



Una mirada a la minería del uranio por lixiviación in situ (ISL)

¿En qué se basa la ISL?

La tecnología *Lixiviación In Situ* (ISL, por sus siglas en inglés), comprende la extracción de *uranio* de la roca hospedante por medio de *soluciones químicas lixiviantes* y su recuperación en la superficie. En general, la mineralización uranífera se encuentra en una formación sedimentaria dominada por areniscas altamente permeables, situada en un acuífero confinado y saturado. La minería ISL se realiza mediante los siguientes pasos básicos: inyección de una solución lixiviante adecuada; oxidación, formación de complejos y movilización del uranio; recuperación de la solución a través de pozos de producción, la que es llevada a la superficie; y finalmente, procesamiento y precipitación del concentrado de óxidos de uranio. Debido a las características químicas del uranio, las soluciones pueden ser de carácter ácido (por ejemplo, ácido sulfúrico), alcalino (por ejemplo, carbonato y bicarbonato de sodio) o simplemente consistir en la utilización de oxígeno y dióxido de carbono, añadiéndose además agentes oxidantes para mantener al uranio como complejos solubles. La elección de los reactivos depende de diversos factores, entre ellos: composición de la roca hospedante y de la mineralización, consumo y costo de los reactivos, recuperación de uranio e intensidad de lixiviación, consideraciones ambientales. Las principales ventajas ambientales de ISL radican en producir una perturbación mínima del suelo y en evitar pilas de roca estéril y de relaves que requieren una gestión a largo plazo. Por otro lado, el factor crítico de mayor relevancia está asociado a la preservación, el monitoreo y la remediación del agua subterránea afectada a la producción.

Evolución histórica

Los orígenes de la minería del uranio por ISL se remontan a principios de la década de 1960, cuando esta tecnología fue desarrollada de manera independiente por la ex Unión Soviética (Ucrania, Uzbekistán) y EUA, utilizando enfoques ingenieriles y tecnológicos similares. En décadas posteriores se sumaron a esta iniciativa otros países, tales como Kazajstán, Bulgaria, la entonces Checoslovaquia, China y Australia. Desde 2000, la ISL ha crecido de manera sostenida, principalmente por el aporte de Kazajstán, pasando



Autor:

Luis López

Geólogo con Máster en Ciencias
 Especialista en Recursos Nucleares
 con más de 35 años de experiencia
 en el Sector Nuclear

Ex Gerente de Exploración de
 Materias Primas (CNEA)

Consultor IAEA

Miembro del Grupo del Uranio
 NEA/OECD-IAEA

Miembro del Directorio del Grupo
 de Expertos para el Manejo de
 Recursos UNECE

Profesor IDB y UBA

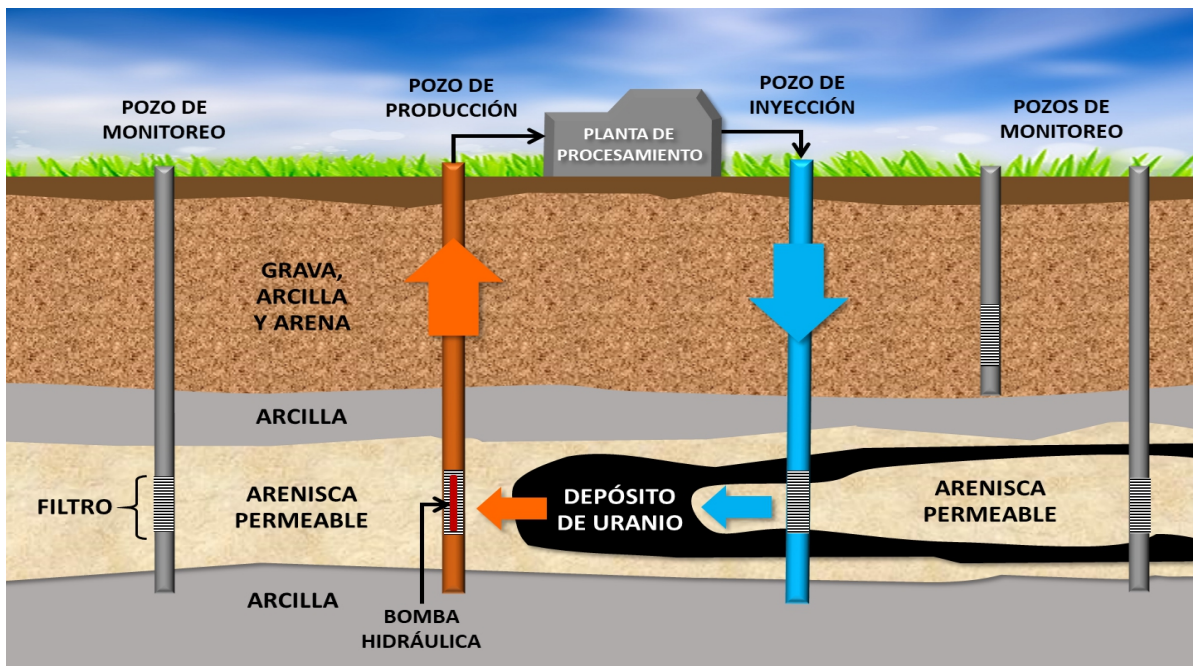


de una participación del 16% al 57% en 2019, cuando la producción mundial de uranio alcanzó las 54.200 tU. Durante el mismo año, el resto de la producción correspondió un 20% a la minería subterránea, un 16% a la minería a cielo abierto y el 7% restante provino del uranio obtenido como subproducto de la extracción polimetálica. En la actualidad,



ISL en Beverley, Heathgate Resources Pty Ltd, Australia.

otros países productores por esta técnica minera son Australia, Uzbekistán, Rusia y EUA, además de China, que está migrando toda su producción hacia ISL. El aumento de la participación global de ISL también ha involucrado notables mejoras tecnológicas y en el cuidado del ambiente, tales como métodos microsísmicos para la detección de areniscas de baja profundidad; utilización de bacterias en el proceso productivo; purificación y reutilización de soluciones químico-mineras; incremento de las tasas de recuperación de uranio; evaluación de la extracción integral de subproductos; monitoreo espacial y temporal de lixiviantes; aprovechamiento de mineralizaciones situadas a más de 800 m.



Esquema de la recuperación de uranio por ISL.

Sus perspectivas en la Argentina

El país posee cuencas sedimentarias favorables para la exploración de depósitos uraníferos tipo arenisca, que en ambientes geológicos similares de otros lugares del mundo albergan importantes yacimientos productores por ISL. Entre 2005 y 2014, considerando la favorabilidad apuntada y la situación ISL de la época, la CNEA formuló, diseñó y llevó a cabo un *proyecto de cooperación técnica del IAEA*. Dicho proyecto tuvo como objetivo adquirir capacidades innovadoras en el campo de la exploración, evaluación de recursos y viabilidad de la extracción de uranio por ISL, teniendo en cuenta la preservación del ambiente, las cuestiones regulatorias y la interacción con las partes involucradas. Además de la transferencia tecnológica, dentro de los resultados de esta cooperación se formularon distintos proyectos de exploración que están activos al presente, teniendo en mente la potencial recuperación del uranio por ISL para la fabricación de combustible nuclear. En la Cuenca Neuquina (Río Negro), la recopilación de información de la industria petrolera, prospecciones geoquímicas y geofísicas, y la exploración geológica preliminar mediante perforaciones, permitieron definir recursos pronosticados de uranio con potencial aprovechamiento por ISL. En una etapa de exploración más avanzada, en el distrito Cerro Solo (Chubut), se han determinado recursos pronosticados de uranio localizados en acuíferos confina-

dos que poseen contenidos de uranio y dióxido de carbono, que configuran un modelo de ISL natural. Finalmente, a nivel de investigación y desarrollo se han abordado estudios preliminares en el sitio Don Otto (Salta), persiguiendo el objetivo de recuperar parte del uranio remanente de la antigua mina subterránea, más la posibilidad de evaluar parámetros para contar con una alternativa ISL que pueda ser aplicable en otras localidades del distrito.

Conclusiones

Los cambios tecnológicos más significativos en el sector del ciclo productivo del uranio de los últimos 20 años han consistido en la transición desde la extractiva de roca sólida, a la recuperación de líquidos por ISL, con técnicas cada vez más amigables con el ambiente. En la Argentina, atendiendo a los desarrollos tecnológicos alcanzados a nivel mundial, como al potencial uranífero del país en cuencas sedimentarias, se entiende que la ISL constituye una alternativa altamente sustentable para la producción de uranio en un futuro previsible.

ABREVIATURAS

CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica
 IAEA: Sigla en inglés de Organismo Internacional de Energía Atómica
 IDB: Instituto Dan Beninson
 NEA: Sigla en inglés de Agencia de Energía Nuclear
 OECD: sigla en inglés de Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económicos
 UBA: Universidad de Buenos Aires
 UNECE: Sigla en inglés de Comisión de Economía de las Naciones Unidas para Europa