacén (menor permeabilidad), y por lo tanto, mineralización con respecto de niveles similares desde el punto de vista petrogenético.

Esta unidad se la puede considerar como producto de un sistema de ríos entrelazados de moderada sinuosidad, migrando en una extensa planicie con avenidas mantiformes que desbordaban a la misma.

Las Secuencias Depositionales II y III son las de mayor participación arenosa. Los depósitos de nivel de base bajo estarían representados por distributarios entrelazados (según Modelo 2 de Miall, 1985) con cursos de agua permanente

y avenidas esporádicas con desbordamientos mantiformes. La zona de aporte se situaba al ENE, con un sistema colector de gran tamaño que corría en sentido NO-NNO.

Para el nivel de base alto disminuye la capacidad de transporte por la pérdida de energía al variar el gradiente del sistema, acumulándose sedimentos pelíticos. Estas dos secuencias tienen buenas condiciones petrofísicas para alojar depósitos minerales.

Las Secuencias Depositionales IV y V son muy parecidas entre sí facialmente, y corresponden a cursos entrelazados hasta meandriformes con desbordamientos en planicies aluviales o barreales. Los depósitos de nivel de base alto presentan buen desarrollo con un pasaje gradual a fangolitas rojas.

Las Secuencias VI, VII, VIII y IX se definen como sistemas de cursos entrelazados, efímeros (modelo 11 de Miall, 1985) y algunos permanentes con un sector distal con avenidas mantiformes hasta alcanzar el barreal. Presentan buenas condiciones petrofísicas para la circulación de fluidos en la zona oriental del Valle del Río Grande, al sur de Pampa Amarilla (Cruz *et al.*, 1989).

OBSERVACIONES DE CAMPO

Con la colaboración del geólogo Carlos CRUZ de la Gerencia de Exploración de Y.P.F. (año 1990), se realizó la interpretación y ubicación estratigráfica de gran parte de las numerosas manifestaciones de uranio del área de Pampa Amarilla (Fig. 1).

Se comenzó con la observación de las manifestaciones



Puesto Moya y Km 373, ubicadas ambas en el faldeo occidental del anticlinal Pampa Amarilla. La primera se ubica en la Secuencia Depositional II, en el estadio de nivel de base bajo (Fig. 2). Se observó una abundante cantidad de paquetes areno-conglomerádicos a conglomerados, gris medio a castaños (esto último debido a la tinción por óxidos), con clastos de cuarzo, subredondeados a subangulosos, distribuidos caóticamente y con mineralización de cobre; intercalan areniscas de variada granometría.

La manifestación denominada Km. 373 se ubica en el nivel de base alto de la secuencia deposicional III. Aquí se observó una sucesión de bancos con granometría más fina que la anterior manifestación. La mineralización de uranio fue detectada en un paquete de areniscas con clastos tamaño medio, de buena selección textural y, en principio, con mejor porosidad y permeabilidad, ya que el petróleo invade en forma uniforme el banco mineralizado.

En lo que respecta al Yacimiento Huemul se determinó que, si bien no fue posible una muy ajustada ubicación estratigráfica de todos los niveles mineralizados (Belluco *et al.*, 1972) sí se definió que el conglomerado del nivel principal está en el cortejo de nivel bajo de la secuencia deposicional V. El resto se ubicaría dentro de las secuencias IV y V.

Posteriormente se recorrió el sector correspondiente a los depósitos minerales de Rosa y Uryco. Aquí la ubicación estratigráfica corresponde a la Secuencia Depositional V ya sea en niveles del cortejo de nivel de base bajo ("lowstand") o

en el tope de la secuencia, o sea, en el nivel de base alto ("highstand"), esto último, en pequeños paleocauces amalgamados. Es evidente, en este sector, la asociación cobre-uranio. En un paquete arenoso se observó la existencia de un nivel con permeabilidad diferencial y mineralización de malaquita, azurita, óxidos y "negros" de uranio.

Las manifestaciones Casa de Piedra, Cerro Mirano y Porky están ubicadas en el Gr. Neuquén inferior, entre las Secuencias Depositionales I y III, no habiéndose accedido a ellas directamente pero sí de manera indirecta por observaciones regionales de campo.

FACTORES CONDICIONANTES DE LA MINERALIZACION

En 1961, Kröger hizo hincapié en características petrofísicas y estructurales de la roca huésped como factor condicionante de la mineralización.

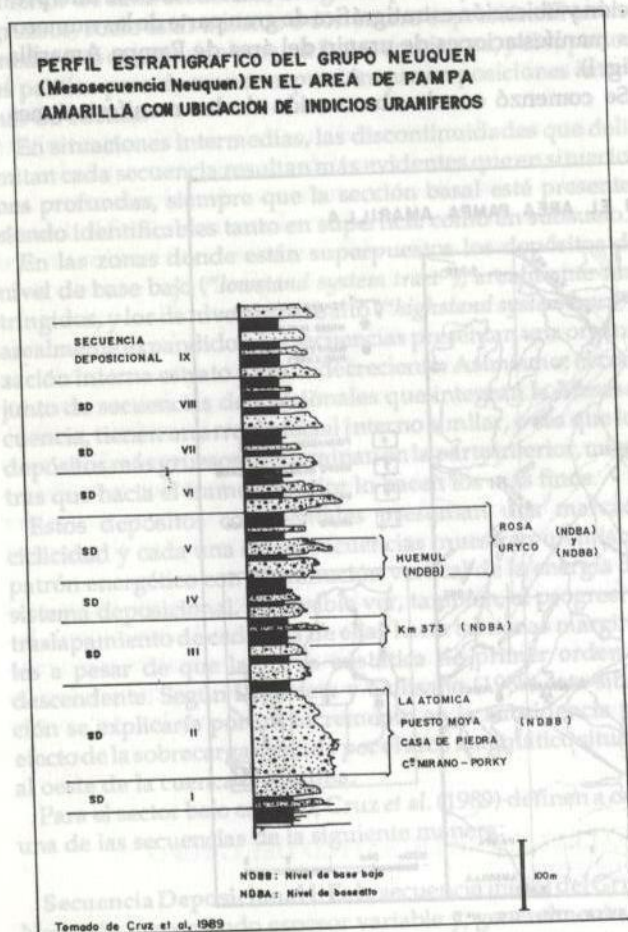
En 1962, Ferreiro V. hablaba sobre los elementos tenidos en cuenta para localizar la mineralización, y que eran: la presencia de hidrocarburos, los cambios laterales de litología y la tectónica local. Lo mismo expresó Brodtkorb (1966) respecto de la condición previa de la presencia de hidrocarburos para la precipitación del uranio, avanzando en la discriminación de cuatro tipos de petróleos asfálticos presentes en el yacimiento Huemul.

Según Valerdi (1968 y 1970), de la observación de las características geológicas del yacimiento Huemul, se desprenden varios factores que actuaron de control para la mineralización del área, entre los que figuran la recurrencia de un área de escorrentía desde, por lo menos, lo que el denomina Miembro Arroyo Seco 1 (base del sector medio del Gr. Neuquén) hasta los niveles superiores del Miembro Agua Botada. Además, menciona que la zona de escorrentía muestra sucesivos desplazamientos, generalmente hacia el sur, acompañados por cambios de dirección de los cauces fluviales generando sectores más favorables para la mineralización, perdiendo significación este último evento a medida que avanzó la colmatación de la cuenca. Otros factores condicionantes son, a su juicio: el ataque del carbonato presente por medio de soluciones ácidas, lo que aumenta la porosidad de la roca huésped, la reducción de componentes ferrosos, la decoloración y por último, la incorporación de "bitúmenes".

DISCUSION

Si bien es conocida la aptitud de los depósitos de nivel de base bajo para alojar mineralización de elementos metálicos, petróleo, etc., con respecto a los de nivel de base alto, evidentemente hay elementos regionales o locales que condicionan esta circunstancia.

Está aceptado, en general, que a mayor granulometría y mayor potencia en los paquetes arenosos, hay una mayor permeabilidad; esta circunstancia es la que corresponde a los niveles formados en un estadio de nivel de base bajo. Es así como los depósitos Huemul, Rosa, Uryco y Puesto Moya, se



ubican dentro de tales niveles. No obstante, los dos últimos, así como el de Km.373, también se localizan en el cortejo sedimentario de nivel alto. Esto se debe a que, localmente, las Secuencias Depositionales II y III presentan buenas condiciones petrofísicas así como el buen desarrollo del cortejo sedimentario de nivel alto de las Secuencias Depositionales IV y V.

Otra circunstancia que condicionaría la mineralización es la interconexión de los paleocauces permitiendo la circulación de fluidos en sentido de las corrientes de flujo y también, a través de las diversas unidades cronoestratigráficas por superposición de unidades permeables.

CONCLUSIONES

Es evidente la utilidad de la Estratigrafía Secuencial como herramienta válida en la prospección de recursos minerales. Si bien la misma fue creada con el objetivo de prospectar hidrocarburos, puede ser empleada con éxito en la búsqueda de áreas favorables para alojar yacimientos minerales.

La presencia de la mayoría de los niveles mineralizados en el área de Pampa Amarilla corresponden al cortejo sedimentario de nivel bajo. Esta es la unidad estratigráfica con mejores condiciones como roca almacén pero está sujeta a variaciones del régimen de relleno de canales, a factores de carácter químico y a otros eventos determinantes, lo que caracteriza localmente a cada ambiente. Esto genera, espacialmente, una variabilidad petrofísica tal que condiciona la ubicación o no del elemento a prospectar.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a las autoridades de la Comisión Nacional de Energía Atómica por permitirme publicar este trabajo, a la Srta. Elina SERRANO y personal de la

Regional Cuyo que colaboró en la confección, al colega Alberto VALDIVIEZO por alentarme en la elaboración del mismo y, en manera especial, al Lic. Carlos CRUZ por su gentileza al participar en él.

Destaco, también, el juicio crítico vertido por los Dres. Pedro STIPANICIC y Leonardo LEGARRETA.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- BELLUCO, A., J.DIEZ, C.ANTONIETTI, H.ACHEN, C.VALERDI, 1972. Los depósitos uraníferos de las provincias de Mendoza y Neuquén. Actas del V Congreso Geológico Argentino, II: 35- 53.
- BRODTKORB, M.K. de, 1966. Mineralogía y consideraciones genéticas del yacimiento Huemul, Provincia de Mendoza.- Informe interno C.N.E.A.
- CRUZ, C., P. CONDAT, E. KOZLOWSKI, R. MANCEDA, 1989. Análisis estratigráfico secuencial del Gr.Neuquén (Cretácico Superior) en el Valle del Río Grande, Pcia. de Mendoza. I Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Mar del Plata, II: 689 - 711.
- FERREIRO, V., 1962. Evaluación del yacimiento Huemul.- Informe interno C.N.E.A.
- KOKOGIAN, A., D. BOGGETTI y G. REBAY, 1989. Cuenca Cuyana. El análisis estratigráfico secuencial en la identificación de entrapamientos estratigráficos sutiles. I Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Mar del Plata, II: 649 - 671.
- KRÖGER, J., 1961. Informe "Mina nuclear Huemul". -Informe interno C.N.E.A.
- LEGARRETA, L. y C. GULISANO, 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la cuenca Neuquina (Triásico superior-Terciario inferior). En G. Chebli y L. A. Spalletti (Editores), Cuenas Sedimentarias Argentinas. Instituto Superior de Correlación Geológica, Servicio de Correlación Geológica. VI: 221 - 243.
- MIAL, A.D., 1985. Architectural elements analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits. En: Recognition of fluvial depositional systems and their resources potential. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, short course # 19.
- ULIANA, M., D. DELLAPE y G. PANDO, 1975. Estratigrafía de las sedimentitas rayosianas (Cretácico inferior de las provincias de Neuquén y Mendoza).- Congreso Iberoamericano de Geología Económica, I: 177-196. Buenos Aires.
- VALERDI, C., 1968/1970. Resultados de los sondeos realizados en yacimiento Huemul. - Informe interno C.N.E.A.