

# IVANA: UN NUEVO DEPOSITO DE URANIO y VANADIO CON POTENCIALIDAD ECONÓMICA, RÍO NEGRO, ARGENTINA

Guillermo P. PENSADO<sup>1</sup>, Lucía CAMPOS<sup>1</sup>, José M. RODRIGUEZ<sup>1</sup> y Ariel TESTI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Blue Sky Uranium Corp., 312-837 West Hastings St., Vancouver, Canadá (info@grossogroup.com)

## 1. Abstract

Ivana deposit is a new uranium deposit discovery at the Amarillo Grande project, Argentina. This project covers multiple uranium exploration targets at the austral border of the Neuquén basin, when the basin sequences directly overlays the Norpatagonian Massif. Ivana deposit shows characteristics of surficial and sandstone hosted uranium deposits. The mineralization observed on surface is dominated by carnotite as coatings on pebbles and sand grains, and as disseminations in poorly consolidated sandstones and conglomerates. The buried mineralization in depth is dominated by an anomalous coffinite-like uranium silicate, plus pyrite, filling pores between grains. The mineral resource, defined as inferred, was estimated on 28 million tons containing 22.7 million pounds  $U_3O_8$  and 11.5 million pounds  $V_2O_5$ . A preliminary economic assessment indicates its viability and low operating cost. More uranium vanadium occurrences are recognized along the district and represent potentially new discoveries.

## 2. Introducción

El depósito Ivana se ubica en el borde austral de la cuenca Neuquina, provincia de Río Negro, Argentina (Figura 1). Su descubrimiento fue resultado de un programa de prospección y exploración de Blue Sky Uranium Corporation (BSK). El depósito Ivana comprende mineralización de uranio y vanadio sub-aflorante en el extremo sur del proyecto Amarillo Grande, un nuevo distrito de uranio y vanadio en Argentina descubierto por BSK en 2006. Este proyecto incluye múltiples manifestaciones superficiales de uranio, entre ellas las correspondientes a Ivana, descubiertas en 2010, con mineralización de carnotita en superficie. La mineralización fue

definida inicialmente como depósitos de uranio tipo superficial, y por su distribución errática y baja ley promedio como sub-económica. Una revisión geológica iniciada en 2016, que incluyó trabajos geológicos, geofísicos y perforaciones de aire-reversa, definieron que la mineralización tipo superficial era la expresión oxidada y parcialmente movilizada de un depósito de uranio en arenisca no aflorante con contenidos de uranio y volumen de potencialidad económica. Esto llevó a un intenso programa de exploraciones entre los años 2017 y 2019, que incluyó perforaciones, definición de recursos minerales, estudios mineralógicos, ensayos metalúrgicos y una evaluación económica preliminar. Sus resultados fueron presentados en un Informe Técnico NI-43.101 Evaluación Económica Preliminar (PEA) con fecha efectiva el 27 de febrero de 2019 (Kuchling et al, 2019).

## 3. MARCO GEOLÓGICO

### 3.1. REGIONAL

El Proyecto Amarillo Grande, que incluye el depósito Ivana, se ubica en el extremo austral de la cuenca Neuquina, donde sus secuencias sedimentarias se apoyan en discordancia sobre el Macizo Norpatagónico definido como basamento del distrito e incluye unidades de edad Neo-Proterozoico a Jurásicas. Unidades sedimentarias y volcánicas de edad Cretácico Superior a Terciario representan una secuencia distal y condensada de Cuenca Neuquina, que a su vez es cubierta por depósitos sedimentarios y volcánicos del Terciario Medio a Superior. Depósitos aluviales y coluviales del Cuaternario cubren mayormente todas las unidades anteriores.

Una inversión tectónica que reactivó las estructuras del basamento del Macizo Norpatagónico durante el Cenozoico (D'Elia et al,

2012) deformó los grupos Neuquén y Malargüe, del Cretácico Superior a Terciario Superior, para luego ser cubiertos por los depósitos fluviales de la Formación Chichinales de edad Oligoceno a Mioceno Inferior. Los depósitos Miocenos y Pliocenos son interpretados como sinorogénicos al levantamiento andino (Folguera et al, 2015).

### 3.2. LOCAL

El proyecto Amarillo Grande se ubica en un corredor NW-SE cubriendo una serie de depresiones topográficas limitadas al este por el lineamiento NW-SE Bajo del Gualicho, interpretado como una zona de sutura profunda (Greco et al, 2017). El Depósito Ivana se ubica próximo a la intersección del lineamiento Bajo del Gualicho y el NE-SW Nahuel Niyeu (Gregori et al, 2008). Las unidades estratigráficas corresponden a depósitos epiclásticos y piroclásticos de la Formación Chichinales, depositados en discordancia sobre el basamento ígneo-metamórfico del Macizo Norpatagónico. La Formación Chichinales se puede diferenciar en tres miembros poco consolidados evidenciando diagénesis parcial. La mineralización de Ivana se aloja en el miembro inferior que incluye conglomerados pobremente seleccionados, areniscas tobáceas gruesas y niveles discontinuos de areniscas con cemento carbonático o niveles arcillosos. Depósitos aluviales o coluviales modernos cubren mayormente la zona.

Cuatro tipos de alteraciones fueron relacionadas al depósito Ivana: reducida, reducida carbonosa, oxidada y hematítica. La distribución de estas cuatro variaciones de alteraciones se presenta en el depósito Ivana como un típico frente de óxido reducción o complejo “roll-front”.

La mineralización de uranio y vanadio se aloja en horizontes entre la superficie y los 25 metros de profundidad. También se presenta en fracturas del basamento y su regolito en la zona de discordancia. Su distribución en planta presenta una forma de “C” y en sección vertical pueden reconocerse dos horizontes mineralizados superpuestos. La parte superior corresponde a mineralización oxidada dominada por carnotita [ $K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O$ ] y se presenta como pátinas en clastos de areniscas y conglomerados, como también finamente diseminada en la matriz. Otros minerales oxidados minoritarios identificados mediante análisis QEMSCAN® son tyuyamunita, leibegita y un mineral no identificado (posiblemente arcillas conteniendo uranio,

Edwards, 2018a). La parte inferior corresponde a mineralización primaria parcialmente oxidada, siendo el mineral más abundante una variación de cofinita [ $U(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}$ ] cuyo contenido en sílice no se corresponde con la composición teórica según los análisis SEM y QEMSCAN® (Arce, 2017 y Creighton, 2018). Ésta se encuentra diseminada en la matriz de las arenas y conglomerados. Un estudio geoquímico determinó que ~90% del uranio en el depósito Ivana se encuentra como  $U^{+6}$  (Carlevaris, 2017), confirmando que la mineralización inferior posee un proceso de oxidación marcado.

Ivana es clasificado como un modelo híbrido porque cuenta con características o similitudes a dos tipos de depósitos, superficial y en areniscas. La mineralización en superficie predominantemente de minerales secundarios de uranio y vanadio se asemeja a los depósitos superficiales de Australia y Namibia, como Yeelirrie y Langer-Henrich respectivamente (Cuney y Kyser, 2015). El nivel mineralizado inferior, que representa la mayor parte del depósito, es conformado por minerales primarios en proceso de oxidación. Estos minerales primarios se relacionan a un frente de óxido-reducción bien marcado y semejan a los depósitos en areniscas del Colorado Plateau en USA (Cuney y Kyser, 2015). Por la distribución de la mineralización y su relación con las rocas del basamento, suma características de los subtipos “canal basal” y “roll-front”.

## 4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

### 4.1. Trabajos Exploratorios

Entre los años 2016 y 2019, BSK desarrolló un intenso programa de exploración que incluyó: geofísica mediante tomografía eléctrica (ET) con arreglo Polo-Dipolo; perforaciones de aire reverso con 488 sondajes verticales totalizando 8.792 metros; muestreos metro a metro; y perfilajes con sonda radimétrica. También se realizaron análisis mineralógicos con microscopio electrónico de barrido y QEMSCAN® (Arce, 2017, Creighton, 2018 y Edwards, 2018a). Ensayos metalúrgicos preliminares se realizaron en INVAP S.E. en 2017, y Saskatchewan Resource Council en 2018 (Carlevaris, 2017 y Edwards, 2018b). Se definió así un proceso sencillo y económico que incluye una preconcentración física por lavado con atrición, seguido de lixiviación alcalina. La recuperación final promedio, incluyendo la

concentración física y lixiviación química, es de 84.6% uranio y 52.5% vanadio (Edwards, 2018b).

#### 4.2. Estimación de Recursos Minerales

Una estimación de recursos minerales en el depósito Ivana fue llevada a cabo por consultores certificados independientes, quienes se ajustaron conforme a las guías y prácticas del Instituto Minero, Metalúrgico y Petrolero Canadiense (CIM, Kuchling et al, 2019). Los recursos, clasificados como recursos minerales inferidos, totalizaron 28 millones de toneladas mineralizadas con una ley media de 0.037%  $U_3O_8$  y 0.019%  $V_2O_5$ , representando un contenido de 22.7 millones de libras de  $U_3O_8$  y 11.5 millones de libras de  $V_2O_5$ .

#### 4.2. Evaluación Económica Preliminar

Para la evaluación económica preliminar, se consideró que el depósito Ivana podría ser minado por métodos convencionales, con una vida operativa de 13 años y producción anual promedio de 1.35 millones de libras  $U_3O_8$  y 0.5 millones de libras  $V_2O_5$ , totalizando una producción de 17.5 millones de libras de  $U_3O_8$  y 6.5 millones de libras de  $V_2O_5$ . La inversión de capital estimada es de US\$ 128 millones para su construcción y US\$35.4 millones para mantenimiento productivo (~30% de contingencias). Los costos operativos promedio, incluyendo los créditos por vanadio, son de US\$ 18.27 y US\$ 16.24 por libra  $U_3O_8$  (AISC o cash, créditos incluidos). El valor neto presente es de US\$135.2 millones (tasa 8%), con una tasa interna de retorno de 29.3% y un tiempo de recuperación de inversión de 2.4 años.

### 5. Conclusiones

El depósito Ivana representa el mayor descubrimiento de depósitos de uranio en Argentina en los últimos 40 años. A su vez, el proyecto Amarillo Grande representa un nuevo distrito de uranio y vanadio que incluye un importante número de ocurrencias superficiales. El estudio económico preliminar indica la viabilidad económica del depósito Ivana gracias a costos operativos muy bajos, dentro del primer cuartil a nivel mundial y comparables a costos operativos productivos en depósitos de recuperación "in situ". Las múltiples manifestaciones de minerales de uranio y vanadio reconocidas a lo largo de todo el proyecto Amarillo Grande pueden representar la expresión superficial de múltiples depósitos y

generar un distrito potencialmente productivo de importancia mundial, donde el depósito Ivana representa su primer descubrimiento.

#### Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la empresa Blue Sky Uranium por autorizarnos a publicar información de su proyecto Amarillo Grande. Muy especialmente al "Chairman of the Board", Sr. Joseph Grosso, y a todo el equipo de campo y administrativo que forman parte de este descubrimiento tan importante para el país y la generación de energía limpia para un mundo mejor.

#### Referencias

- Arce, M. 2017. Estudio sobre las muestras AGI-100- arenas; AGI-100-pelitas y AGI-100-MO mediante microscopía electrónica de barrido y difracción de RX. Universidad Nacional de Río Negro-CONICET. Inédito para Minera Cielo Azul S.A. 17 páginas.
- Carlevaris, R. 2017. Proyecto Amarillo Grande, Sector Ivana 8, Informe Técnico Ensayos Metalúrgicos Uranio y Vanadio. 0289-3DGU-EICCI-001-A, Invap. Inédito para Minera Cielo Azul S.A. 43 páginas.
- Creighton, S. 2018. QEMSCAN Analysis: Saskatchewan Research Council, Mining and Minerals, SRC Publication 13478-9C18. Inédito para Blue Sky Uranium Corp. 16 páginas.
- Cuney, M. y Kyser, K. 2015. Geology and Geochemistry of Uranium and Thorium Deposits. Mineralogical Association of Canada, v. 46, ch. 2, p. 15-37.
- D'Elia, L., Muravchik, M., Franzese, J. y Lopéz, L. 2012. Tectonostratigraphic analysis of the Late Triassic-Early Jurassic syn-rift sequence of the Neuquén Basin in the Sañicó depocenter, Neuquén Province, Argentina: Andean Geology, v.39, p. 133-157.
- Edwards, C. 2018a. Analysis of SRC QEMSCAN mineralogical data. Extractive Metallurgy Consulting. Inédito para Blue Sky Uranium Corp. 9 páginas.
- Edwards, C. 2018b. Analysis of SRC Mill Feed and Alkaline Leach Tests. Extractive Metallurgy Consulting. Inédito para Blue Sky Uranium Corp. 5 páginas.
- Folguera, A., Zárate, M., Tedesco, A., Dávila, F. y Ramos, V. 2015. Evolution of the Neogene Andean foreland basins of Southern Pampas and

Northern Patagonia (34°-41°S), Argentina. Elsevier; Journal of South American Earth Sciences, 64, Part 2, 12-2015, 452-466.

Greco, G., González, S., Sato, A., González, P., Basei, M., Llambias, E. y Varela, R. 2017. The Nahuel Niyeu basin: A Cambrian forearc basin in the eastern North Patagonian Massif: Journal of South American Earth Sciences, v79, p. 111-136

Gregori, D., Kostadinoff, J., Strazer, L. y Raniolo, A. 2008. Tectonic significance and consequences

of the Gondwanide orogeny in northern Patagonia, Argentina. Elsevier Science; Gondwana Research, 14, 3, 10-2008, 429-450.

Kuchling, K., Thorson, J., Edwards, C., Davis, B., Embree, K., y Lomas, s. 2019. Preliminary Economic Assessment for the Ivana Uranium – Vanadium Deposit, Amarillo Grande Project - NI 43-101 Technical Report for Blue Sky Uranium Corp. Publicado en [www.sedar.com](http://www.sedar.com): 194 páginas. Canadá.

## Ilustraciones

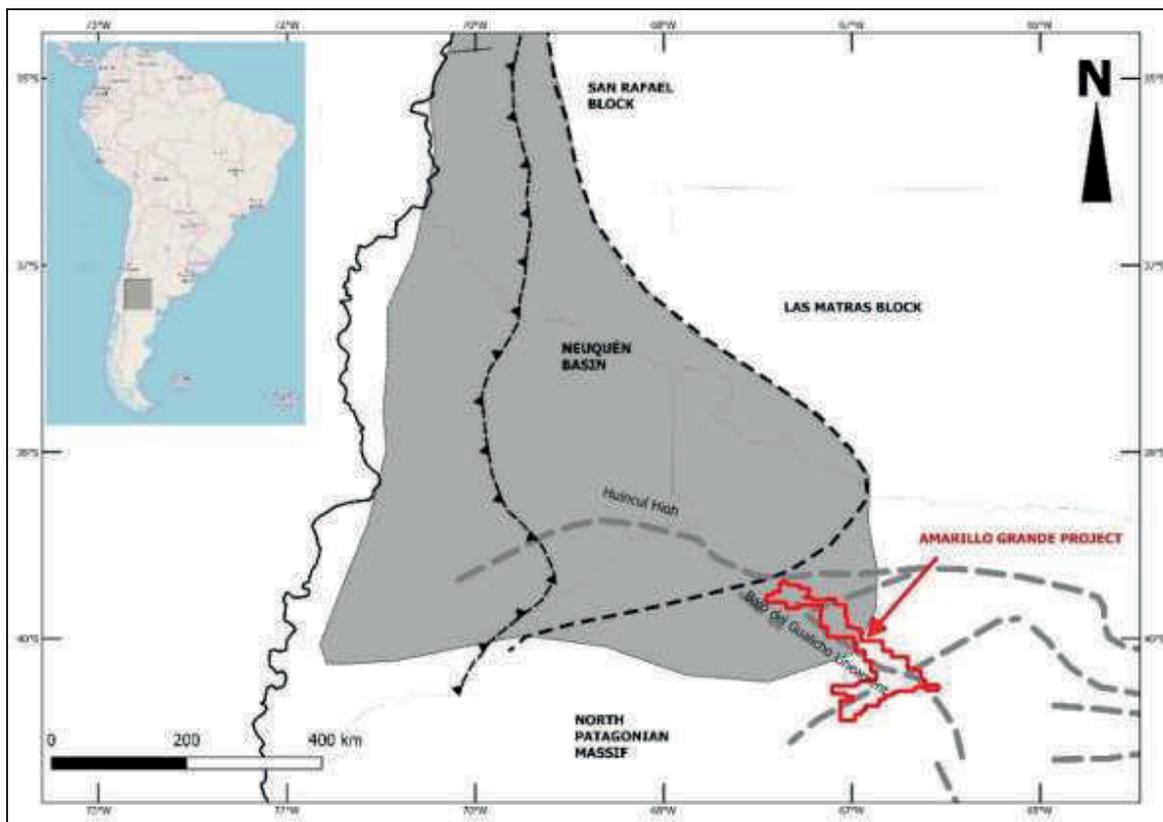


Figura 1. Ubicación del Proyecto Amarillo Grande en relación con las principales estructuras morfo-tectónicas (líneas discontinuas) en la región centro oeste de la República Argentina (modificado de Gregori et al, 2008)