

## RECURSOS NUCLEARES

Guillermo E. Rojas<sup>1</sup>

1. Comisión Nacional de Energía Atómica, Regional Cuyo, Mendoza. guillermorojas@cneacuyo.gov.ar

### RESUMEN

En el año 1955 la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) inició sus tareas exploratorias por uranio en el ámbito de la provincia del Neuquén. El área más importante, investigada por la CNEA, fue la denominada Los Chihuidos – Las Cárceles, con un modelo de depósito estratiforme, en sedimentitas de la Fm. Rayoso. Otro sector de interés fue el denominado Rahué-Co con mineralización en un paquete sedimentario perteneciente a la Fm. Tordillo. En esta misma unidad estratigráfica se ubican las manifestaciones denominadas Butalón I y Butalón II. Más al sur de éstas, se localiza la denominada Charahuilla en niveles de la misma edad. La compañía Calypso Uranium está desarrollando dos proyectos exploratorios que pueden incorporar nuevas reservas de uranio. El origen y distribución del uranio estaría condicionado por la existencia de roca fuente, roca hospedante y elementos reductores asociados a materia orgánica y bitumen. Es aconsejable reconocer la existencia y distribución de petróleo biodegradado.

**Palabras clave:** Uranio, bitumen, biodegradación, Neuquén

### ABSTRACT

*Nuclear resources.* - The National Atomic Energy Commission (CNEA) began in 1955 its work on uranium exploration in Neuquén province. The most important area investigated by CNEA was called Los Chihuidos – Las Cárceles, displaying a stratiform deposit model in sediments of the Rayoso Formation. Another area of interest was called Rahué-Co. It is mineralized in a sedimentary sequence in the Tordillo Formation. In the same stratigraphic unit are located the Butalón I and Butalón II uranium occurrences. Further south, the Charahuilla uranium occurrence is located in the same age levels. Calypso Uranium Company is actually developing two exploration projects that can incorporate new uranium reserves. The origin and distribution of uranium would be conditioned by the existence of source rock, host rock and elements associated with reducing organic matter and bitumen. It is advisable to recognize the existence and distribution of biodegraded oil.

**Key words:** Uranium, bitumen, biodegradation, Neuquén

### INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la existencia de minerales uraníferos en la provincia del Neuquén es de larga data. Las tareas de prospección se iniciaron en el año 1955 y se desarrollaron durante varios años por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA, incorporándose numerosas manifestaciones radiactivas (Toubes *et al.* 1978). La mayoría de las mismas se ubican en el sector central y norte de la provincia, y unas pocas hacia el sur, teniendo poco interés exploratorio.

#### Áreas con minerales radiactivos

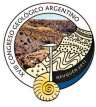
El avance exploratorio en la provincia del Neuquén se ha producido, en los últimos años, a partir de la concesión de áreas de exploración por uranio a la compañía Calypso Uranium. Estas áreas están en sectores donde la CNEA había realizado trabajos de prospección aérea, autotransportada, geoquímica y exploratorios de detalle, denominados Los Chihuidos - Las Cárceles y, además, de un área nueva denominada Campesino Norte en la localidad de Aguada Pichana. Las otras áreas que habían sido prospectadas, oportunamente, por la CNEA son Rahué-Có y Barda Negra (Fig. 1).

A partir de un programa de prospección radimétrica terrestre implementado por la CNEA en 1955, se descubrieron numerosas anomalías y mineralizaciones de uranio en tres áreas, siendo

la más destacada la que corresponde al Distrito Los Chihuidos, ubicado al norte y este del río Neuquén, y al oeste de la sierra de Auca Mahuida y de la cuenca de Añelo. Este distrito muestra un modelo de depósito estratiforme, tipo Uranio en Areniscas (Dalkamp 1993) con una paragénesis de U-Cu-V. La unidad hospedante es la Fm. Rayoso y se extiende sobre unos 4.000 km<sup>2</sup>, con manifestaciones en dos grandes sectores: Los Chihuidos y Las Cárceles.

Todas las manifestaciones están alojadas en la Sección Clástica de la Fm. Rayoso. El ambiente es continental transicional. En este sector de la cuenca la Fm. Rayoso está cubierta, en su mayor parte, por sedimentitas continentales de la Fm. Candeleros (Subgrupo Río Limay, Grupo Neuquén). Estos se apoyan en leve discordancia angular en una estructura suavemente ondulada con diversas flexiones y algunas fallas, cuyo eje principal, tiene rumbo aproximado norte-sur. La erosión ha producido ventanas en la zona de los cerros Chihuido del Medio y Chihuido del Norte y en el sector de Las Cárceles, donde se puede observar la sucesión sedimentaria desde los miembros superiores de la Fm. Huitrín.

La roca hospedante de la mineralización es una arenisca arcósica con material carbonoso y restos de pequeños troncos alóctonos pertenecientes a la parte basal samítica de la sección Clástica de la Fm. Rayoso. La mineralización se emplaza en varios bancos de areniscas dentro de un intervalo estratigráfico de 25 a 30 metros. La misma ocurre en paleocauces y la mayoría de las



areniscas mineralizadas que rellenan los canales, están limitadas por bancos pelíticos.

Se han reconocido cuatro horizontes mineralizados correspondientes a una distribución espacial irregular de lentes o paleocanales con estratificación entrecruzada (Belluco *et al.*, 1974).

Los minerales presentes son dos especies de «amarillos de uranio» denominadas carnotita y boltwoodita, asociados a malaquita, azurita, volborthita, limonita y hematita. El origen de los minerales de uranio es de tipo epigenético debido a la precipitación del ión uranilo, y de otros metales, en

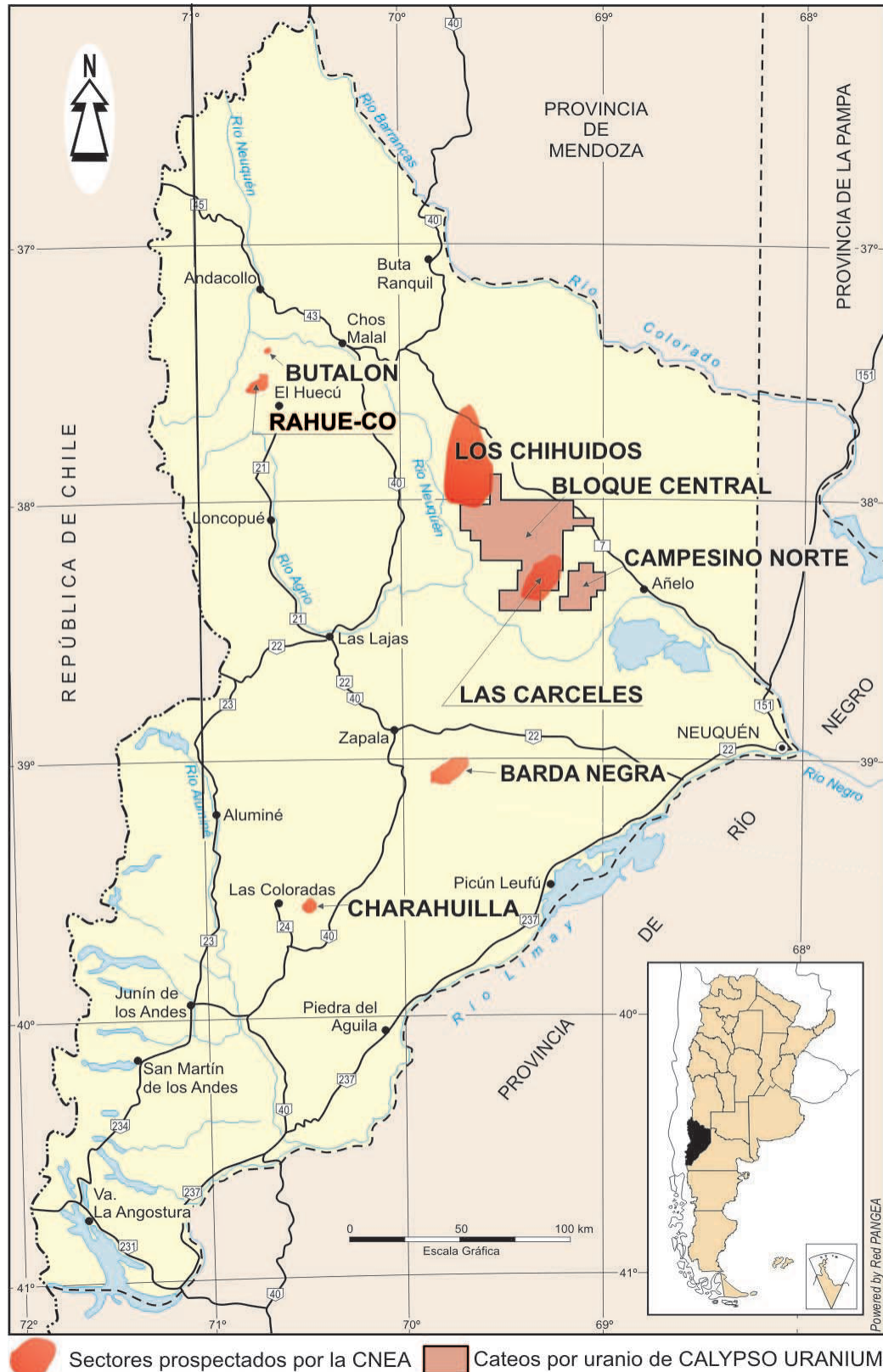


Figura 1:



un medio reductor con circulación de aguas subterráneas y superficiales.

La compañía Calypso Uranium, recientemente, continuó los estudios iniciados por la CNEA en este distrito y ha realizado radimetría aérea y magnetometría. Los estudios indican que las profundidades de los horizontes portadores de la mineralización oscilan desde la superficie hasta un máximo de 300 metros. Asimismo, el relevamiento radimétrico aéreo expone anomalías sobre cada ventana erosiva en que aflora la Fm. Rayoso, aunque no todas están relacionadas con esta unidad. En total, existen 123 anomalías dentro del Proyecto.

Otra área mineralizada es el Distrito Uranífero Rahué-Co donde la mineralización se aloja en una arenisca de la Fm. Tordillo intercalada por sedimentos tobáceos con restos de troncos fósiles silicificados o carbonizados, del género *Araucarioxylon*. Los cuerpos mineralizados tienen entre 5 y 25 m de largo con potencias de 0,2 m a 0,8 metros. Los minerales primarios encontrados son pechblenda, bornita, calcopirita, calcosina, covelina y plata nativa. Los secundarios son metatorbernita, carnotita, uranofano, malaquita, azurita y limonita.

Según Latorre (1962), la génesis de estas manifestaciones estaría dada por una etapa de carbonización de los troncos durante la diagénesis y la depositación del uranio y del cobre, a partir de aguas circulantes que utilizaron como acuífero a los planos horizontales de mayor permeabilidad limitados por capas arcillosas. La precipitación de los minerales se habría originado por la acción reductora del material carbonoso. La fuente del uranio podría atribuirse a las tobas o andesitas de las cuales habría sido lixiviado, ya que éstas poseen anomalías altas de uranio. También, se podría suponer que el aporte de U y Cu se originó en los altos estructurales y fueron depositados según modelos de bio-rhexistasia. El modelo genético de estos depósitos corresponde al tipo sedimentario con paragénesis de U-Cu-V.

Otras manifestaciones en la Fm. Tordillo son las denominadas Butalón I y Butalón II, cercanas a Rahué-Co, y Charahuilla en la localidad de Las Coloradas, departamento de Catán Lil. Esta última era la manifestación ubicada más al sur dentro de la provincia, pero la CNEA ha descubierto, recientemente, nuevas evidencias de mineralización de uranio en sectores más australes pertenecientes al ámbito de la Cuenca Neuquina.

El Distrito Uranífero Barda Negra, se encuentra al sur de la ruta 22 y próximo a la ruta 40 a unos 30 km al sudsudoeste de Zapala y a unos 70 km al sudoeste de Plaza Huinul, al pie de la meseta de Barda Negra. La mineralización se encuentra en una estructura expuesta a lo largo de unos 60 km con un ancho de 8 a 10 km y está alojada en sedimentitas de la Fm. Lotena. Las rocas hospedantes son areniscas y conglomerados impregnados en caliche, con abundancia de óxidos de cobre y vanadio acompañados por pequeñas manchas de bitumen (Toubes *et al.* 1978). El modelo genético es de tipo sedimentario con paragénesis U-Cu-V.

La compañía Calypso Uranium está llevando adelante el proyecto exploratorio Campesino Norte, ubicado en la zona de Aguada Pichana, Bajo de Añelo. Ha confirmado la localización de una zona mineralizada con uranio, cobre y vanadio en un sistema de paleocanales. Se perforaron un total de 4.135 m distribuidos en 135 perforaciones cortas, de aire reverso, en cinco áreas con blancos diferentes. Según los anuncios de la firma, de un total de cinco áreas perforadas, dos están hacia el NE y son remanentes aislados del sistema principal de canales. El principal canal mineralizado, Petrosaurios, está en el centro y las otras dos áreas están a 7 km hacia el SW y 70 m más arriba en la columna estratigráfica. La longitud total del cuerpo, de la parte sin perforar,

del principal canal mineralizado en dirección SW, es al menos de 18 kilómetros. Petrosaurios es, por lo menos, de 900 m de ancho y contiene varias barras de arena y grava que están alteradas y mineralizadas. La primera faja mineralizada es una zona de 75 m de ancho, 3,30 m de espesor con 0,35 % de Cu. La segunda faja contiene más vanadio que cobre y la tercera poco cobre pero continúa con los valores de vanadio, con una sección de 500 m de ancho, 4,5 m de espesor y 0,13 % de  $V_2O_5$ . El más alto valor de uranio fue obtenido hacia el sur, en la zona llamada Javier, donde el pozo CN-121 interceptó un nivel mineralizado de 2 m, entre los 10 y 12 m bajo boca de pozo, con valores de 0,033 % de  $U_3O_8$ . Los resultados de esta primera fase exploratoria están siendo analizados por la compañía, y después de estudios adicionales quizás continúe perforando hacia el SW.

### Consideraciones sobre la génesis y distribución de las manifestaciones de uranio

Recientes estudios sobre favorabilidad uranífera llevadas a cabo por la CNEA, en base a información disponible, permitieron una mejor interpretación de la metalogénesis del uranio, en manera especial, la de los depósitos tipo en arenisca (Dahlkamp 1993).

Dentro de las últimas investigaciones realizadas en la provincia, la CNEA ha verificado la existencia de numerosas manifestaciones de uranio, en subsuelo y superficie, en sectores que no habían sido estudiados en la anterior etapa exploratoria realizada hace ya algunos años. Estas evidencias, sumadas a las ya conocidas manifestaciones mencionadas, indican que, prácticamente, las soluciones mineralizantes cargadas con iones de cobre, uranio y vanadio, además de otros metales, han tenido una amplia circulación. En niveles superficiales o más profundos, en unidades jurásicas, cretácicas o terciarias, con mayor o menor grado de interer, siempre es dable encontrar la presencia de estos metales en diferentes especies mineralógicas.

La hipótesis planteada por Toubes *et al.* (1978) proponía al centro cratónico del macizo Nordpatagónico como fuente de aporte de uranio. La existencia de los extensos afloramientos graníticos del Complejo Plutónico Huechulafquen, al sudoeste de la provincia; la presencia de vulcanitas ácidas del Grupo Choiyoi, las rocas ígneas del Macizo de Chadileuvú, el Bloque de San Rafael y también, algunos niveles piroclásticos terciarios, permite tenerlos en cuenta como potenciales rocas de aporte ya que tendrían la edad suficiente como para ser considerados como tales. Esta afirmación se basa en el concepto de que aquellas potenciales rocas de aporte cuya edad sea triásica o pre-triásica, es decir, que supere los 200 Ma de antigüedad, son rocas aportantes por lixiviación y meteorización.

Guillermo Pensado (com. verbal), de la compañía Calypso Uranium, comenta que habría tres procesos a partir de los cuales el uranio es liberado de la roca fuente. El primero derivado de la lixiviación de tobas ácidas a partir de la desvitrificación de las mismas, el segundo a partir de la liberación de cationes metálicos de las pelitas negras generadoras de hidrocarburos y el tercero derivado de la destrucción de minerales accesorios, como la monacita, de rocas magmáticas ácidas. Estos conceptos son compartidos, en general, por la gran mayoría de los investigadores abocados al estudio de rocas fuente.

Un número significativo de manifestaciones en el territorio provincial, están asociadas a la presencia de troncos fósiles con alto contenido de materia orgánica, no generando estos las condiciones suficientes para la génesis de depósitos económicos; para ello es necesario que la materia orgánica esté ampliamente

diseminada en los niveles portadores y con condiciones petrofísicas adecuadas. En algunos casos, la mineralización se asocia a la presencia de bitumen. Parece ser que la situación de encontrarse en esta provincia una amplia cuenca sedimentaria petrolera, abre la expectativa de prospectar por uranio ya que hay ejemplos mundiales asociados a la existencia y migración de petróleo como elemento reductor y precipitante, junto a aguas de formación. Esta situación favorece la concentración de minerales nucleares, además de otros cationes metálicos como el Cu (Giusiano *et al.* 2008; Pons *et al.* 2009). En la Argentina, precisamente en la Cuenca Neuquina, la mineralización de uranio en el yacimiento Huemul, en la provincia de Mendoza, se generó a partir del potencial reductor de un tipo particular de bitumen (Brodtkorb 1966). También, la compañía Calypso Uranium ha declarado que los depósitos del Distrito Los Chihuidos están asociados a materia orgánica y bitumen. Por otra parte, sería aconsejable realizar en las futuras prospecciones, la delimitación de sectores con la presencia de petróleo biodegradado debido a que, en esta condición, el hidrocarburo incrementa notablemente su capacidad reductora.

De lo expresado surge que la provincia del Neuquén sigue alentando la expectativa de encontrar algún depósito uranífero de interés económico, quedando como desafío la búsqueda de las condiciones necesarias para su existencia.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Belluco, A., Diez, J., Antonietti, C., Achen, H. & Valerdi, C. 1974. Los depósitos uraníferos de las provincias de Mendoza y Neuquén. 5° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 35-54. Buenos Aires.
- Brodtkorb, M.K. de. 1966. Mineralogía y consideraciones genéticas del yacimiento Huemul. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 21 (3): 165-183. Buenos Aires.
- Dahlkamp, F. 1993. Uranium Ore Deposits. Springer-Verlag. Berlin – Heidelberg. Alemania.
- Giusiano, A., Franchini, M., Impicini, A. & Pons, J. 2008. Mineralización de Cu en sedimentitas mesozoicas y habitat de los hidrocarburos en la Dorsal de Huincul, Neuquén. 17° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 769-771. San Salvador de Jujuy.
- Latorre, C.O. 1962. Los yacimientos cupro-uraníferos de Rahué-Co, Neuquén, con referencia a la geología de la zona. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 17 (1-2): 105-124.
- Pons, J., Franchini, M., Giusiano, A., Impicini, A. & Godeas, M. 2009. Revista de la Asociación Geológica Argentina 64 (3): 321-333. Buenos Aires.
- Toubes, R.O., Rinaldi, C.A. & Coco, J.A. 1978. Yacimientos de minerales radiactivos. 7° Congreso Geológico Argentino. Relatorio: 241-249. Neuquén.