

# Situación actual y perspectivas

Diciembre 2016

Informe especial



## Mercado de Uranio



Ministerio de Energía y Minería  
Presidencia de la Nación

Dirección de Economía Minera  
Dirección Nacional de Promoción Minera  
Subsecretaría de Desarrollo Minero  
Secretaría de Minería



## Autoridades

### **Ministro de Energía y Minería**

Ing. Juan José Aranguren

### **Secretario de Minería**

Lic. Daniel Meilán

### **Subsecretario de Desarrollo Minero**

Ing. Mario Capello

### **Director Nacional de Promoción Minera**

Geol. CP. Daniel Jerez

### **Director de Economía Minera**

Lic. Horacio Lazarte

## Equipo de trabajo

Lic. Geol. Tay Such, Geol. Emilio Toledo, Dr. Geol. Héctor Colón, Lic. Víctor Delbuono, Florencia Agatiello



# Uranio

## Informe especial

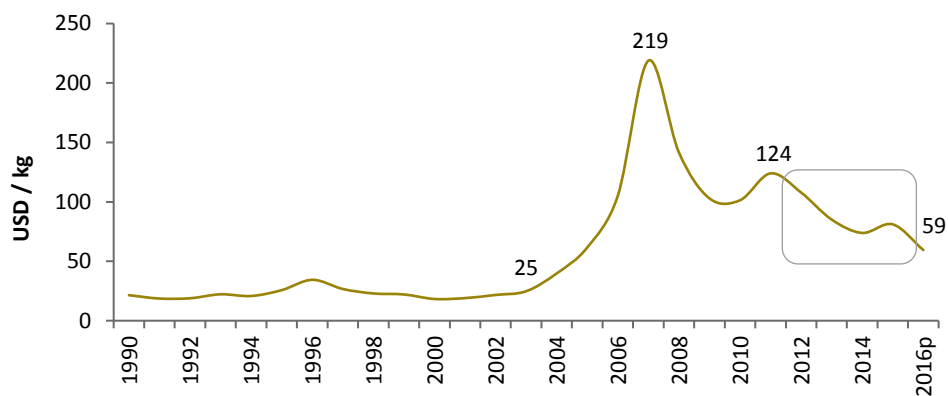
Diciembre 2016

### Mercado del Uranio

El 95% de la producción mundial de uranio es usado casi exclusivamente para fabricar combustible nuclear y el 5% restante corresponde al uso en medicina, industria aeroespacial, electrónica, entre otras aplicaciones. El producto final de la mina es el concentrado de óxido de uranio (genéricamente U3O8 o UOC), que debe atravesar luego varios procesos para convertirse en combustible nuclear.

Es importante destacar que la compra del uranio se realiza generalmente en forma directa en las minas; luego deben contratarse separadamente los servicios de conversión, enriquecimiento y fabricación del combustible nuclear. De aquí surge la diferencia en el precio final entre el Uranio enriquecido y el Uranio natural.

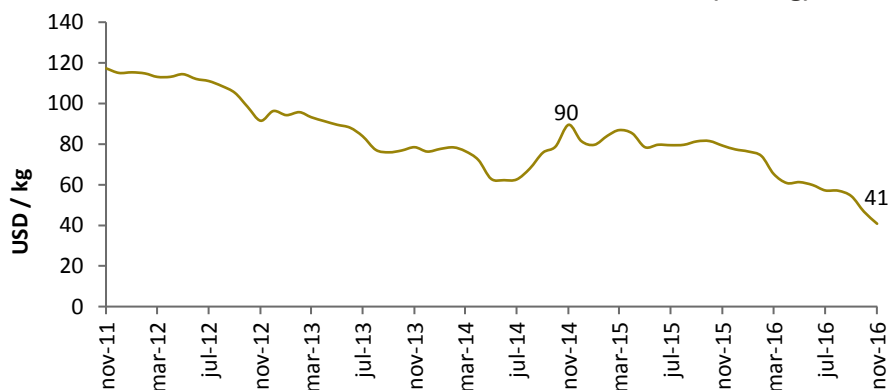
Gráfico 1: EVOLUCIÓN PRECIO DEL URANIO ANUAL (USD/kg)



Fuente: Elaboración propia con base en Index Mundi

La evolución de los precios del Uranio ha sido declinante durante los últimos años, siendo el promedio de 11 meses de 2016 de 59,43 USD/kg tras haber alcanzado un pico de 218,78 USD/kg en 2007.

Gráfico 2: EVOLUCIÓN PRECIO DEL URANIO MENSUAL (USD/kg)



Fuente: Elaboración propia con base en Index Mundi



La gran importancia de este elemento reside en ser el punto de partida del ciclo del combustible nuclear y, en consecuencia, de la generación nucleoelectrónica. De esta manera, los recursos de uso nuclear adquieren un valor estratégico de suma relevancia más allá de su costo en el mercado internacional, conformando una contribución crítica a la sostenibilidad y seguridad energética, con el objeto de dar respuesta a la creciente demanda de energía libre de emisiones de dióxido de carbono. Debe considerarse, además, que la materia prima (uranio natural) representa entre el 5% y el 7% del costo de generación de energía nuclear.<sup>1</sup>

La demanda del uranio, en general, no es particularmente sensible al ciclo económico, ya que la decisión de invertir en una central nuclear tiene un extendido horizonte de ejecución, no menor a 25/30 años. Por otro lado, cualquier tipo de generación de energía, pero principalmente la nuclear, se ve afectada por las decisiones y estrategias políticas de los gobiernos.

## Oferta

La producción mundial de Uranio metálico en 2015 fue del orden de las 60.500 tU (toneladas de uranio) y provino casi en su totalidad de recursos convencionales (UOC). Ello cubre aproximadamente el 85% de la demanda de los 444 reactores (71.400 tU en 2015) en operación en el mundo, que aportan el 11% de la energía eléctrica global (que en el caso argentino promedia el 5% de la matriz eléctrica). El 15% restante de la demanda de reactores es satisfecha con stocks preexistentes, tanto civiles como militares (stocks almacenados por gobiernos o provenientes del desarme nuclear), y con las denominadas fuentes de recuperación secundaria constituidas por el combustible gastado y las colas del proceso de enriquecimiento.

El 98,2 % de la producción mundial se concentra en diez países, principalmente Kazajstán, Canadá, Australia, Níger, Rusia, Namibia y Uzbekistán ([gráfico 3](#)), en tanto que los mayores consumidores y, por ende, grandes usuarios de energía nuclear, son Estados Unidos, Francia, China, Rusia, Japón y Corea del Sur.

Cabe destacar que Argentina integra el reducido número de diez (10) países que dominan el **Ciclo de Combustible**, pero actualmente no se desarrolla la cadena completa en el país (no se llevan a cabo las actividades de explotación y concentración de uranio) debido a conflictos socio-políticos, legales y medioambientales.

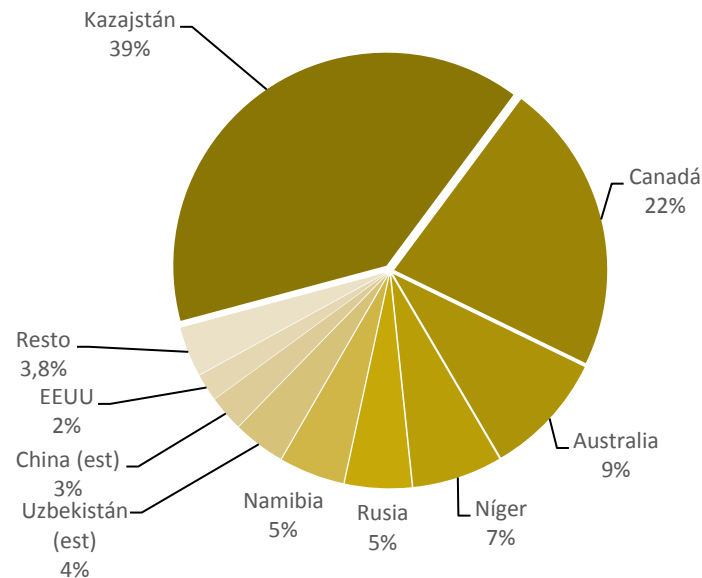
Tabla 1: PRODUCCIÓN MUNDIAL DE URANIO (toneladas)

País	2014	2015	variación %
<b>Total</b>	<b>56.042</b>	<b>60.497 ↑</b>	<b>7,95%</b>
Kazajstán	23.127	23.800	2,9%
Canadá	9.134	13.325	45,9%
Australia	5.001	5.654	13,1%
Níger	4.057	4.116	1,5%
Rusia	2.990	3.055	2,2%
Namibia	3.255	2.993	-8,0%
Uzbekistán (est)	2.400	2.385	-0,6%
China (est)	1.500	1.616	7,7%
EEUU	1.919	1.256	-34,5%
Resto del mundo	2.659	2.297	-13,6%

Fuente: Elaboración propia con base en WNA

<sup>1</sup> Luis López: <http://www.inversorenergetico.com.ar/es-hora-de-retomar-la-produccion-local-de-uranio/>

**Gráfico 3: PARTICIPACIÓN EN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE URANIO (2015)**



Fuente: Elaboración propia con base en WNA

Dados los precios bajos que rigieron para el uranio en los últimos años, sólo han entrado en operación extractiva aquellos proyectos cuyas inversiones de capital se encontraban en estado avanzado, por lo que se espera cierta continuidad de la producción hasta 2020. Luego, ante la eventual falta de otros emprendimientos, es esperable una declinación.

Al precio *Spot* actual, cabe mencionar que pelagra la subsistencia de importantes operaciones como Ranger y Rossing (Rio Tinto), las explotaciones de Areva en Níger, o Kayalekera (Paladin Ltd.), que contabilizan en torno al 25% del suministro global. A su vez, importantes proyectos, como Trekkopje o Imouraren (Areva), la expansión de Olympic Dam (BHPB), o Mkuju River (U1) estarán suspendidos hasta que el precio alcance los 143-154 USD/kg.

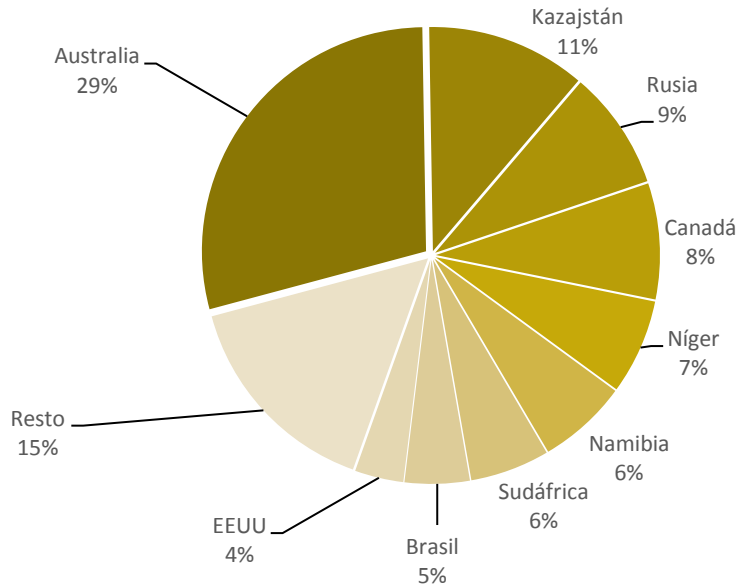
Ante esta situación y considerando la demanda proyectada, en la próxima década se vislumbran dos factores:

- Un incremento del precio del uranio y como consecuencia un repunte de la actividad exploratoria y productiva;
- La posibilidad de tener que recurrir a una mayor participación de las fuentes de recuperación secundaria, en particular, la re-recuperación a partir de las colas del proceso de enriquecimiento, material considerado de costo minero extractivo cero.

En cuanto a las reservas mundiales conocidas y económicamente explotables a nivel mundial (según datos de 2013 de la *World Nuclear Association*, WNA), estas alcanzarían las 5,9 millones de toneladas, con un ratio de Reservas/Producción para casi 100 años (97,57 en base a producción 2015). Australia lidera el ranking de reservas con casi la tercera parte de las mismas (29%), seguida por Kazajstán (11%), Rusia (9%) y Canadá (8%).



**Gráfico 4: RESERVAS MUNDIALES RECUPERABLES DE URANIO (2013)**



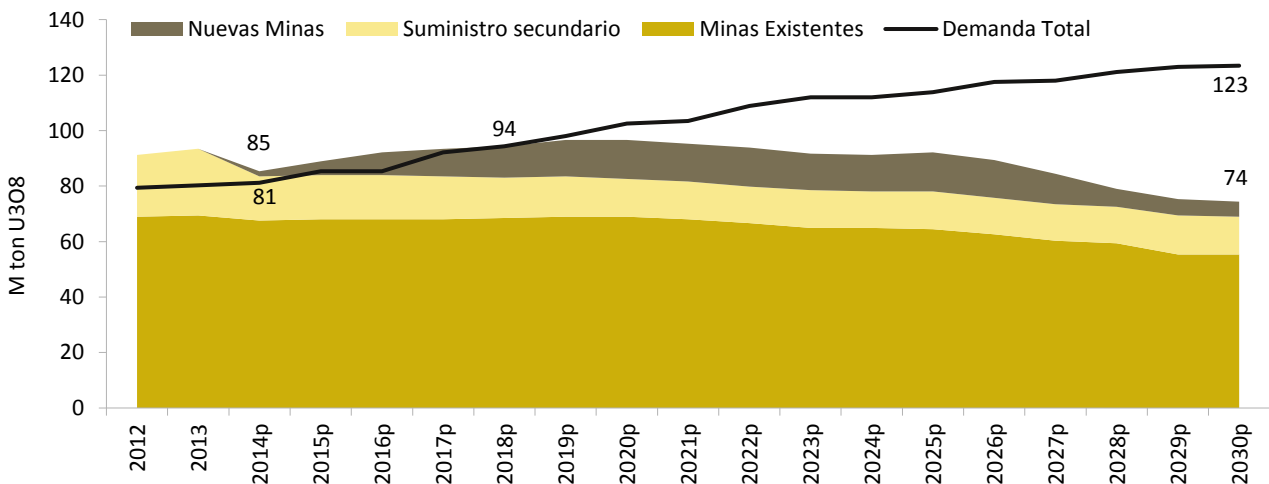
Fuente: Elaboración propia con base en WNA

## Demanda

Respecto a la demanda para los próximos 20 años, los recursos identificados existentes serían más que suficientes para satisfacerla. Sin embargo, uno de los problemas más relevantes residiría en si los proyectos productivos podrían ponerse en marcha en tiempos adecuados para llegar a cubrir los requerimientos, teniendo en cuenta que el tiempo desde el descubrimiento y la evaluación de un recurso hasta su puesta en producción muy difícilmente es inferior a los 20 años.

Además, es menester considerar que solo la mitad de los recursos existentes, según los registros históricos, estaría efectivamente disponible, ya que existen condicionamientos de distinta índole y no menos importantes, como geopolítica, social, ambiental, tecnológica, económica, que limitan la puesta en operación de los proyectos productivos. Esto produciría una brecha entre la demanda proyectada y la oferta disponible en el mediano plazo (gráfico 5), generando tensiones sobre los precios.

**Gráfico 5: PROYECCIÓN DE LA OFERTA Y LA DEMANDA MUNDIAL DE URANIO (2012-2030)**

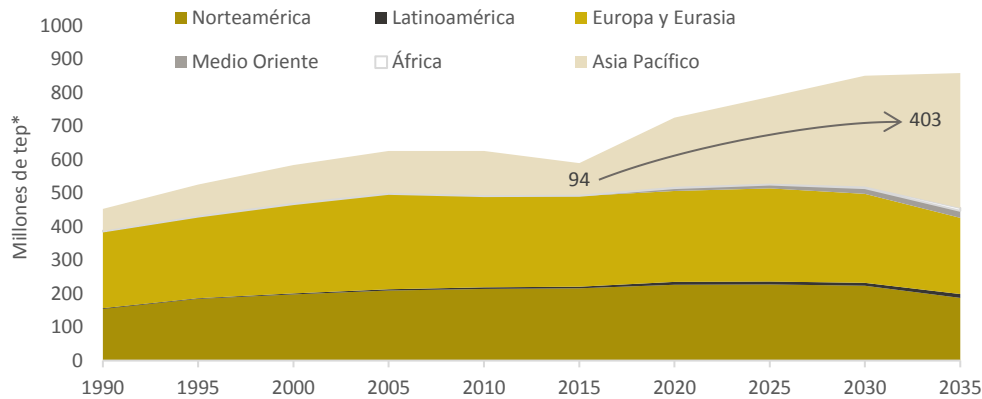


Fuente: Elaboración propia con base en Berkeley (2015) | Raymond James Ltd., UxC, NIW, WNA, Company reports.



El consumo de uranio para generación eléctrica proyectado es creciente. Luego de la caída observada tras el accidente de Fukushima en 2011, se espera una recuperación especialmente en la región Asia Pacífico (gráfico 6) compensando la caída en Europa tras los anuncios, como el de Alemania, de cierre de centrales.

**Gráfico 6: PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE COMBUSTIBLE NUCLEAR PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA (1990-2035)**



Fuente: Elaboración propia con base en BP Outlook 2016 | \*tep = toneladas de petróleo equivalente

La demanda será impulsada por varios proyectos en construcción o la extensión de vida útil de antiguas centrales, siendo las principales incorporaciones por país<sup>2</sup>:

- China: 20 nuevos reactores entraron en producción entre 2002 y 2014. Otros 30 reactores están actualmente en construcción, que duplicarán la capacidad de generación de energía nuclear.
- India: 6 reactores en construcción y otros 22 planificados y/o próximos a comenzar. Su objetivo es triplicar la capacidad de generación de energía.
- Rusia: 9 reactores en construcción y 22 más planificados.
- Corea del Sur: 12 nuevos reactores planificados y/o próximos a construir.
- Europa: Varios países planean extender la vida de sus centrales actuales (entre ellos España, Hungría, Eslovaquia y Polonia)
- Estados Unidos: 19 nuevos reactores en los últimos 15 años. Otros 5 en construcción.

## Estructura y mecanismos de precios

A diferencia de muchos otros metales, el uranio no se comercializa (excepto en contratos futuros) en una Bolsa de Valores, sino que se realiza en forma privada mediante contratos entre compradores (el generador de energía) y vendedores (la mina de uranio o en algunos casos el enriquecedor o el fabricante del combustible nuclear).

La estructura de los contratos entre comprador y vendedor puede variar significativamente en función de si se utiliza un precio fijo o, alternativamente, un precio basado en varios valores de referencia con correcciones económicas incorporadas. Más de un 80% del uranio se comercializa mediante estos contratos, y duran entre 3 y 15 años. Es importante mencionar que las centrales nucleares no declaran sus estrategias de

<sup>2</sup> Francisco Bellón, 2015 – “El mercado del uranio” – Berkeley Resources Ltd.



compra. Normalmente almacenan de 2 a 3 años de inventario y, en adición, siempre existen unos 2 años de consumo de material dentro del ciclo nuclear.

El precio *Spot* (precio al contado) del uranio se aplica a las transacciones marginales que ocurren diariamente y sólo representa menos de un 20% de la oferta del uranio. Como se mencionó anteriormente, el uranio, por lo general, no se comercializa en una Bolsa de Valores, por lo que los productores de uranio toman el precio *Spot* de dos empresas consultoras: UxConsultingCompany LLC (UxC) y TradeTech. Ambas empresas utilizan datos del mercado para determinar el precio más competitivo posible disponible. El precio *Spot* al momento de la entrega es uno de los precios de referencia incluidos en los contratos.

Por otro lado, es posible comprar y vender un contrato de uranio a futuro (en la forma de U3O8<sup>3</sup>) a través de la Bolsa Mercantil de Nueva York (NYMEX). Su nombre oficial es UxCUranium 308 Futures – y el símbolo para el uranio es UX. Cada contrato incluye una cantidad de uranio de 250 libras y la transacción se efectúa durante 60 meses seguidos. El precio de liquidación del contrato se basa en el índice de la empresa consultora UxC.

“La importación de uranio exige, en determinadas circunstancias, realizar grandes erogaciones para aprovechar los mejores precios, dadas las fluctuaciones del mercado, o para comprometer con mucha antelación cantidades importantes para asegurar la provisión”<sup>4</sup>

## Panorama Local

En Argentina, el consumo para los 3 reactores a plena potencia (Atucha I, Atucha II y CN Embalse), es de aproximadamente 250 toneladas anuales de Uranio. Además se proyecta la construcción de otro generador de tipo CANDU (Canadian Deuterium Uranium), similar a la CN Embalse, que requeriría 80 tU/año adicionales.

De las 250 tU para los 3 primeros reactores, 220 toneladas son de U natural (99,3 % de U238 y 0,7 % de U235<sup>5</sup>) y las 30 tU restantes son las que se necesitan para enriquecimiento del producto final. Para generar el combustible, se importan concentrados de óxidos de Uranio (UOC o *yellow cake*), el cual es el producto final de una mina de uranio, que contiene aproximadamente un 85% de U natural. Este concentrado es purificado químicamente a UO<sub>2</sub> en Dioxitek S.A. (Córdoba) y luego transportado a CONUAR S.A. (Ezeiza) en donde el NU (uranio natural 0,7% U-235) se mezcla con una pequeña cantidad de LEU (Uranio Levemente Enriquecido) importado (3-4% U-235) para manufacturar el combustible de Atucha I. Para el funcionamiento de Embalse y Atucha II se usa sólo U natural.<sup>6</sup>

Para realizar un análisis de beneficios-desventajas de producir U3O8 en Argentina debe considerarse que el mercado del uranio en el mundo difiere del resto de las *commodities*. En este caso no sólo debe evaluarse el precio *Spot* del mismo (actualmente en torno a 40 USD/kg [gráfico 2](#)) sino que es importante considerar los costos de importación que Argentina actualmente está pagando, teniendo en cuenta -además- el contexto del mercado mundial, las proyecciones a futuro, la tecnología disponible y los marcos legales.

<sup>3</sup> Concentrado de óxido de uranio

<sup>4</sup> Hugo a. Palamidessi, septiembre 2006 “Uranio en Argentina, Energías Alternativas”

<sup>5</sup> U238 y U235 son los isótopos que componen el uranio natural. A mayor enriquecimiento del uranio, mayor es la proporción de U235.

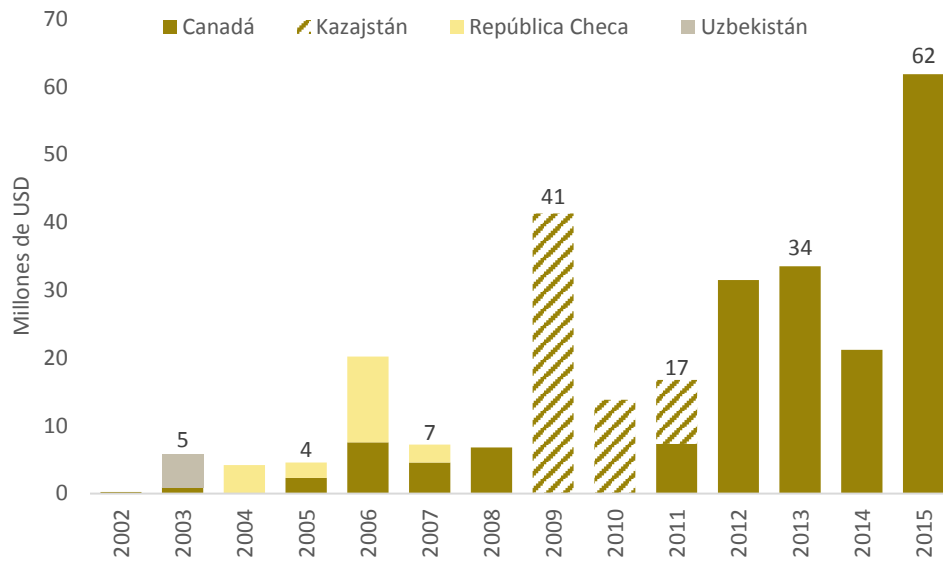
<sup>6</sup> Luis López, septiembre 2016 “Situación actual y perspectiva de los recursos minerales para combustible nuclear – CNEA”





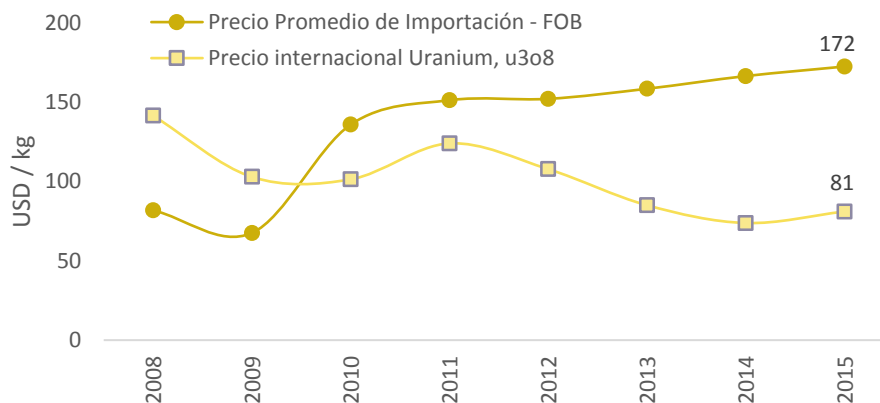
Durante 2015 Argentina importó Uranio por 61.862.878 USD a un precio promedio FOB de 172,4 USD/kg.

**Gráfico 7: EVOLUCIÓN DE IMPORTACIONES DE URANIO ARGENTINAS Y PAÍS DE ORIGEN (2002-2015)**



Fuente: Elaboración propia con base en INDEC | Index Mundi

**Gráfico 8: EVOLUCIÓN PRECIO DE IMPORTACIÓN ARGENTINO Y PRECIO INTERNACIONAL (USD/KG)**



Fuente: Elaboración propia con base en INDEC | Index Mundi

## Recursos en Argentina

La actividad exploratoria de uranio en el territorio nacional, a fin de asegurar los recursos necesarios para cubrir los requerimientos internos, es desarrollada por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Ello constituye el inicio del denominado Ciclo de Combustible, que incluye la exploración de minerales nucleares, la extracción del uranio, la obtención de concentrado de uranio (*yellow cake*), la conversión a dióxido de uranio, la fabricación de elementos combustibles, la producción de Agua Pesada y la gestión de los elementos combustibles una vez retirados del reactor.



Desde el año 1997, cuando se suspendió la extracción y producción de concentrado de uranio en el yacimiento Sierra Pintada, Dpto. San Rafael, Prov. de Mendoza -suplantando la materia prima nacional por importada- la CNEA no ha mantenido ningún yacimiento en actividad.

En agosto de 2006, el Estado Nacional relanza el Plan Nuclear Argentino con el objetivo de consolidar la opción nuclear como fuente de generación eléctrica y la ampliación del desarrollo de otras aplicaciones como la salud pública, la agricultura y la industria. Para ello se evaluó impulsar la Minería del Uranio. Merece destacarse que la exploración por minerales nucleares desarrollada por CNEA, en la última década, se realizó simultáneamente con iniciativas del sector minero privado mediante la liberación de propiedades (que estaban en manos de la CNEA) y su concesión, junto a otras áreas, por parte de las autoridades concedentes de los gobiernos provinciales.

En materia de minerales nucleares, en la Argentina, la CNEA informó la existencia de aproximadamente 20.000 tU como recursos identificados, para costos de producción < USD 130 /kgU. A este valor se adicionan los recursos reportados por compañías mineras que cuentan con la certificación NI 43-101, alcanzándose una cifra de más de 31.000 tU.

Tabla 2. RECURSOS DE URANIO IDENTIFICADOS EN ARGENTINA

Yacimiento	Provincia	Tipo	RAR tU ≤ USD 130/kgU	IR tU ≤ USD 130/kgU
Sierra Pintada (CNEA)	Mendoza	Relacionado a ambientes volcánicos	3.900	6.110
Cerro Solo (CNEA)	Chubut	Alojados en areniscas	4.420	4.810
Don Otto (U3O8 Corporation)	Salta	Alojados en areniscas	130	300
Laguna Colorada (U3O8 Corporation)	Chubut	Relacionado a ambientes volcánicos	100	60
Laguna Salada (U3O8 Corporation)	Chubut	Superficial	2.430	1.460
Meseta Central (UrAmerica Ltd.)	Chubut	Alojados en areniscas	-	7.965
<b>Subtotal</b>			<b>10.980 tU</b>	<b>20.705 tU</b>
<b>Total</b>			<b>31.685 tU</b>	

RAR e IR corresponden respectivamente a los recursos razonablemente asegurados y los recursos inferidos, con un precio menor o igual a 130 USD/kg.

Fuente: OECD/NEA - IAEA, 2014 | U3O8 Corp, 2012 | UrAmerica, 2013 | CNEA, 2012-2014

Desde el punto de vista geológico, estos recursos se encuentran en depósitos de tipo arenisca, volcánico y superficial. En lo que hace a recursos no descubiertos, de acuerdo con el actual conocimiento geológico y metalogénico de las principales unidades de investigación de favorabilidad uranífera del territorio nacional, están evaluados en 80.000 tU<sup>7</sup>.

En el caso particular de Laguna Salada (Chubut), la empresa U3O8 Corp., publicó un informe (PEA NI-43-101) en el 2014 disponible en SEDAR, y en el cual se destaca lo siguiente:

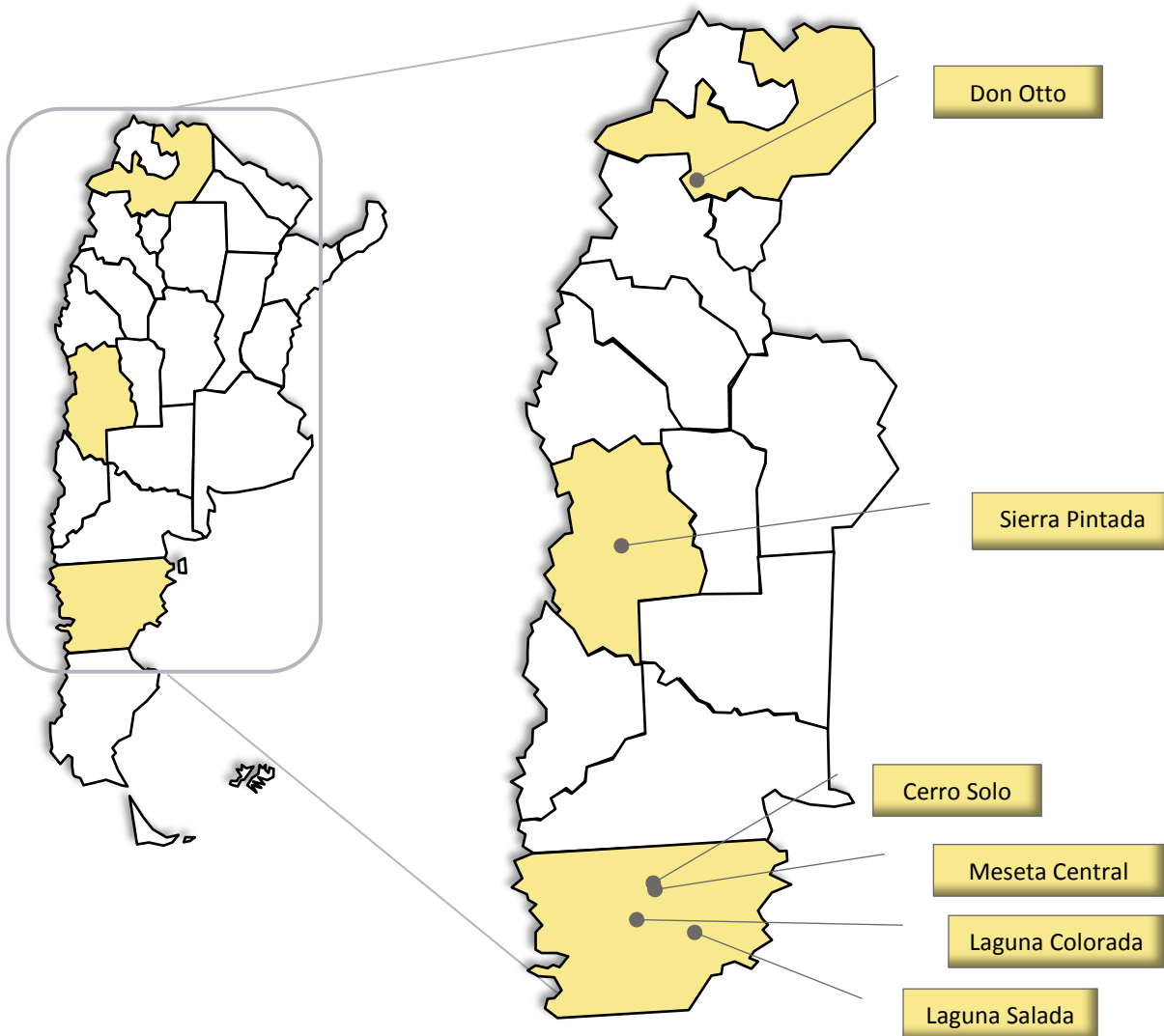
<sup>7</sup> Luis López, Íbidem



- El informe se realiza sobre Recursos Indicados e Inferidos, con un nivel de confianza del  $\pm 35\%$  por lo cual se reconoce más como un “Perfil de Proyecto o Estudio Conceptual” que como un “Estudio de Prefactibilidad.”
- El estudio se realizó en 2014 con un precio para el *Spot* en esa fecha de 70 USD/kg y un precio proyectado al 2017 de 132 USD/kg (valores lejanos al *Spot* actual)
- Laguna Salada produciría en 10 años 6.367.000 libras de U3O8 (2.890.618 Kg) tomando solamente los recursos indicados.

Si fuera factible el proyecto Laguna Salada, se podría abastecer la demanda de los 3 reactores argentinos por 13 años y en caso de incorporarse un cuarto reactor, dicho abastecimiento sería de 9,6 años. No obstante esta especulación, debería realizarse un estudio más detallado destinado a acotar racionalmente costos operativos, costos por transporte interno, infraestructura, impacto y gestión social y medio ambiental que mejore el balance de ventajas y desventajas derivadas del hipotético aprovechamiento de este potencial recurso.

Gráfico 9: MAPA UBICACIÓN DE RECURSOS DE URANIO - ARGENTINA





## Marco legal de la actividad minera del uranio en la Argentina<sup>8</sup>

La exploración por uranio desarrollada tanto por el Estado (CNEA) como por las empresas privadas, en el período 1991 a 2011 estuvo ostensiblemente condicionada debido a la promulgación de leyes restrictivas en diferentes Estados provinciales, llegando hasta el impedimento total en algunas de ellas:

- Santa Cruz: Ley N° 2249 (junio de 1991): Prohíbe la instalación de centrales nucleares y actividades afines, inclusive la circulación o transporte por cualquier medio, de residuos radioactivos.
- Chubut: Ley N° 5001 (hoy Ley XVII-Nº 68): Prohíbe la actividad minera metalífera en el ámbito de la Provincia del Chubut, en la modalidad a cielo abierto y la utilización de cianuro en los procesos de producción minera al 8 de mayo de 2003.
- Tucumán: Ley N° 7879 (abril de 2007): Prohíbe la actividad minera metalífera en la modalidad cielo abierto y la utilización de cianuro y mercurio en los procesos de producción minera.
- Mendoza: Ley N° 7722 (junio de 2007): Prohíbe la explotación minera con Cianuro, Mercurio, Ácido Sulfúrico y otras sustancias tóxicas. También, cada etapa debe ser aprobada por el poder legislativo.
- La Pampa: Ley N° 2349 (septiembre de 2007): Prohíbe la minería a cielo abierto y la utilización de cianuro en cualquier etapa minera.
- San Luis: Ley N° 634 (octubre de 2008): Prohíbe el uso de sustancias tóxicas en los procesos mineros metalíferos obtenidos a través de cualquier método extractivo.
- Córdoba: Ley N° 9526 (octubre de 2008): Prohíbe la actividad minera metalífera en la modalidad a cielo abierto y en todas sus etapas como así también la actividad minera de minerales nucleares tales como el uranio y el torio.
- Tierra del Fuego: Ley N° 853 (agosto de 2011): Prohíbe la utilización de una serie de sustancias tóxicas en los procesos mineros cualquiera sea el método extractivo utilizado.

## Consideraciones Finales

- Más del 80% del uranio mundial se vende en forma privada mediante contratos entre compradores y vendedores que poseen un alcance de entre 3 y 15 años.
- El uranio comercializado en *Spot* no supera el 20% del mercado.
- El precio, según los contratos de largo plazo, supera en un 30% al precio del *Spot*.
- Desde 2013 la actividad de exploración de uranio a nivel global es muy limitada.
- Al precio *Spot* actual, el 50% de la producción mundial exhibe márgenes negativos. Según el consenso del mercado, para cubrir los costos de producción y satisfacer la demanda mundial, el precio *Spot* en ningún caso puede ser inferior a 132 USD/kg.

<sup>8</sup> Roberto Bianchi, 2016 "Estado de situación de las actividades de exploración – CNEA"



- Los reactores nucleares de Argentina necesitan alrededor de 250 t de uranio anuales, que actualmente se están importando en su totalidad.
- La CNEA dispone de la tecnología y el conocimiento para llevar a cabo el Ciclo del Combustible.
- Los recursos estimados en Argentina son de 31.000 tU (entre RAR e IR).
- Debido a leyes provinciales restrictivas, en Argentina existe un condicionamiento que va de moderado a severo para la actividad, llegando a impedirse en algunas provincias.
- Los recursos de uso nuclear tienen un valor estratégico de suma relevancia más allá de su costo en el mercado internacional, debido a su contribución a la sustentabilidad y seguridad energética. El desarrollo estratégico depende de decisiones gubernamentales de largo plazo.
- El hecho de que el costo de la materia prima en el costo total de generación sea poco importante (entre 5 y 7%), es un dato a tener en cuenta en el estímulo a la producción nacional de uranio. Un eventual sobre costo de compra de uranio nacional tendría un impacto mínimo en el costo de generación nucleoelectrónica, y traería aparejados una serie de beneficios importantes, entre otros, sustitución de importaciones y seguridad energética para el país.