

Argentina 18ª Edición  
**Oro, Plata  
& Cobre**

## Uranio para la Generación Nuclear



**CABA, 5 de diciembre de 2024**



Luis López

[luiseduardolopez@cnea.gob.ar](mailto:luiseduardolopez@cnea.gob.ar)

## Descargo de responsabilidades

Para la elaboración y compilación de la versión final de esta presentación se han utilizado diversas fuentes, haciéndose un esfuerzo genuino de citarlas adecuadamente.

La selección de la bibliografía no es necesariamente completa, ya que existe una enorme cantidad de información y opinión disponible en la materia.

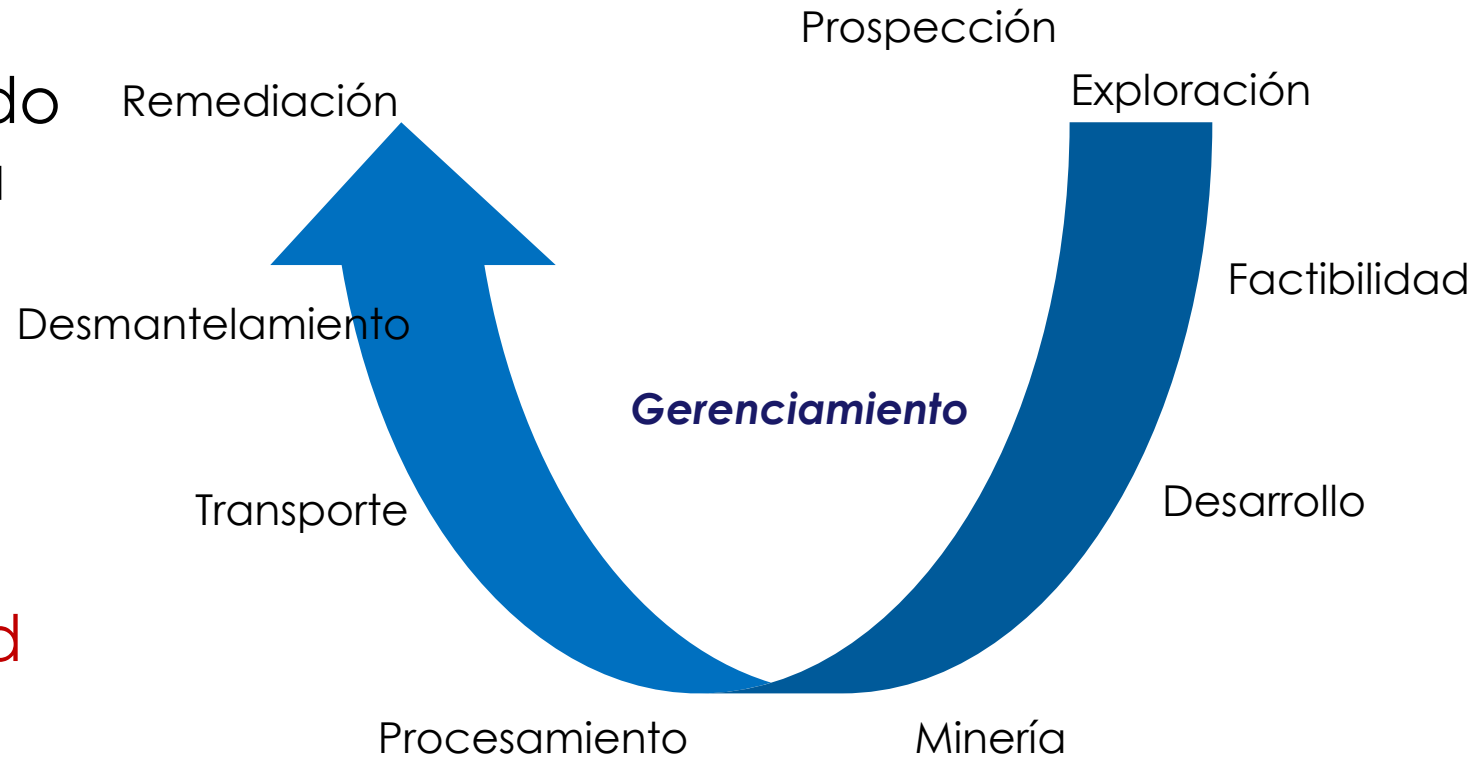
Tanto los documentos fuente utilizados como las opiniones expresadas y los análisis realizados por el autor pueden no representar la política oficial de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

Para contar con la información institucional es menester consultar el sitio web de la CNEA e informes oficiales que se encuentren en el dominio público:

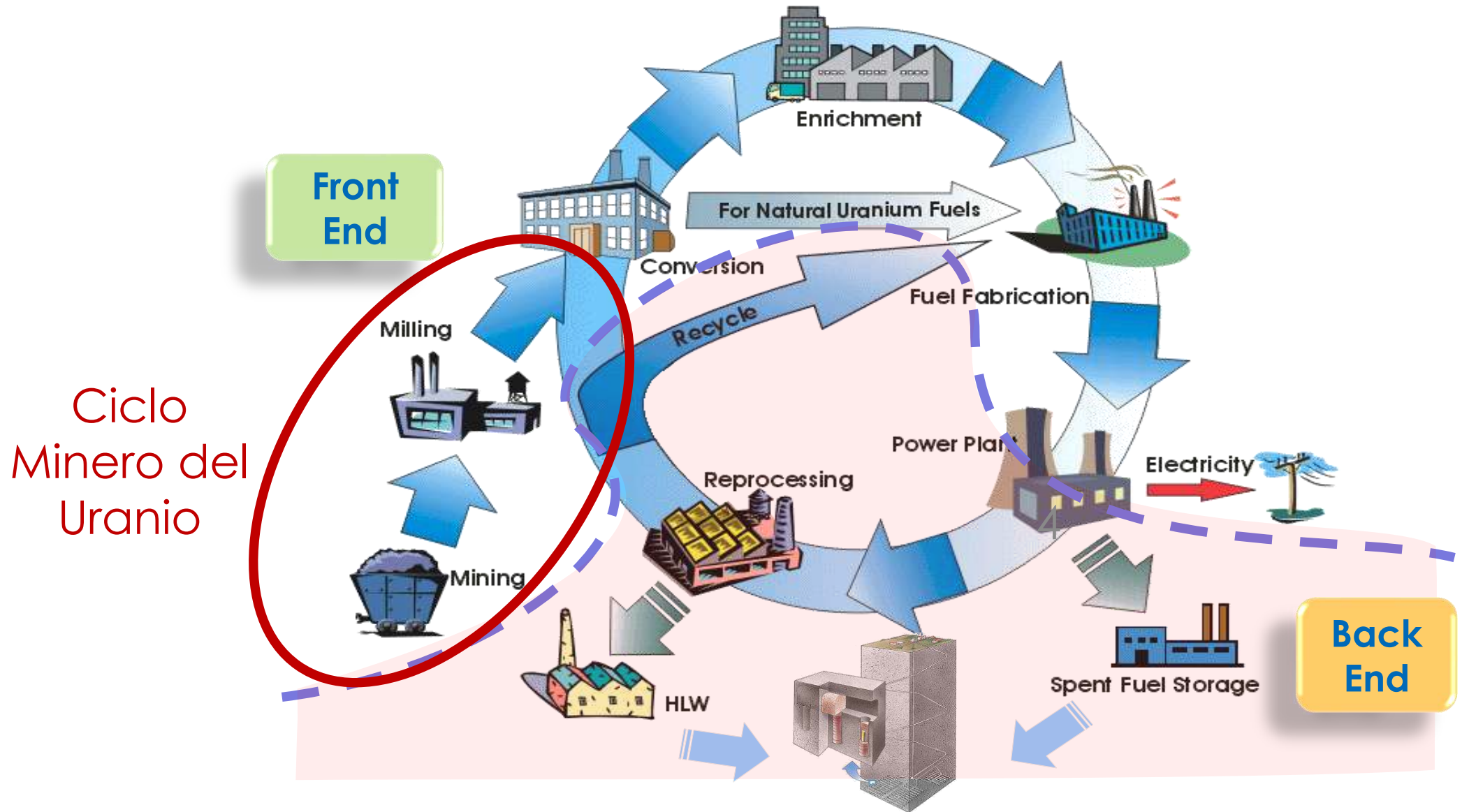
<https://www.argentina.gob.ar/cnea>

# Ciclo Minero del Uranio

- ✓ El **uranio** es el principal **combustible** de los reactores nucleares y debe ser gestionado adecuadamente y de manera segura y sostenible
- ✓ Todas las etapas de este ciclo deben basarse en las **mejores prácticas** y procurar reducir al mínimo los efectos adversos para el **ambiente y la sociedad** y **beneficiar a las economías** locales, regionales y nacionales



# Ciclo del Combustible Nuclear

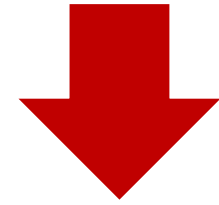


# Uranio y Combustible Nuclear

Ciclo  
Minero del  
Uranio



66.000 tU  
(demanda 2022)



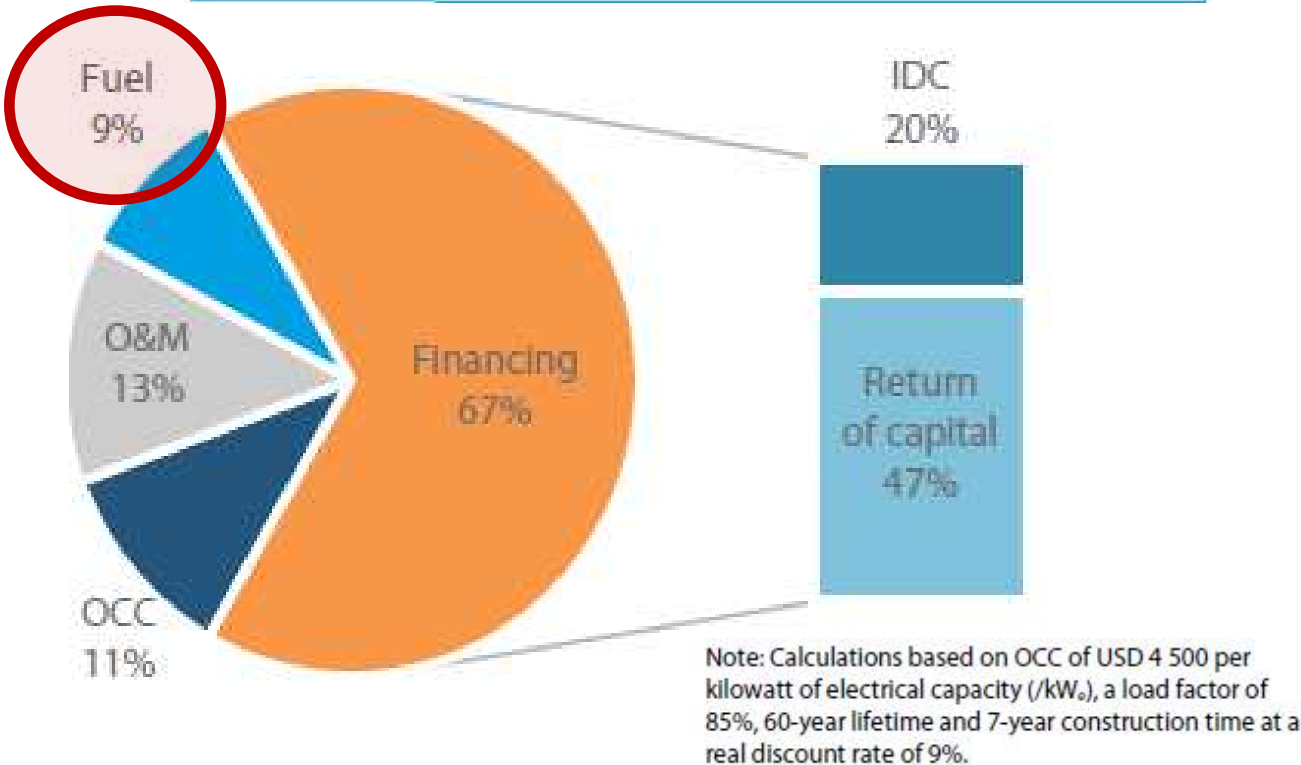
≈ 10% electricidad  
(436 CNs – 392 GWe)

Ciclo del  
Combustible  
Nuclear

# Costos de la Nucleoelectricidad

Front end fuel cycle costs of 1 kg of uranium as UO<sub>2</sub> fuel

| Process          | Amount required x price*                    | Cost   | Proportion of total |
|------------------|---------------------------------------------|--------|---------------------|
| Uranium          | 8.9 kg U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> x \$68 | \$605  | 43%                 |
| Conversion       | 7.5 kg U x \$14                             | \$105  | 8%                  |
| Enrichment       | 7.3 SWU x \$52                              | \$380  | 27%                 |
| Fuel fabrication | per kg                                      | \$300  | 22%                 |
| Total            |                                             | \$1390 |                     |



✓ Materia prima ► 4-5%

|                                                       |                                 |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Levelised cost of electricity (LCOE) of nuclear power | Levelised capital costs         | Capitalised investment costs                                                                                                                                                                                                              | Overnight construction costs (OCC): includes the materials, components, manpower and cost of capital required to design, construct and commission the plant.                                                                                                                                                              |
|                                                       |                                 |                                                                                                                                                                                                                                           | Capitalised financial costs (CFC): includes interest during construction (IDC) and related fees.                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                       |                                 | Return of capital: the cost of capital, which is a combination of the cost of debt (i.e. loan) and required return on equity (from the shareholders). IDC can also be added to this cost category to isolate the overall financing costs. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                       | Operation and maintenance costs |                                                                                                                                                                                                                                           | Operations and maintenance (O&M) costs: all costs related to staffing, consumables and recurring maintenance activities necessary for safe operations once the plant has been built and commissioned.                                                                                                                     |
|                                                       |                                 |                                                                                                                                                                                                                                           | Fuel cycle cost: cost of the fuel used to produce electricity. In the case of nuclear power, includes costs related to mining, enrichment and the manufacture of fuel assemblies to be loaded in the core (i.e. front-end activities), as well as to managing the used nuclear fuel and waste (i.e. back-end activities). |
|                                                       |                                 |                                                                                                                                                                                                                                           | Decommissioning costs: Costs associated with dismantling the plant once it has reached the end of its lifetime and returning the site to greenfield state.                                                                                                                                                                |

# Recursos Convencionales de Uranio en el Mundo

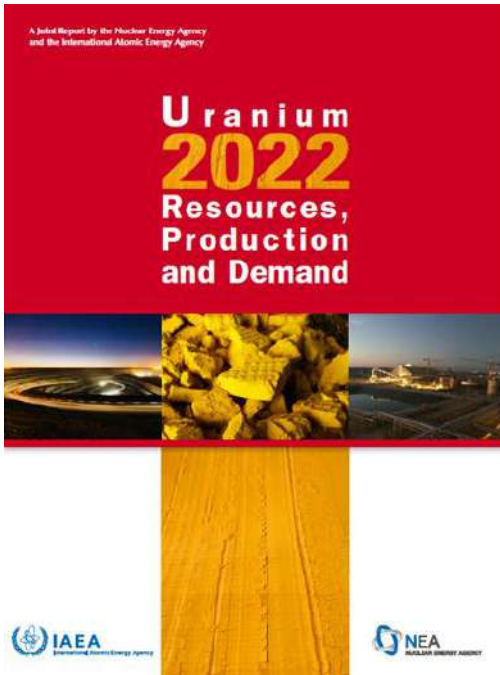
El U puede ser recuperado como producto principal o bien como coproducto o subproducto de importancia

Recursos Identificados (RRA+RI) <USD 130/kgU:  
(recursos razonablemente asegurados e inferidos)

**6.078.500 tU**

(recuperables » descontadas las pérdidas en mina y planta)

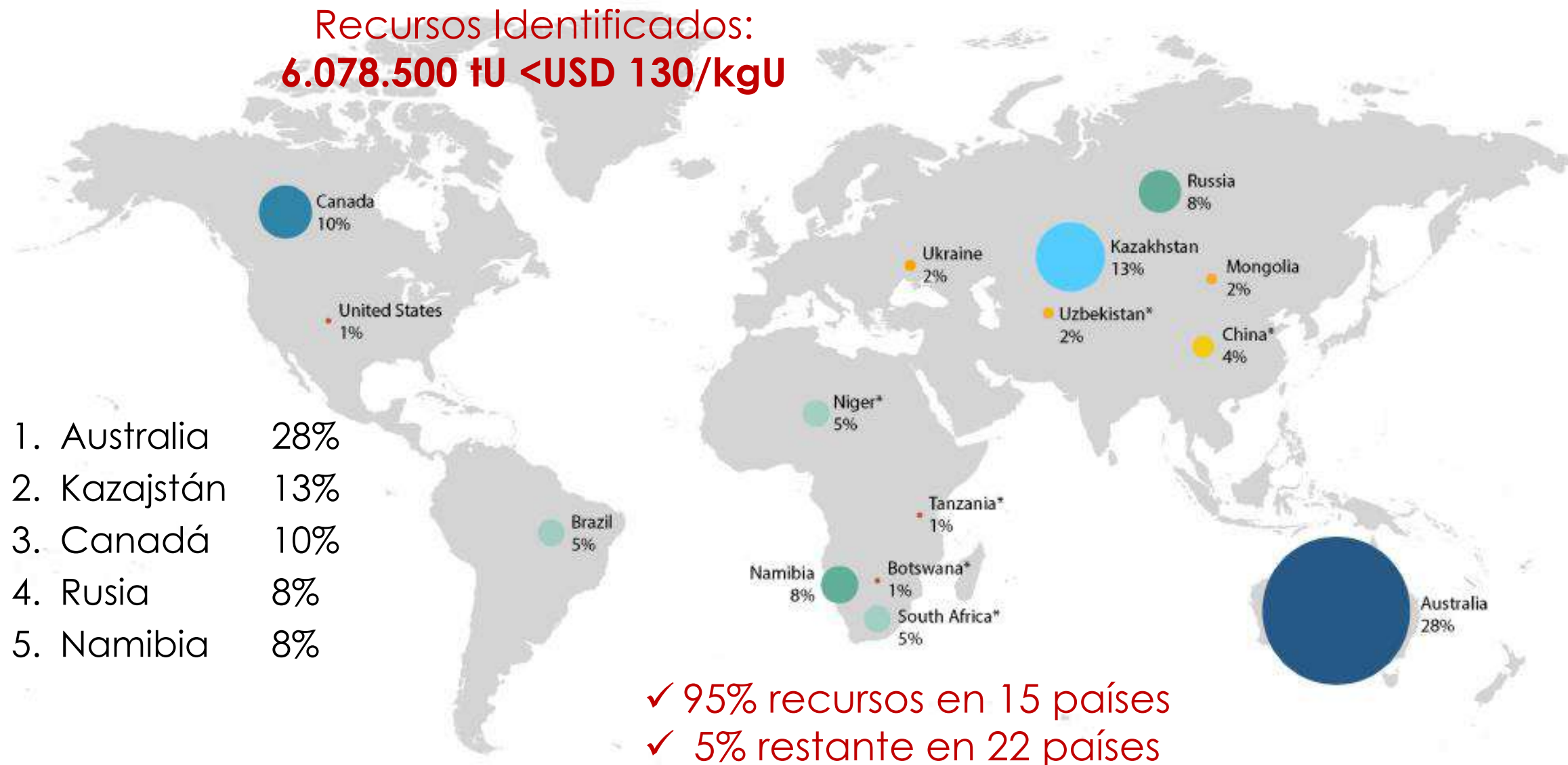
- ✓ ¿90 años de suministro al ritmo de consumo actual?
- ✓ Alrededor del 50% de los recursos identificados son potencialmente explotables por distintas cuestiones (geopolíticas, sociales, ambientales, tecnológicas, económicas)
- ✓ No todos los proyectos son puestos en producción luego de ser factibilizados
- ✓ Debe considerarse el tiempo para poner un recurso en producción para atender la demanda



# Recursos Convencionales de Uranio

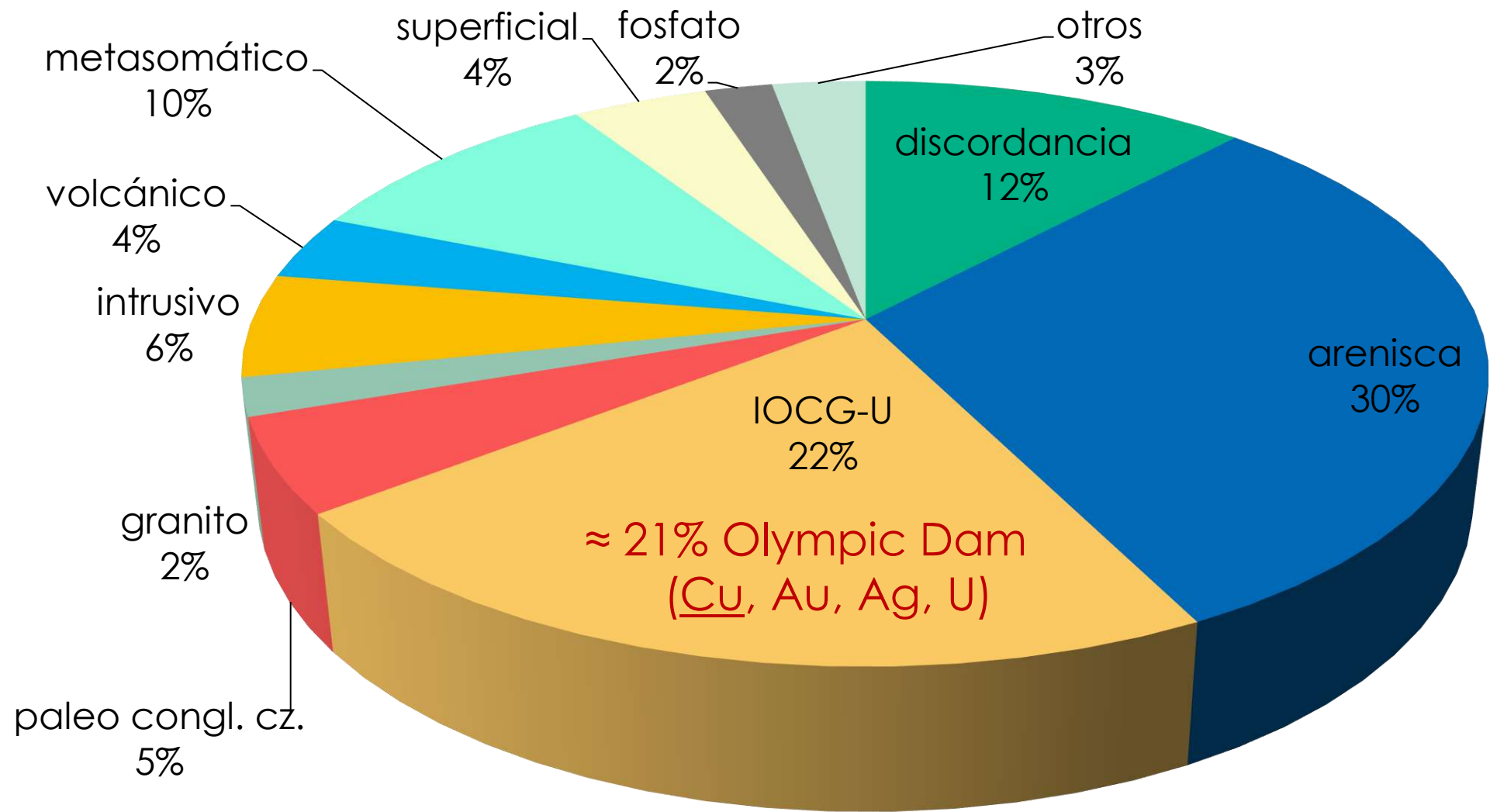
Recursos Identificados:  
**6.078.500 tU <USD 130/kgU**

1. Australia 28%
2. Kazajstán 13%
3. Canadá 10%
4. Rusia 8%
5. Namibia 8%



- ✓ 95% recursos en 15 países
- ✓ 5% restante en 22 países

# Recursos Convencionales de Uranio



Recursos Identificados:  
**6.078.500 tU <USD 130/kgU**

# Recursos No Convencionales de Uranio

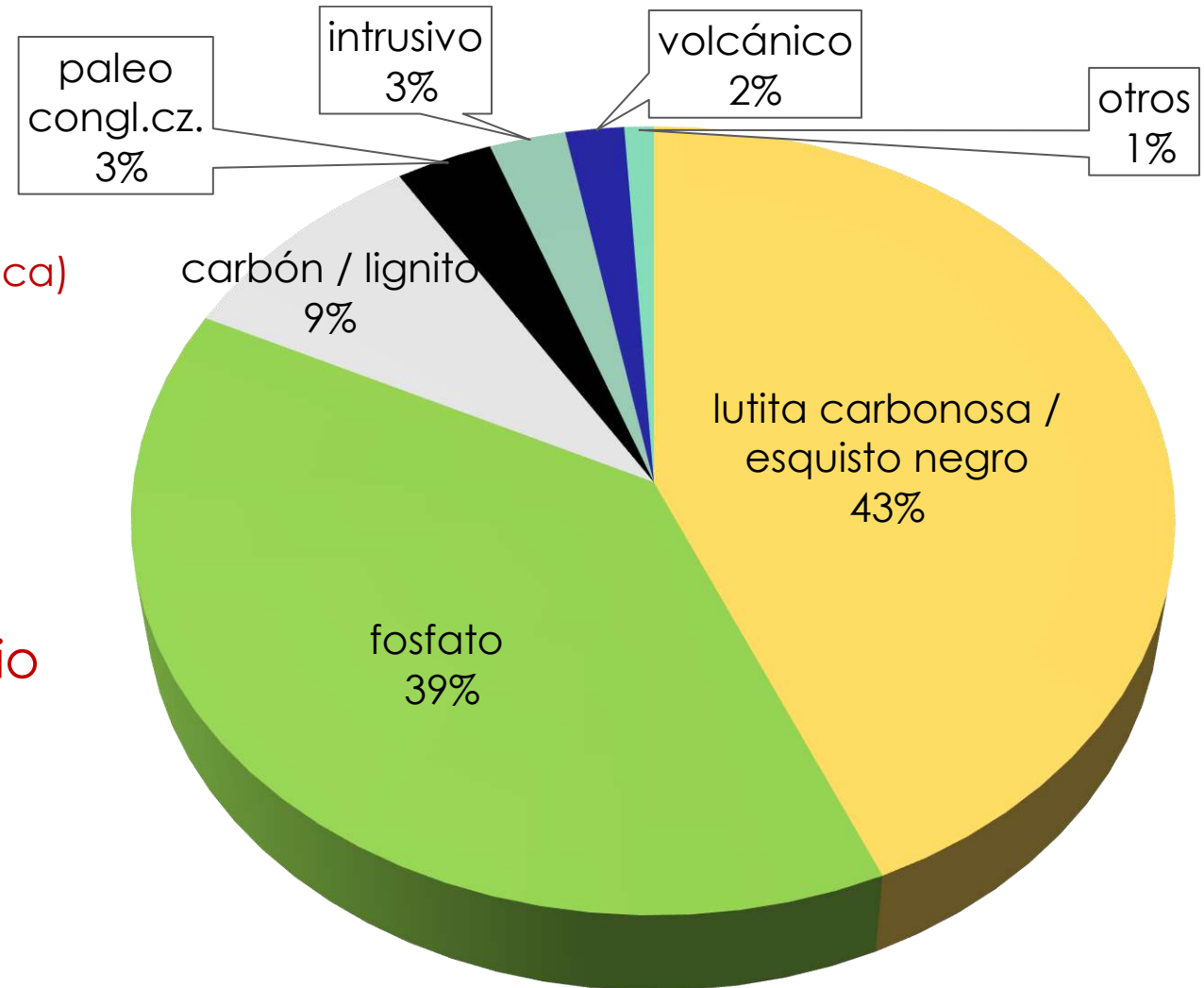
El U puede ser recuperado como un subproducto minoritario (rocas fosfáticas, esquistos carbonosos, lutitas negras, lignito, rocas fosfáticas)

**60.853.811 tU**

(no asignadas a una categoría de costos específica)

Aprovechamiento dependiente de:

- ✓ Valor de los **materiales críticos** asociados
- ✓ Condiciones de **mercado del uranio**
- ✓ **Desarrollos tecnológicos**



# Principales Países Productores de U (2022)

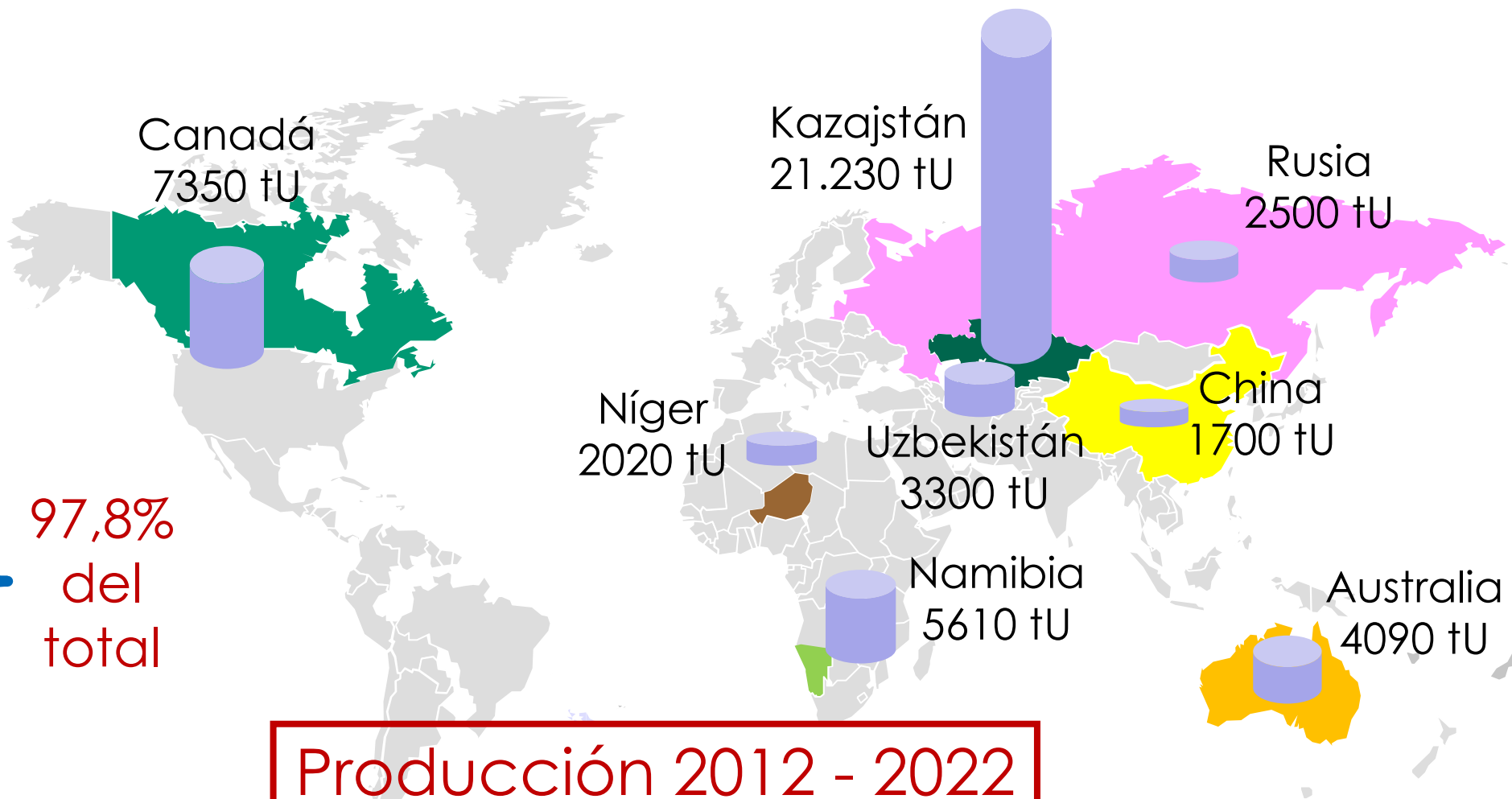
**48.890 tU**

✓74% Demanda

✓436 Reactores

|               |       |
|---------------|-------|
| 1. Kazajstán  | 43,4% |
| 2. Canadá     | 15,0% |
| 3. Namibia    | 11,5% |
| 4. Australia  | 8,4%  |
| 5. Uzbekistán | 6,8%  |
| 6. Rusia      | 5,1%  |
| 7. Níger      | 4,1%  |
| 8. China      | 3,5%  |

**97,8%  
del  
total**



Producción 2012 - 2022

**47.700 tU – 63.200 tU**

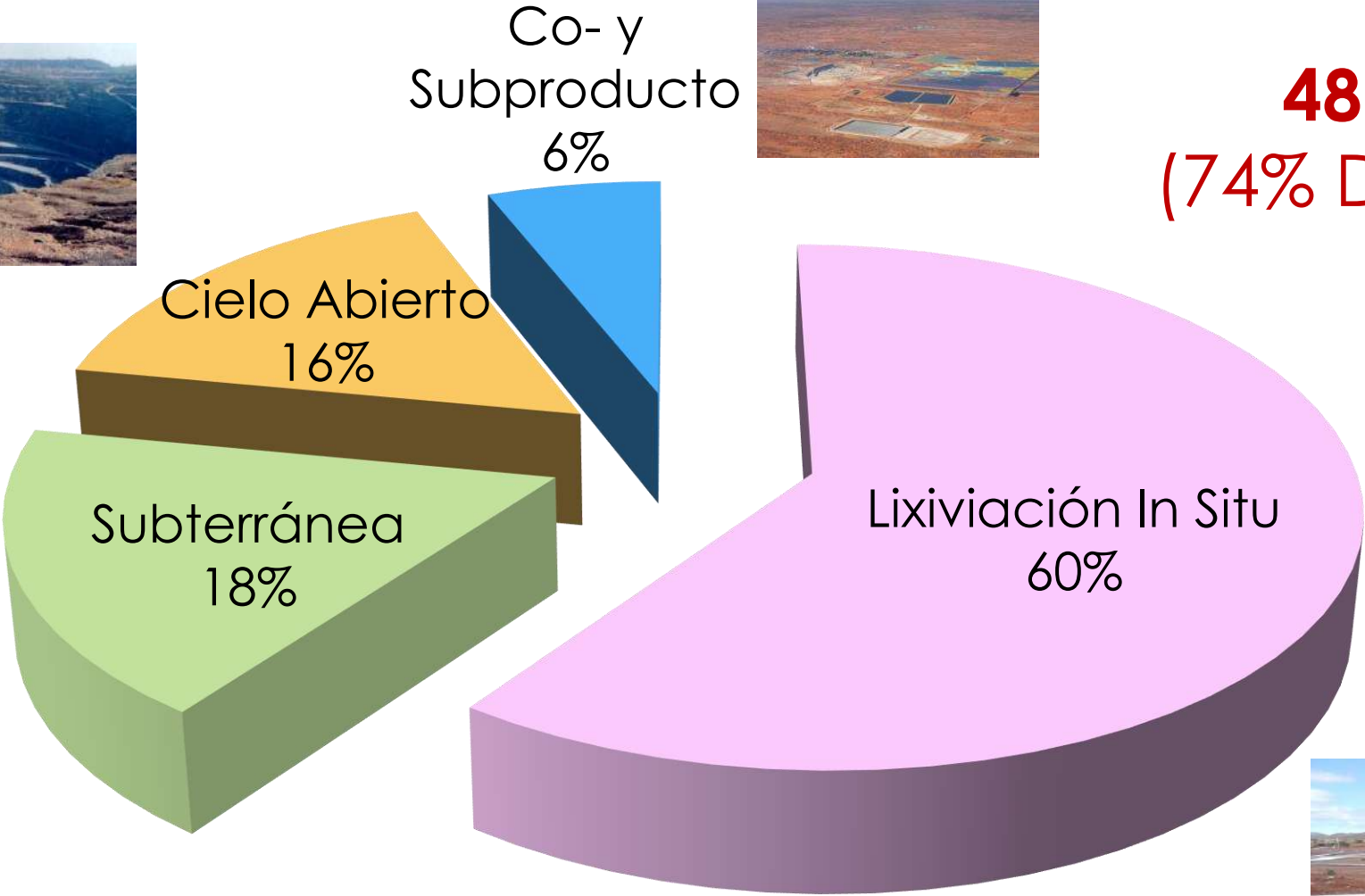
**74% - 98% Demanda**

# Producción Mundial de Uranio en 2022

(por métodos mineros)



**48.890 tU**  
(74% Demanda)



# Minería del Uranio por ISL

- ✓ El cambio tecnológico más significativo en la producción de uranio en los últimos 20 años ha consistido en la transición de la extracción de roca sólida a la recuperación líquida por ISL



**Beverley (Australia)**

# Minería Subterránea para Uranio



# Minería a Cielo Abierto para Uranio



✓ 3360 tU (2022)

# Uranio como Subproducto (Cu, Ag, Au, U)

- ✓ 2810 tU (2022)
- ✓ 1900 tU (2021)
- ✓ 3350 tU (2019)



Olympic Dam (Australia)  
1.300.000 tU @ 410 ppm U

# Uranio como Subproducto (Ni, Zn, Cu, Co, U)

- ✓ En 2022, Terrafame Oy estimó recursos identificados no convencionales in situ de aproximadamente **26.200 tU** para el depósito de Ni-Zn-Cu-Co alojado en esquistos negros de Talvivaara.
- ✓ Es un depósito de gran tonelaje y baja ley con un promedio de 0,26% Ni, 0,53% Zn, 0,14% Cu, 0,02% Co y **0,0018% U**.
- ✓ Como la recuperación minera promedio durante la lixiviación en pilas es del 50% y la recuperación promedio del proceso en la extracción por solventes es del 90%, el **factor general de recuperación de uranio es del 45%**.



# Uranio como Subproducto (Ni, Zn, Cu, Co, U)

- ✓ Terrafame puso en operación la recuperación de uranio en en **junio de 2024**.
- ✓ Se espera una capacidad de producción aproximadamente **200 tU por año** para 2026.



[Home](#) · [Energy & Environment](#) · [New Nuclear](#) · [Regulation & Safety](#) · [Nuclear Policies](#) · [Corporate](#) · [Uranium & Fuel](#)

## Uranium recovery starts at Finnish mine

Wednesday, 19 June 2024

Finnish mining company Terrafame has begun recovering natural uranium as a by-product of zinc and nickel production at its Sotkamo mine in Talvivaara in the north-east of the country.



Terrafame's uranium recovery plant (Image: Terrafame)

# Uranio como Subproducto (P, U)

- ✓ El proyecto de fosfato/uranio de **Santa Quitéria**, un acuerdo de asociación entre el **INB** y **Galvani** (productores brasileños de fertilizantes) sigue en desarrollo.
- ✓ Se estima que el depósito contiene más de **50.000 tU RRA** recuperables disponibles a un costo incremental de **<USD 40/kgU**.
- ✓ Los fosfatos de Santa Quitéria tienen mayor contenido de uranio (**0,08% U**) que la mayoría de los depósitos de fosfato conocidos.



Ô que você procura?

[A INB](#) [NOSSAS ATIVIDADES](#) [SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE](#) [MEDIA CENTER](#) [CONTATO](#) [TRANSPARÊNCIA](#) [ACESSO À IN](#)

[Home](#) > [A INB](#) > [Onde estamos](#) > [Santa Quitéria](#)



**Santa Quitéria (Brasil)**

# Uranio como Subproducto (P, U)

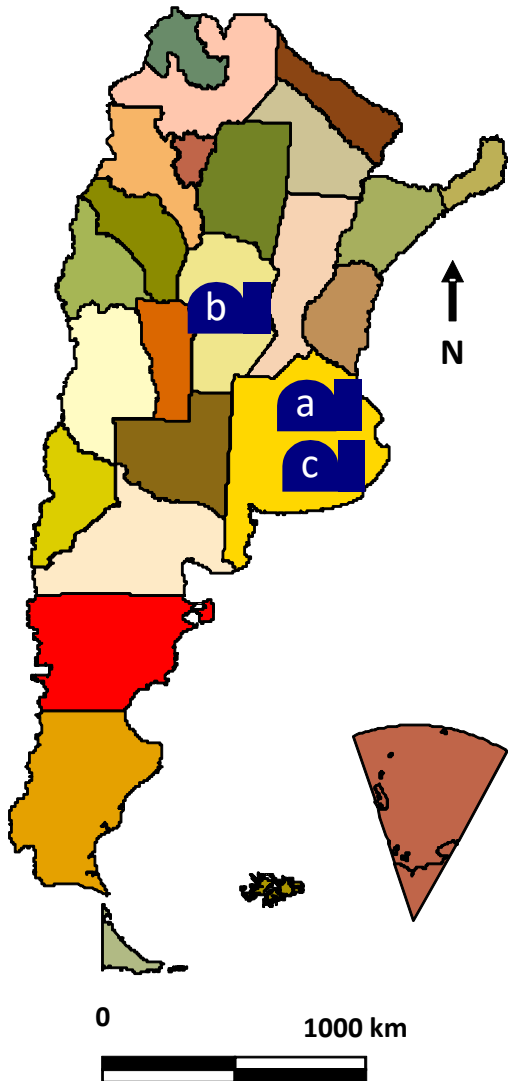
- ✓ A plena producción, el Proyecto Santa Quitéria podría producir cerca de **1.950 tU/año**, 1.050.000 t/año de fertilizantes fosfatados y 220.000 t/año de fosfato dicálcico.
- ✓ La decisión preliminar sobre la **licencia ambiental se espera para fines de 2024** y está previsto que la **operación comience en 2027**.



# Recuperación Integral de los Recursos

- ✓ El enfoque de la recuperación integral de los recursos se ha utilizado desde **principios de la década de 1990** para describir metodologías que **maximizan los retornos de la minería y el procesamiento**, especialmente de yacimientos minerales de baja ley, agotados y otros yacimientos no comerciales.
- ✓ El uranio recuperado de esa manera tiene la **huella ambiental más baja**, ya que la extracción y el procesamiento no se llevan a cabo para recuperar un solo producto básico.
- ✓ En tal escenario también se abordan las preocupaciones ambientales por tener este uranio como un **contaminante potencial** en los flujos de productos o residuos.

# Generación Nuclear y Demanda de Uranio



**a**  
ATUCHA I  
362 Mwe  
U Levemente Enriquecido



**b**  
EMBALSE  
683 Mwe  
U Natural



**c**  
ATUCHA II  
745 Mwe  
U Natural



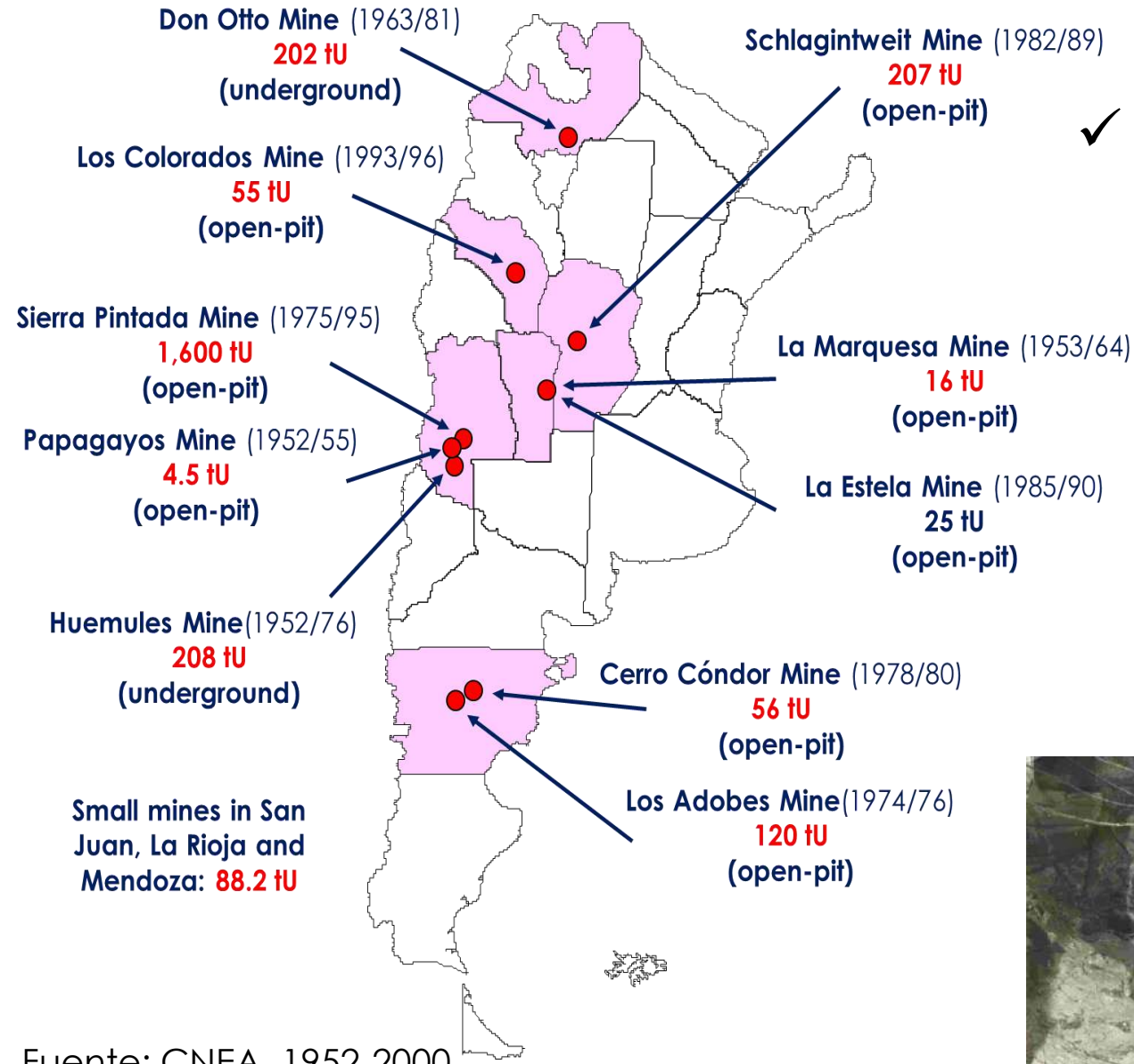
- ✓ Capacidad instalada bruta de 1800 MWe
- ✓ 4% de la capacidad instalada total
- ✓ 7-9% (7,1% 2021; 5,4% 2022; 6,3% 2023; 8,8% 2024) de participación en la matriz de generación eléctrica
- ✓ Requerimientos de uranio natural de aproximadamente **220 tU/año**

# Producción de Uranio (1952-1997)

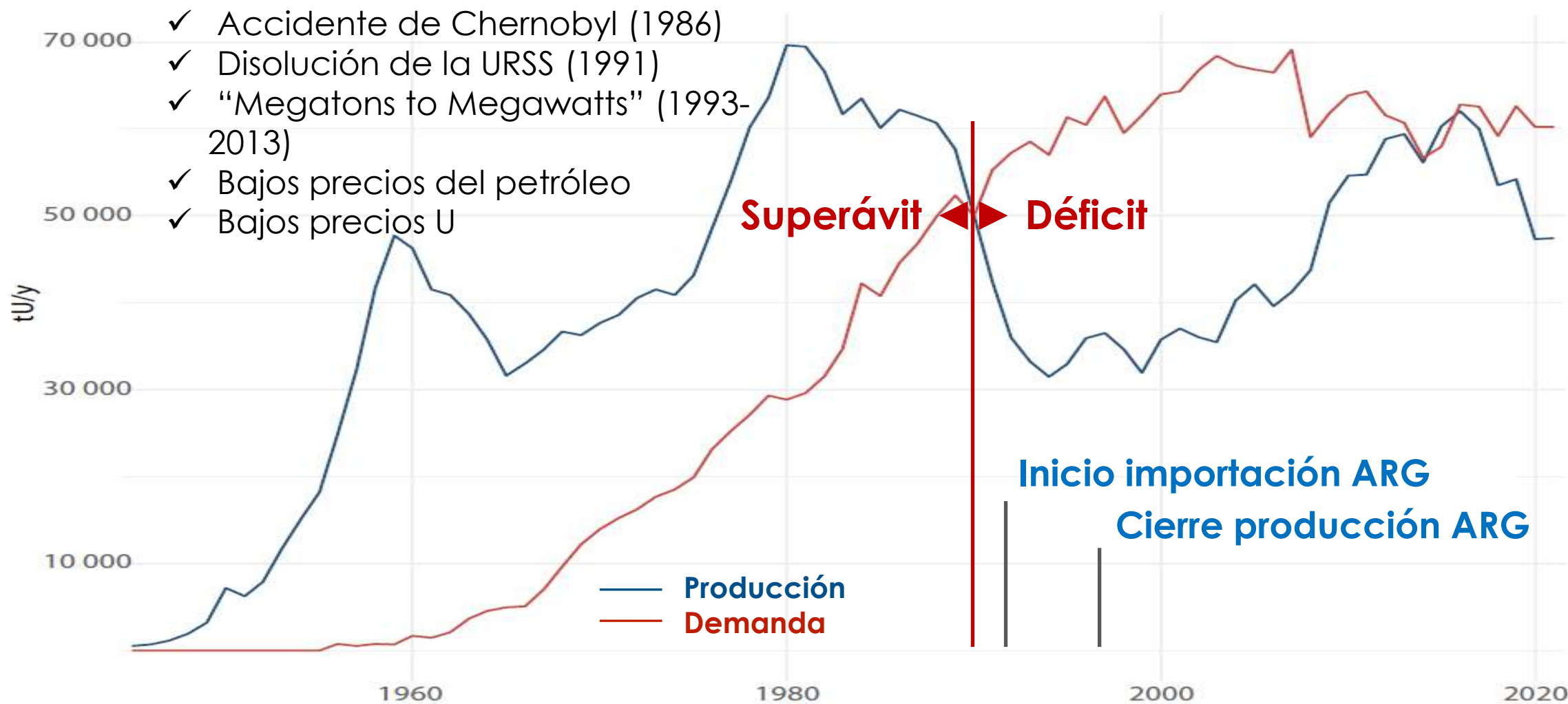
✓ 2600 tU @ 0,1%U

✓ 82% cielo abierto; 18% subterránea

✓ volcánico, arenisca, granito



# Producción (tU) y Demanda (tU) en el Mundo (1949-2021)



# Ciclo del Combustible Nuclear (1997-Presente)

Conversión  
 $\text{UO}_2$   
Dioxitek S.A.



Fabricación  
de  
Combustible  
FAE S.A.  
CONUAR S.A.



Importación  
UOC  
Canadá,  
Kazajstán,  
Uzbekistán, Rep.  
Checa



Producción  
 $\text{D}_2\text{O}$   
ENSI S.E.



Generación  
Nuclear  
NA-S.A.

# Recursos Identificados Recuperables de Uranio

| Depósito<br>(Propiedad)                                                                                | Provincia | Tipo<br>Geológico        | Costo de Producción<br>< USD 130/kgU |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------|--------------------------------------|--------|
|                                                                                                        |           |                          | RRA tU                               | RI tU  |
| Sierra Pintada<br>    | Mendoza   | Volcánico                | 3.900                                | 6.110  |
| Cerro Solo<br>        | Chubut    | Arenisca                 | 4.420                                | 3.760  |
| Don Otto<br>          | Salta     | Arenisca                 | 180                                  | 250    |
| Laguna Colorada<br>   | Chubut    | Volcánico                | 100                                  | 60     |
| Laguna Salada<br>     | Chubut    | Superficial              | 1.860                                | 1.120  |
| Meseta Central<br>   | Chubut    | Arenisca                 | -                                    | 5.290  |
| Amarillo Grande<br> | Río Negro | Arenisca/<br>Superficial | 4.940                                | 1.100  |
| Sub Total                                                                                              |           |                          | 15.420                               | 17.690 |
| Total                                                                                                  |           |                          | 33.110 tU                            |        |

RRA:  
Recursos  
Razonablemente  
Asegurados

RI:  
Recursos Inferidos

Fuente: CNEA,  
2014-2020;  
UrAmerica,  
2015; U3O8  
Corp., 2016;  
Blue Sky, 2024;  
Jaguar, 2024;  
NEA/OECD-  
IAEA, 2023

# Principales Proyectos U - Argentina



- ✓ Marco legal adverso
- ✓ Prefactibilidad (stand by)



- ✓ NI 43-101: Resultados Exploración, RRA, RI, PEA



- ✓ NI 43-101: Resultados Exploración, RRA, RI, PEA



- ✓ Marco legal adverso
- ✓ DIA Remediación

Recursos Identificados  
**33.110 tU**

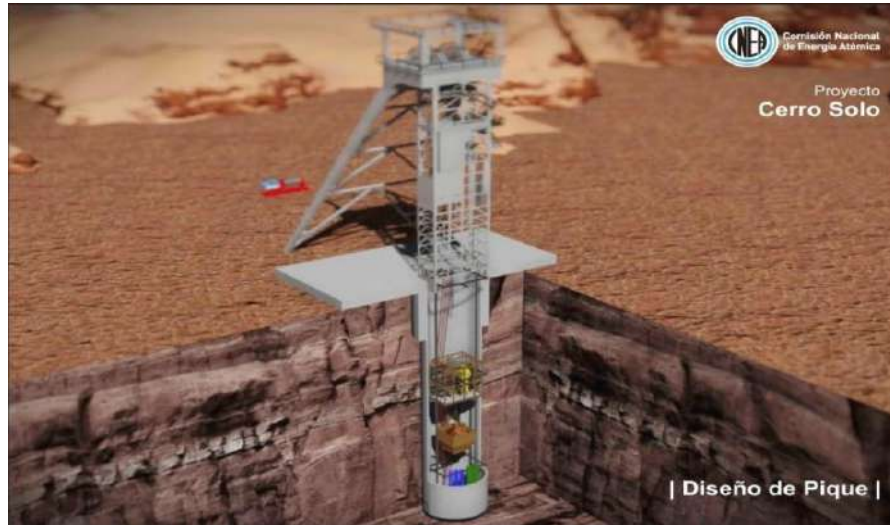
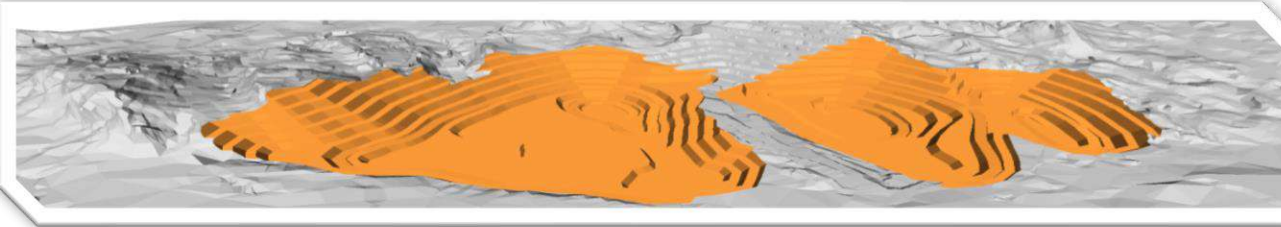
<USD130/kgU

¿150 años de suministro?



- ✓ NI 43-101: Resultados Exploración, RI

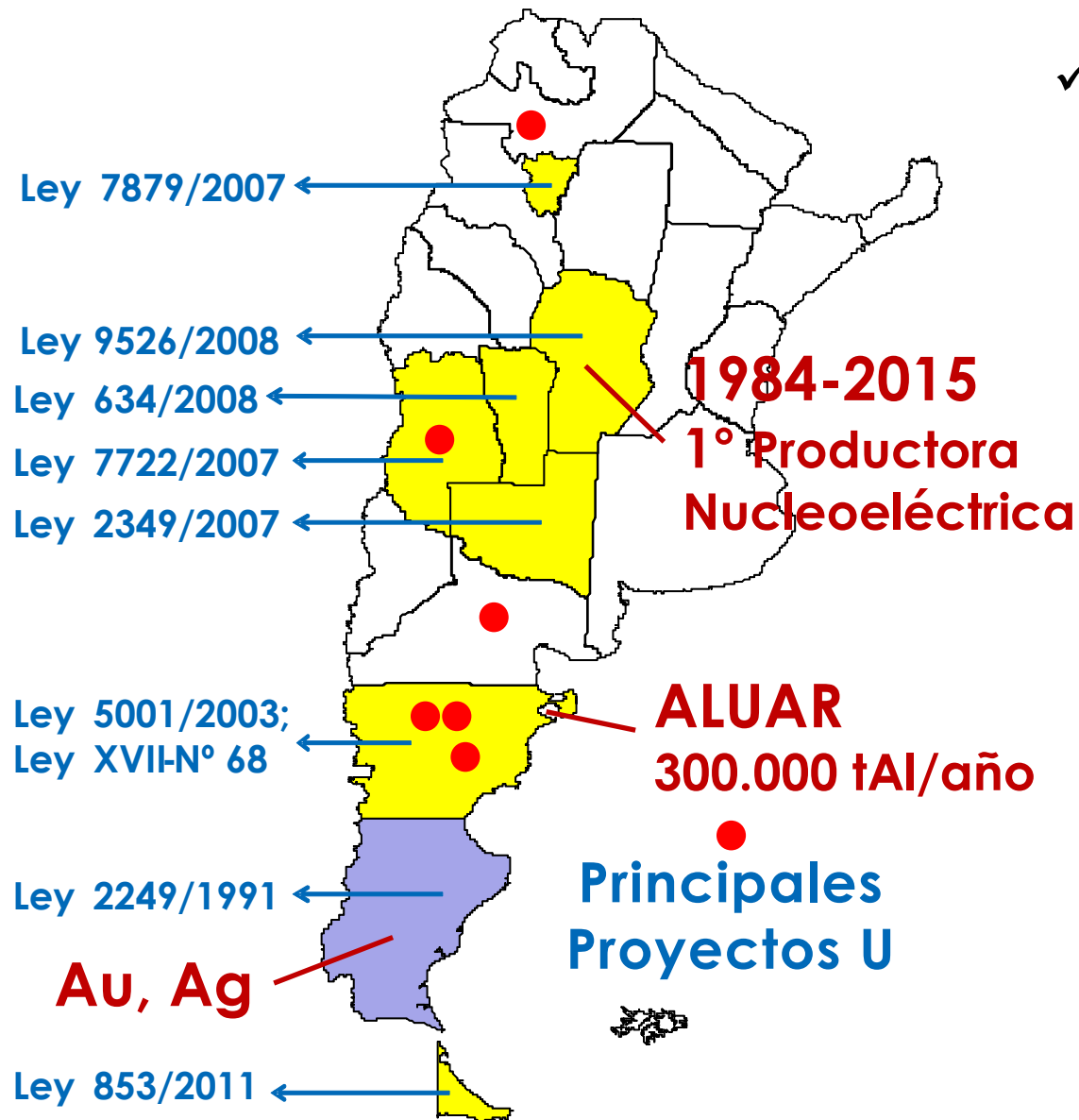
# Factibilidad Técnica



- ✓ Completar **factibilidad técnica**
- ✓ **Recuperación integral** de U y materiales críticos asociados
- ✓ **U** → combustible nuclear
- ✓ **V, Mo** → energías renovables y siderurgia



# Marco Legal



- ✓ 8 sobre 23 provincias restringen/ prohíben la minería metálica
- ✓ Reformulación de leyes provinciales en relación a producción de energías limpias → **Política de Estado**

## Recursos Identificados de Uranio

### Mendoza:

- ✓ 53% CNEA
- ✓ 30% Total

### Chubut:

- ✓ 44% CNEA
- ✓ 50% Total

### Río Negro:

- ✓ 18% Blue Sky
- ✓ 18% Total

# Evolución Precios U (25 años)

USD 77,5/lbU3O8 = USD 202/kgU  
(12/2024)



# Importación de Uranio de la Argentina

CASPIAN NEWS

Business

## Argentina With Nuclear Fuel

By Gaukhar Erubaeva May 6, 2020

🔖 📄 🌐 🐦 📷 ✉



Kazakhstan possesses about 12 percent of the world's recoverable uranium, with 50 known deposits and 22 uranium mines operated by the state-owned Kazatomprom and through joint ventures. / Kazatomprom

- ✓ Precios importación (2015-2021):  
≈ USD 125-150/kgU
- ✓ Precios SPOT (2015-2021):  
≈ USD 65-90/kgU
- ✓ Gasto promedio importación U:  
≈ USD 25-30 M/año
- ✓ Cargamento (abril 2022): 221 tU de Kazajstán ≈ USD 150/kgU
- ✓ ¡PRECIOS CONTEXTO PREBÉLICO!
- ✓ Último cargamento (12/2023):  
178 tU de Kazajstán ≈ USD 280/kgU  
(SPOT ≈ USD 195/kg U)



Copyright © UxC, LLC, All Rights Reserved

# Consideraciones (Argentina)

- ✓ Existen **perspectivas para la producción local de uranio**, pero la demanda de las centrales nucleares seguirá cubriéndose con **importaciones durante los próximos años**.
- ✓ Hay que considerar que el escenario futuro de generación nuclear incluye una **demanda sustancial de uranio enriquecido**.
- ✓ Esto debe tenerse en cuenta a la hora de **diseñar una nueva estrategia** para la adquisición local o extranjera de componentes y servicios en la fase inicial del ciclo del combustible nuclear.
- ✓ La **producción nacional de uranio** es considerada la opción más sustentable para el ciclo del combustible nuclear argentino, lo que tiene connotaciones positivas en términos de **la seguridad en el suministro y la seguridad energética**.

# Energía Nuclear y Cambio Climático

**ENERGY.GOV** SCIENCE & INNOVATION ENERGY ECONOMY SECURITY & SAFETY SAVE ENERGY, SAVE MONEY

Department of Energy

## At COP28, Countries Launch Declaration to Triple Nuclear Energy Capacity by 2050, Recognizing the Key Role of Nuclear Energy in Reaching Net Zero

DECEMBER 1, 2023

مضاعفة إنتاج الطاقة النووية ثلاث مرات بحلول عام 2050  
الإمارات العربية المتحدة، ديسمبر 2023  
**TRIPLING NUCLEAR ENERGY BY 2050**  
United Arab Emirates, December 2023

A group of world leaders, including heads of state and government, are posed for a formal group photograph. They are standing in two rows on a white carpeted stage. The front row consists of men and women in formal attire, including suits and traditional Middle Eastern dress. The back row is slightly elevated. Behind them are several national flags, including those of the United States, United Kingdom, France, and others. The background is a plain white wall.

**United Nations** Climate Action

Search   A-Z Site Index

Home Science Solutions Get Involved Events Resources

## COP29

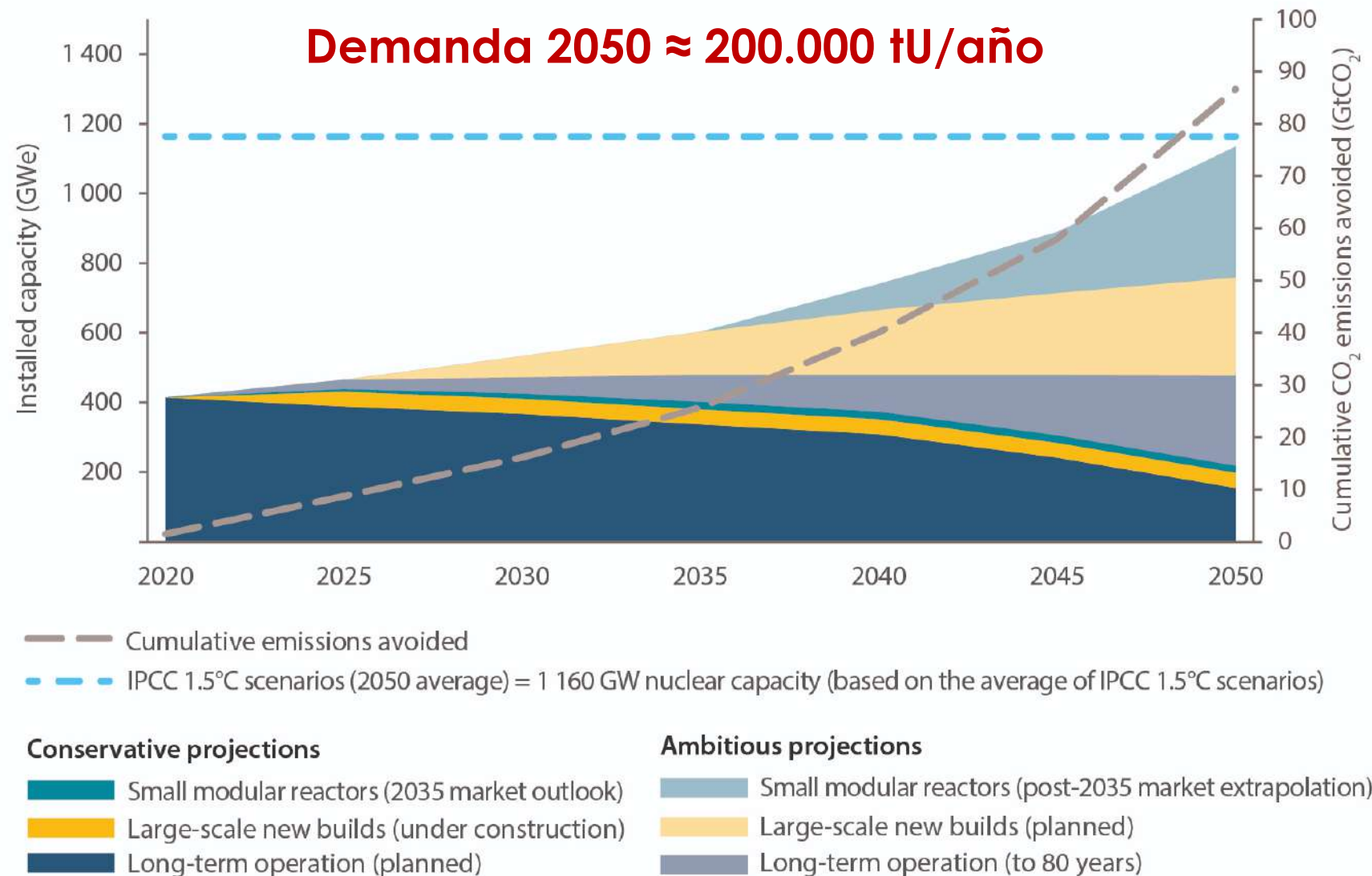
→ → →

A circular graphic illustration set against a red background. Inside the circle, there is a stylized landscape with a green field, a blue sky with a sun and clouds, a white wind turbine, a solar panel, and a small green house. The text 'COP29' is prominently displayed in white, with three green arrows pointing to the right below it.

| The 29th Conference of the Parties to the UN Framework Convention on Climate Change took place in Baku, Azerbaijan, in November 2024. Illustration: United Nations Department of Global Communications

**COP29 concludes with climate finance deal**

# Energía Nuclear y Cambio Climático



# Energía Nuclear para el Desarrollo Sostenible

**Affordable** energy reduces poverty (SDG1) and inequality (SDG10), and supports health (SDG3), education (SDG4), industry (SDG9) and economic growth (SDG8)

**Energy for all** fosters peace, justice (SDG16), and partnerships (SDG17)

**Sustainable** energy is crucial for climate action (SDG13), ecosystems (SDG14, 15), agriculture (SDG2), water (SDG6, 14), and reducing waste (SDG12)



**Reliable** energy is essential for industry (SDG9), agriculture (SDG2), health (SDG3) and education (SDG4)

**Modern** energy supports clean communities (SDG11), health (SDG3), and gender equality (SDG5)



Argentina 18ª Edición  
**Oro, Plata  
& Cobre**

## Uranio para la Generación Nuclear



CABA, 5 de diciembre de 2024



**¡Muchas Gracias!**

Luis López

[luiseduardolopez@cnea.gob.ar](mailto:luiseduardolopez@cnea.gob.ar)