



Ministerio de
**Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios**
Presidencia de la Nación



Comisión Nacional
de Energía Atómica

SEMINARIO:
**LA ENERGÍA NUCLEAR, SU INSERCIÓN EN LA MATRIZ
ENERGÉTICA DE ARGENTINA**
La minería del uranio como actividad estratégica

Maestría en Gestión de la Energía
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LANUS



Salón de Actos “Dan Beninson”, Sede Central de la CNEA
Avenida del Libertador N° 8250, (C1429BNP) Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

03 de julio de 2015

Roberto E. Bianchi
rbianchi@cnea.gov.ar

Uranio



Integra el grupo de los Actínidos, ocupa el lugar **92** de la Tabla Periódica.

Se reconocen tres isótopos principales: U^{238} (99,27 %); U^{235} (0,72 %) y U^{234} (0,01 %).

U^{+4} : en ambiente reductor forma minerales estables.

U^{+6} : en condiciones oxidantes es lixiviado de la roca hospedante.

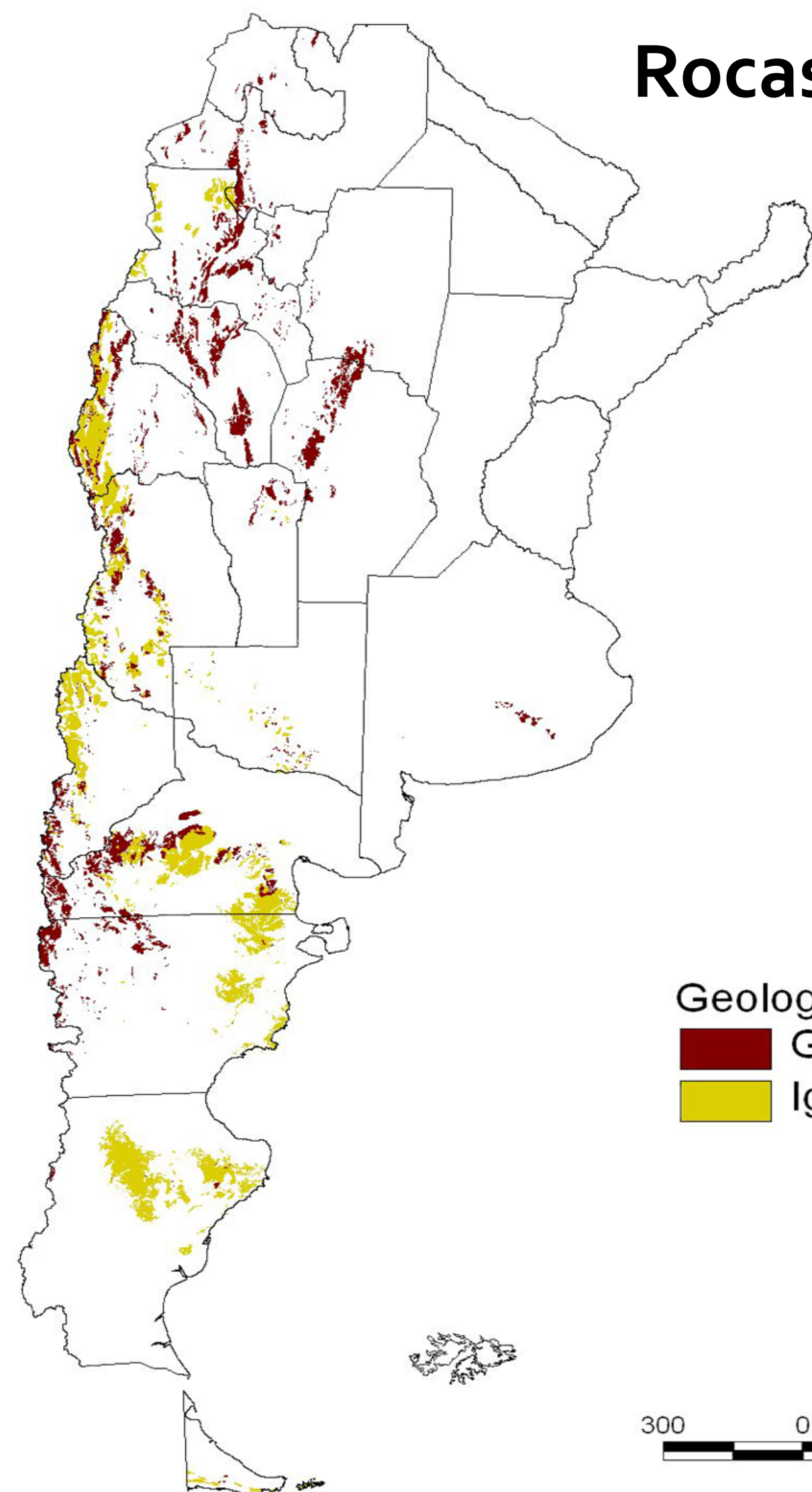
Tenor medio en la corteza terrestre: 3 gramos por tonelada (3 ppm) y unos pocos $\mu\text{g/l}$ en ríos y cuerpos de agua dulce.



800 veces más abundante que el ORO; 40 veces más que la PLATA y tan abundante como el PLOMO, COBALTO, MOLIBDENO o el ARSENICO.



Rocas Ígneas



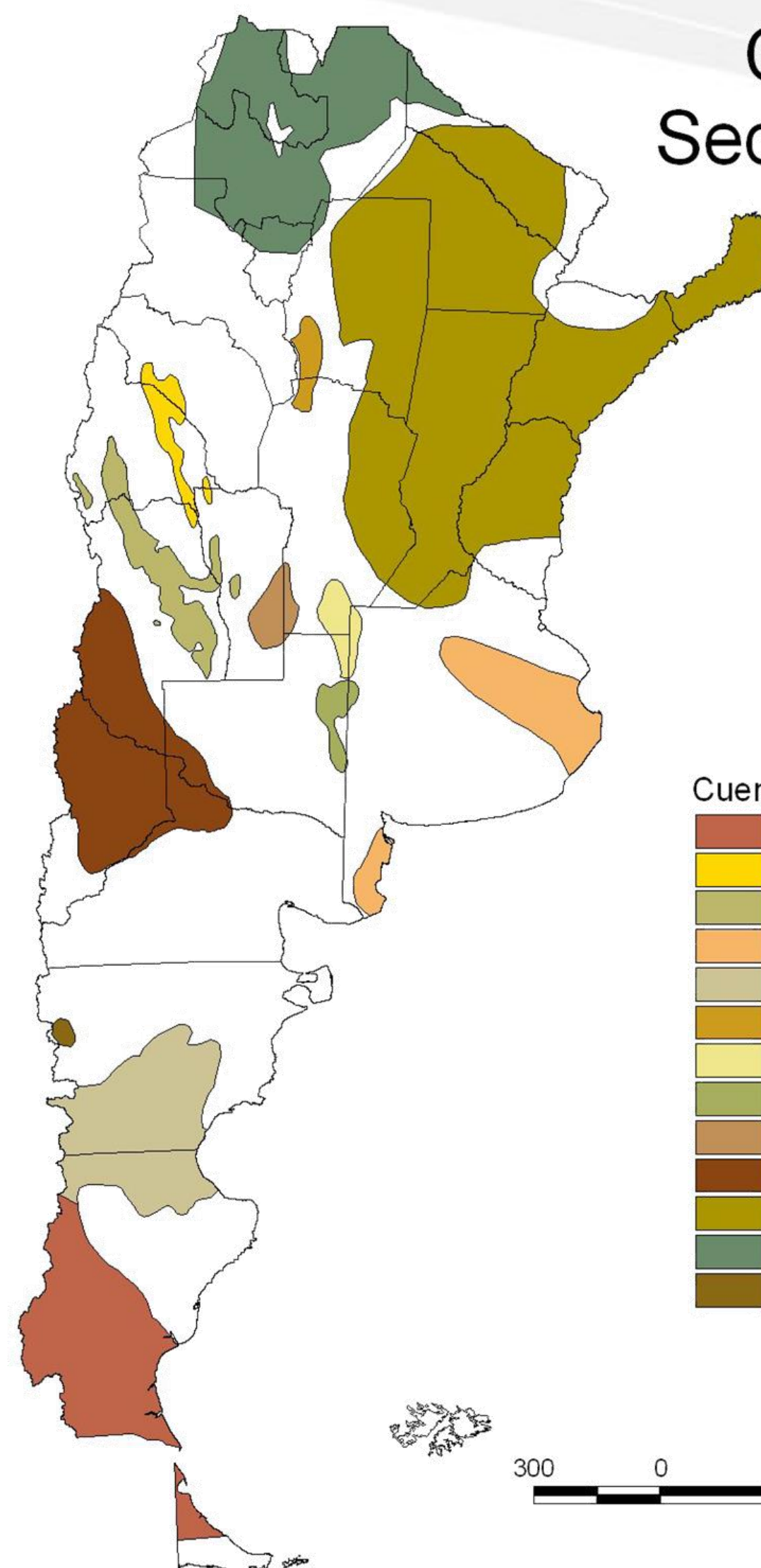
Geologia

- Granitos
- Ignimbritas

300 0 300 600 Km



Cuencas Sedimentarias



Cuencas

- Austral
- Bermejo
- Cuyana
- Del Colorado
- Golfo San Jorge
- Las Salinas
- Levalle
- Macachin
- Mercedes
- Neuquina
- Noreste
- Noroeste
- Ñirihua

300 0 300 600 Km





SITUACIÓN MUNDIAL DE LA MINERÍA DEL URANIO



U D E P O

Depósitos de Uranio = 1545

Recursos = 41.600.000 t U

IAEA-TECDOC-1629

*World Distribution
of Uranium Deposits (UDEPO)
with Uranium Deposit Classification*

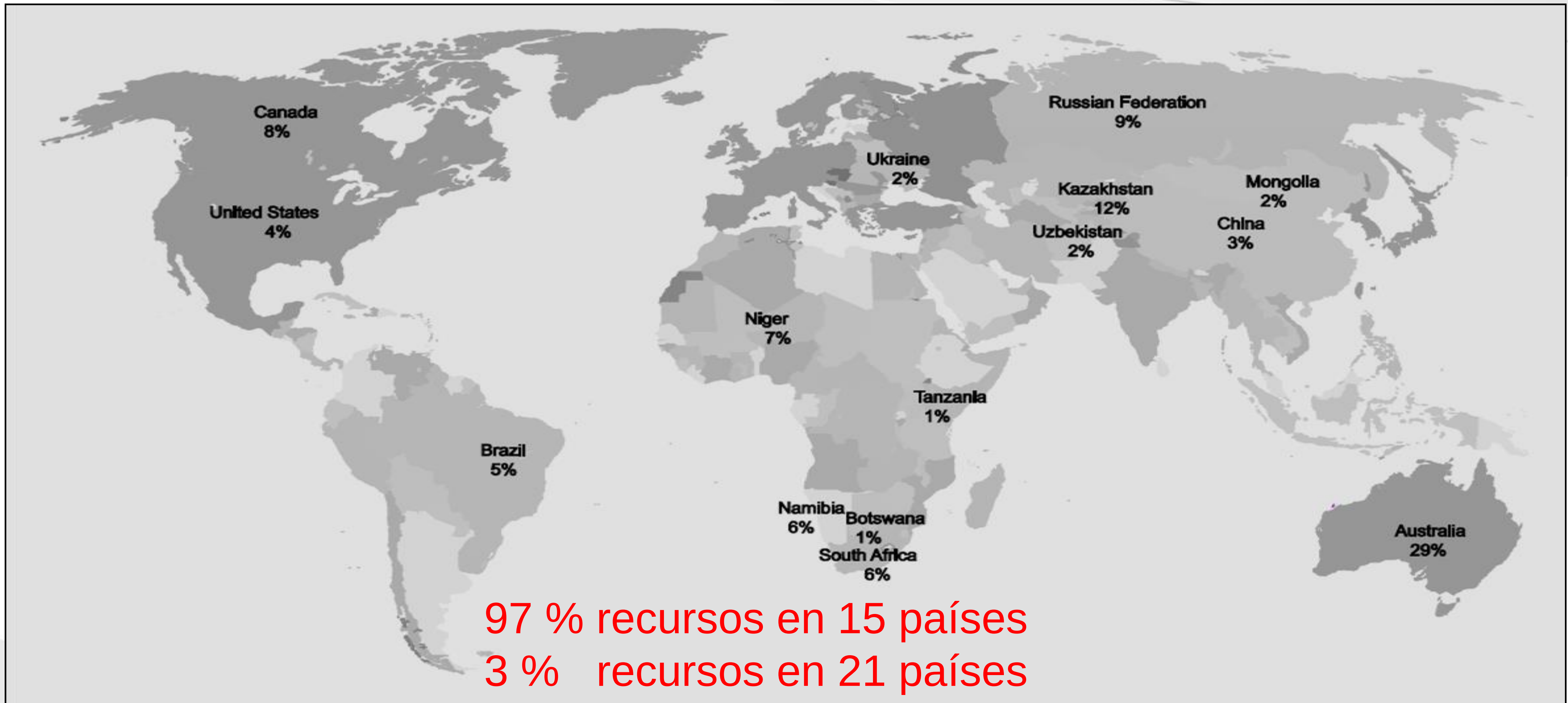
2009 Edition



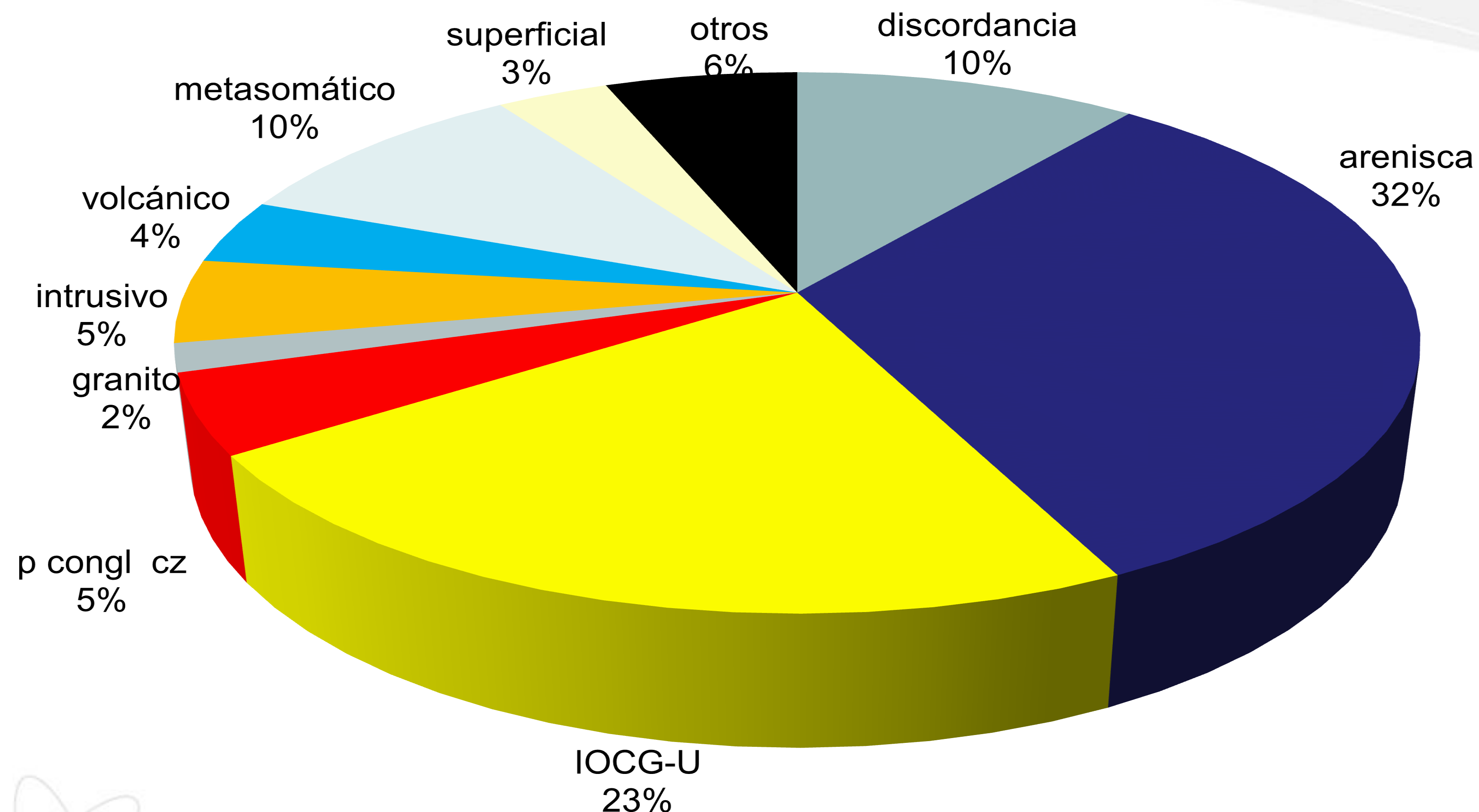
IAEA
International Atomic Energy Agency



RECURSOS URANÍFEROS MUNDIALES



RECURSOS IDENTIFICADOS DE URANIO



RECURSOS IDENTIFICADOS (< USD 130 / kg U): 5.900.000 t U

RECURSOS IDENTIFICADOS (< USD 260 / kg U): 7.600.000 t U

RECURSOS NO DESCUBIERTOS: 7.700.000 t U (2014)

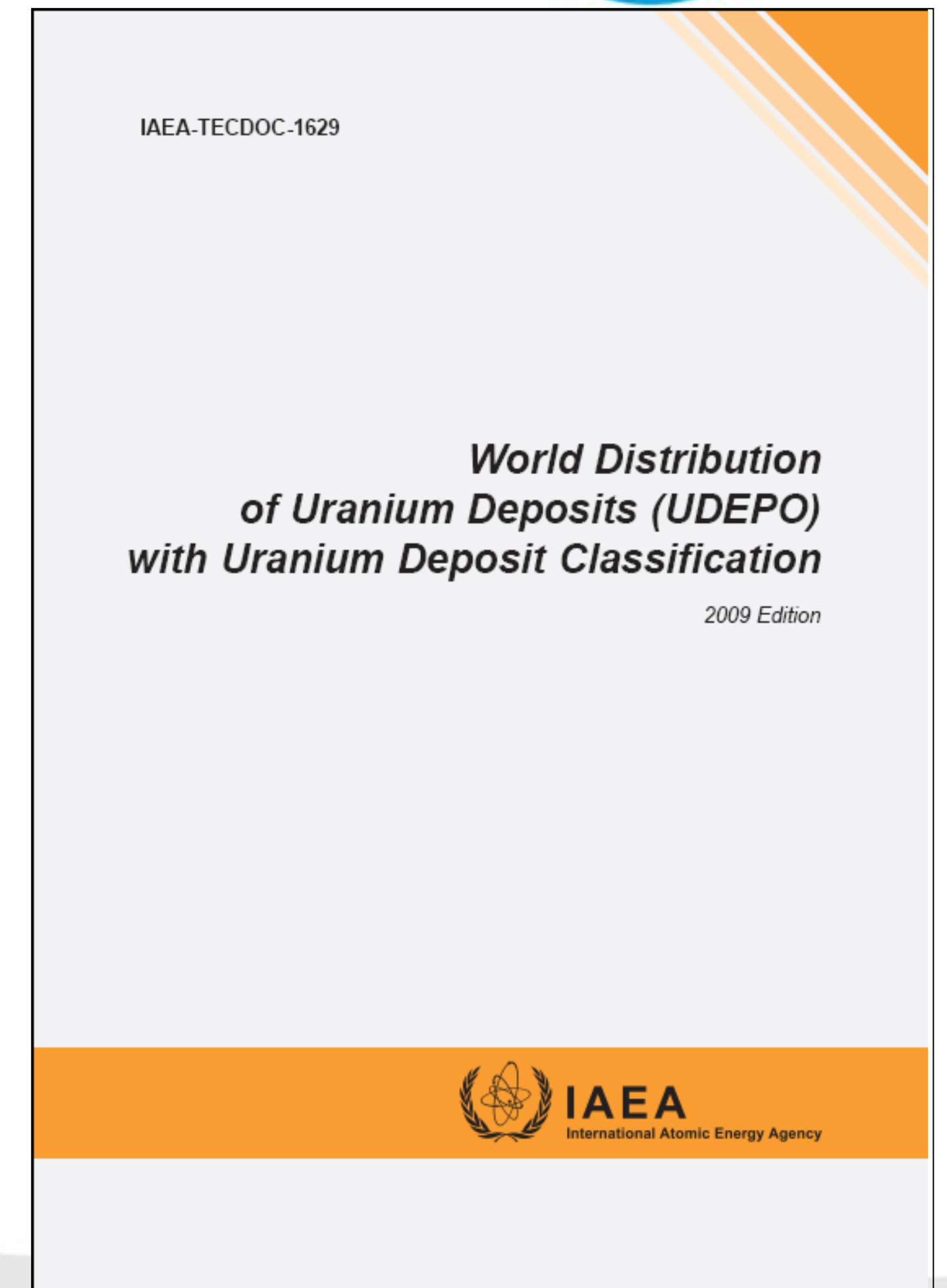
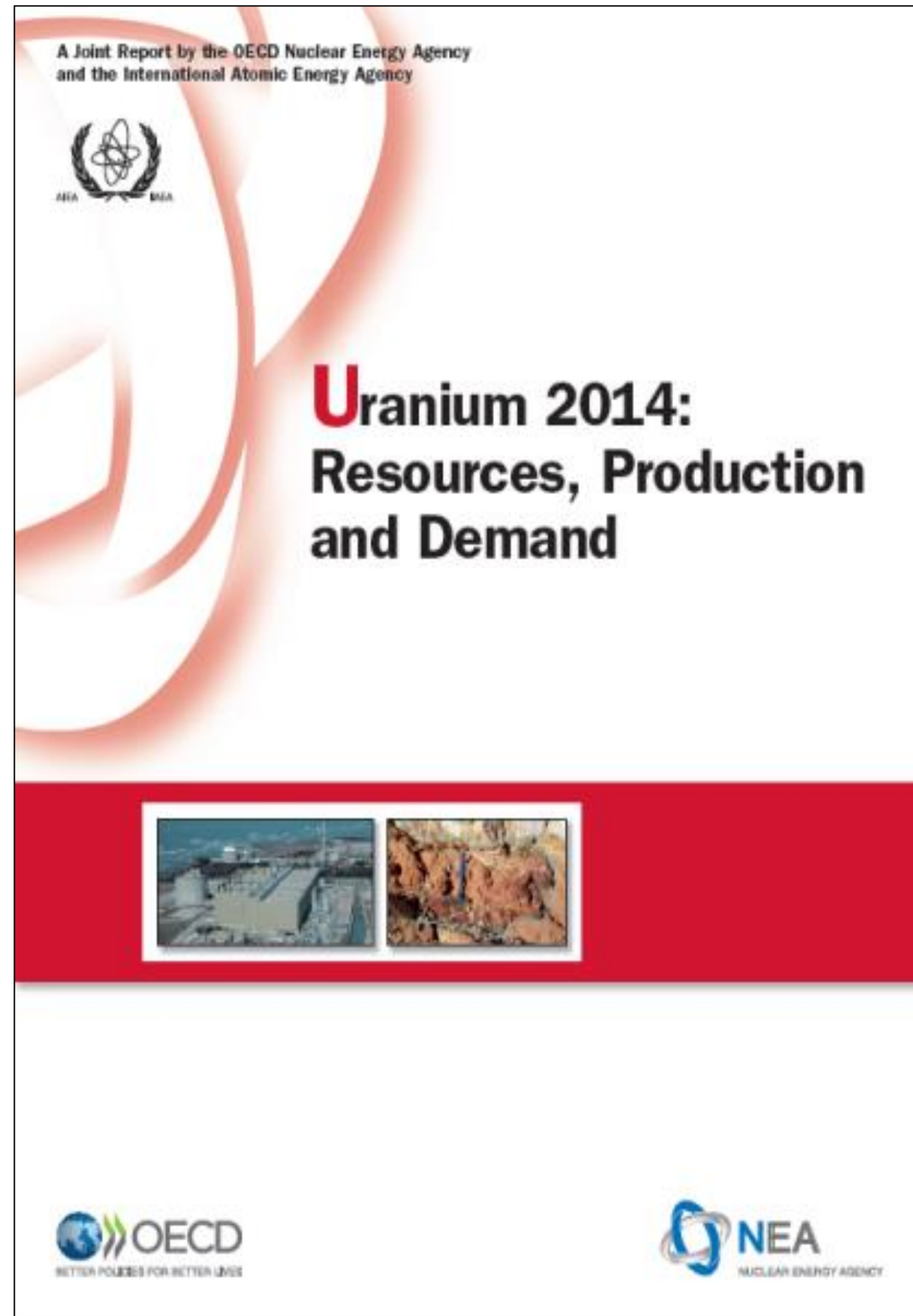


RECURSOS URANÍFEROS NO CONVENCIONALES

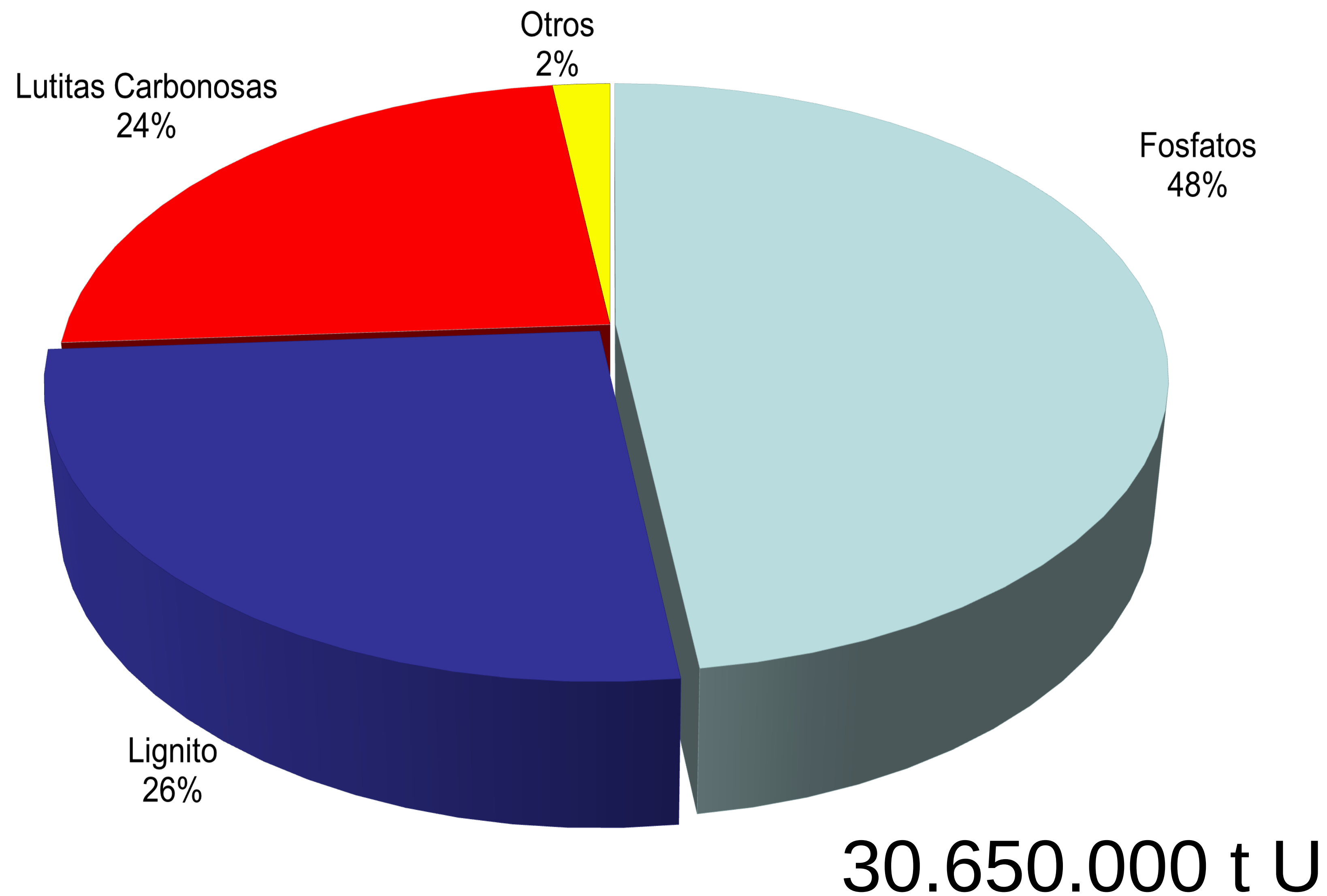


7.300.000 - 8.400.000 t U

30.650.000 t U

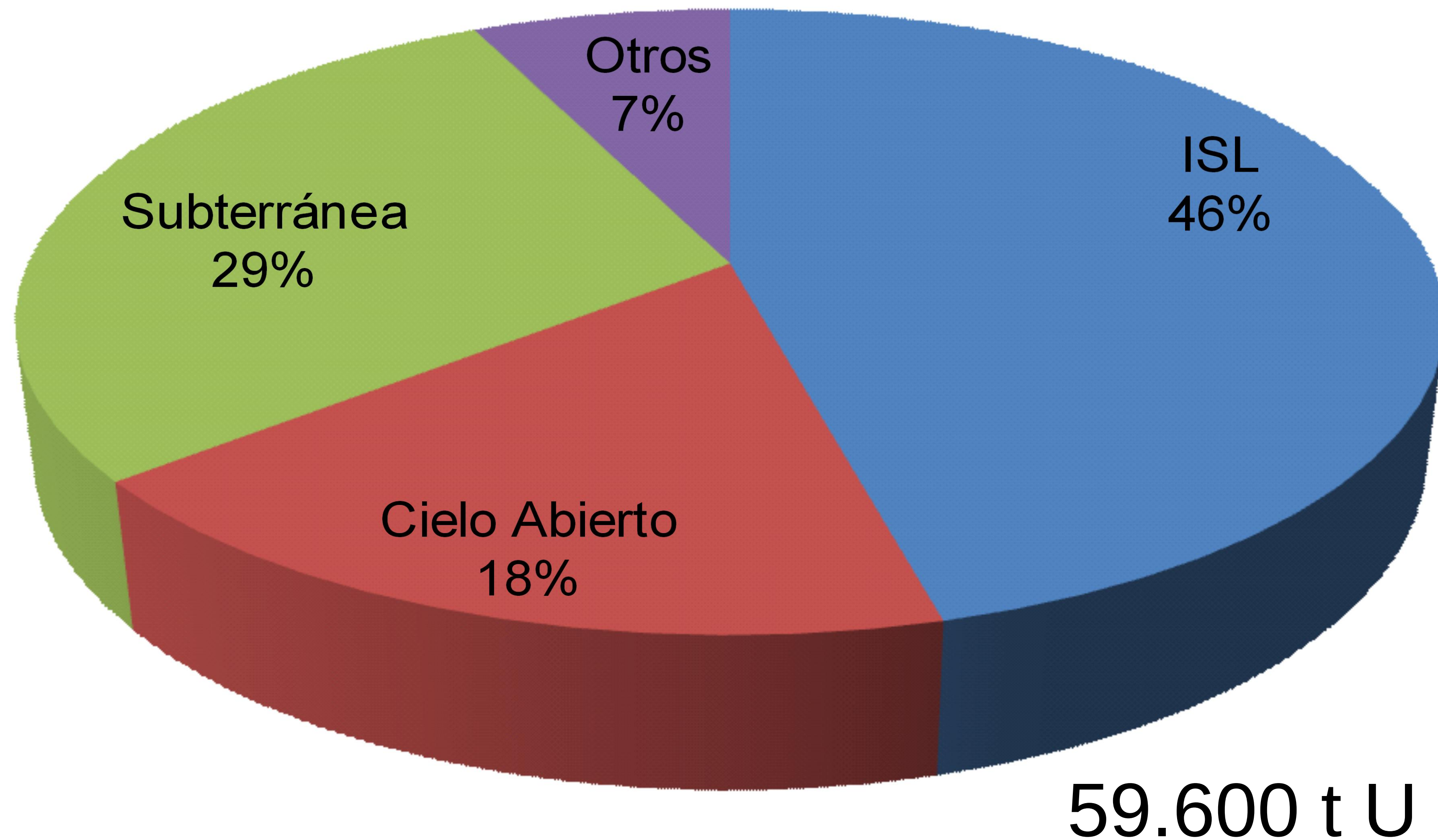


RECURSOS NO CONVENCIONALES DE URANIO

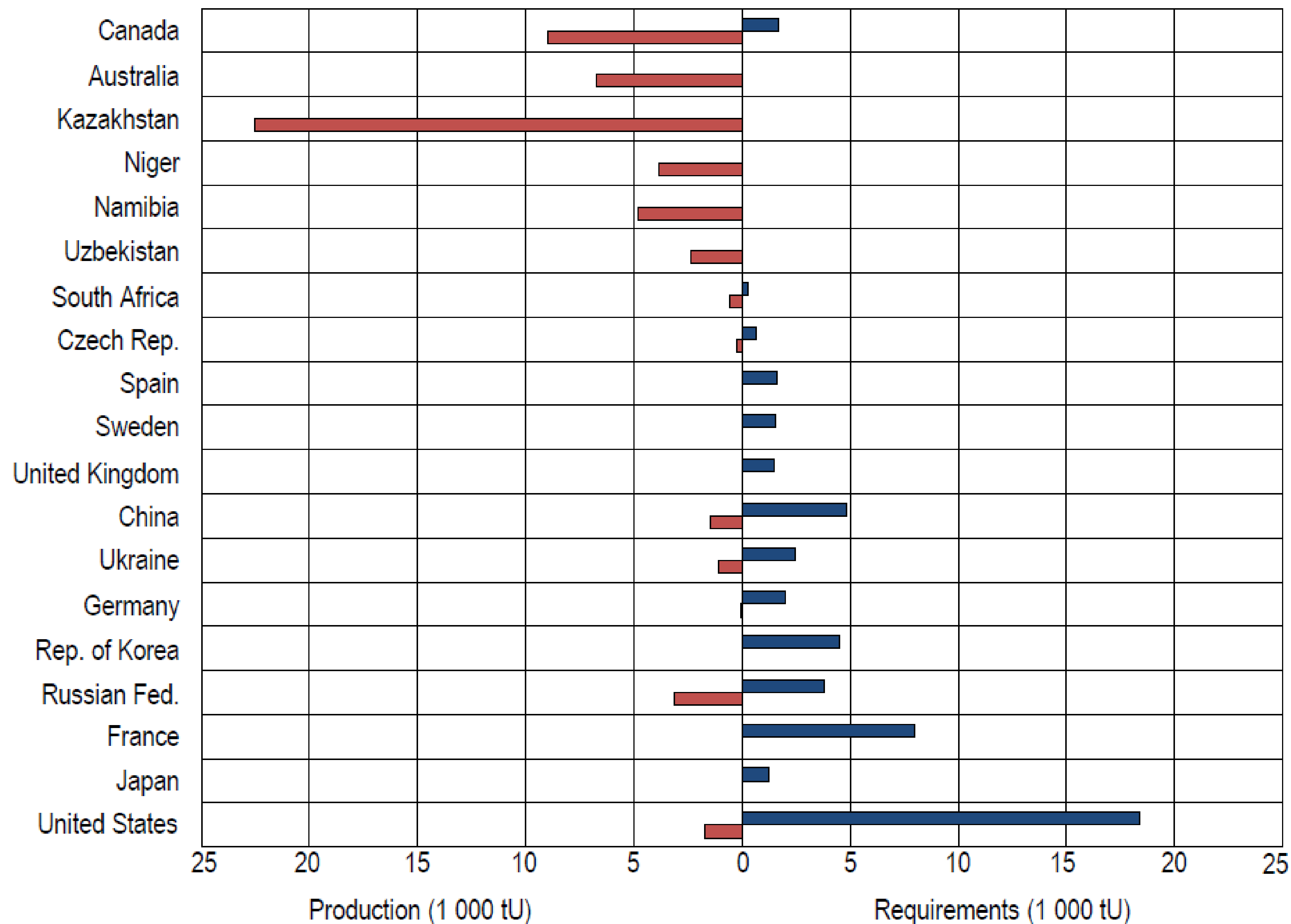




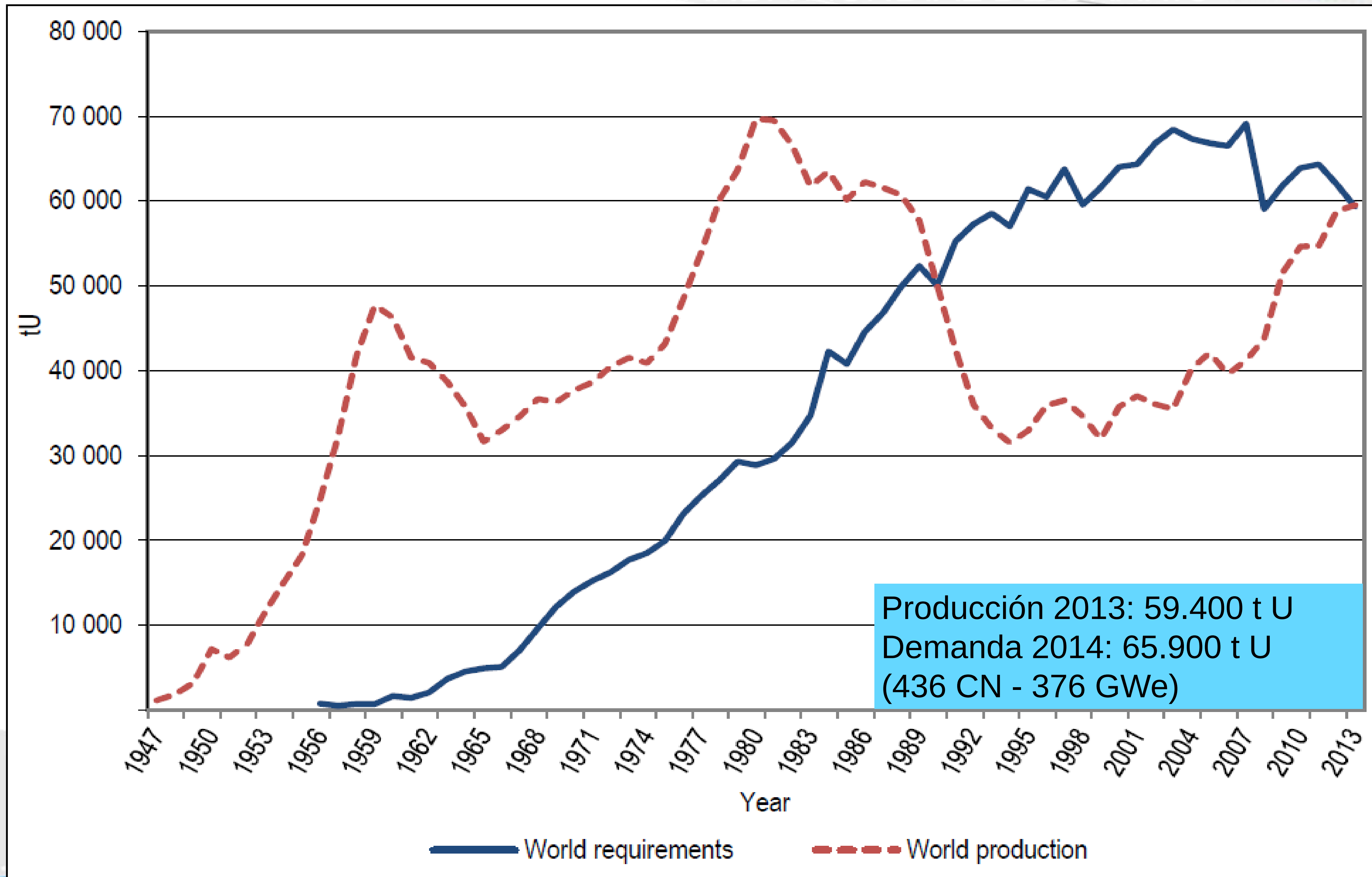
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE URANIO, año 2013



PRINCIPALES PRODUCTORES - CONSUMIDORES



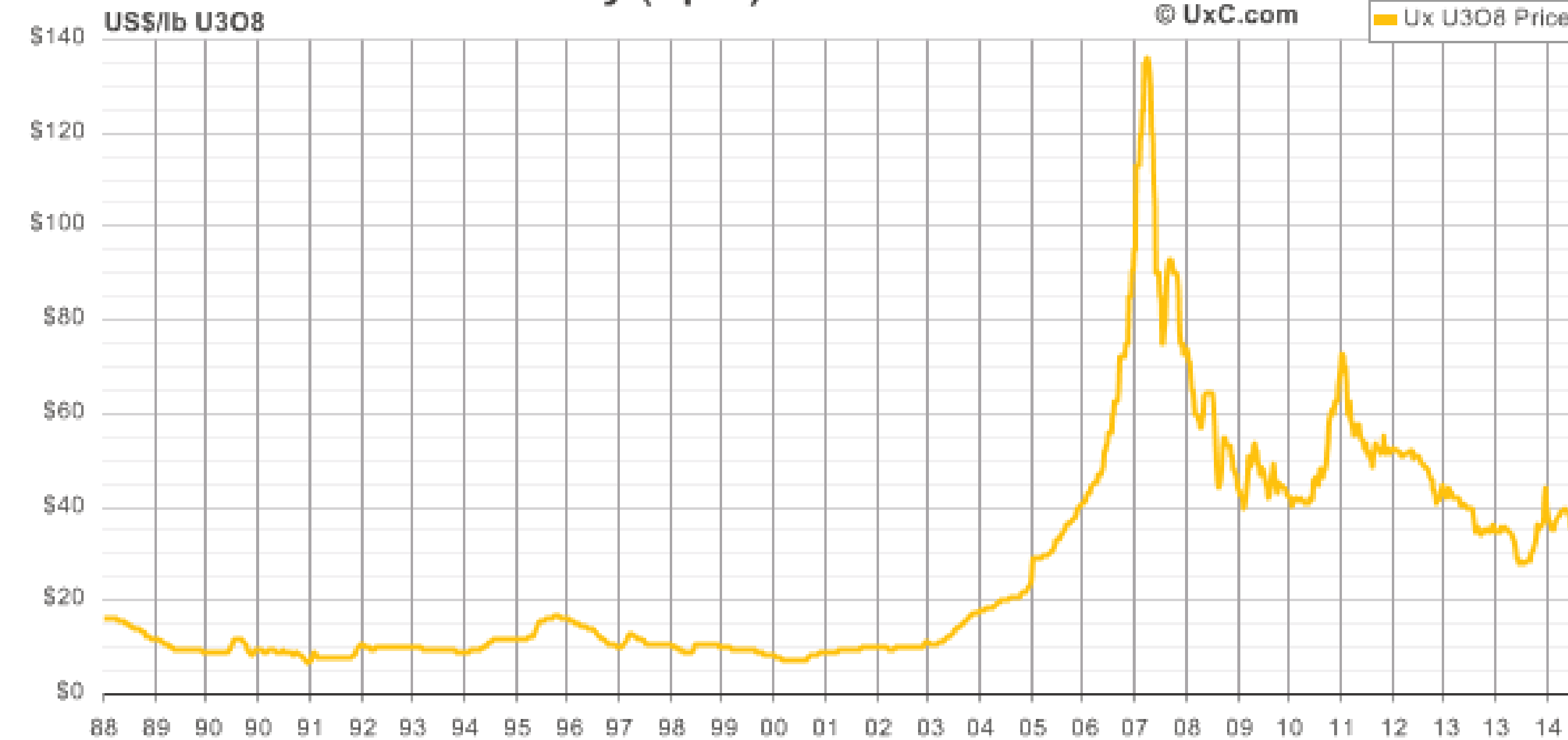
PRODUCCIÓN Y DEMANDA MUNDIAL DE URANIO



FLUCTUACIÓN DEL PRECIO DEL U



Ux U3O8 Price® - Full History (Spot)



U₃O₈ Price : US\$/lb 36,50= US\$/kg 94,90
29/06/15

Source: The Ux Consulting Company, LLC and
include a link back to UxC's home page at <http://www.uxc.com/>



Ux U3O8 Price® - 2 Year History (Spot vs. Long-Term)





SITUACIÓN DE LA MINERÍA DEL URANIO EN LA ARGENTINA



BREVE HISTORIA SOBRE EL URANIO



1945.- Producción de U desde África del Sur, Australia y en EE UU.

1948.- Los yacimientos de Port Radium - Canadá y Shinkolobwe - ex Congo Belga proveían U a occidente.

1874.- Avé-Llalletment reconoce U en muestra proveniente de San Luis.

1935.- Dr. Catalano describe Pechblenda en muestra de pegmatita, Sierras de Córdoba.

26/09/1945.- Decreto N° 22.855 del PEN prohíbe la exportación del U por considerarlo un Mineral Estratégico.

1945/49.- la DGFM explora por U, Th, REE y V en sierras de Córdoba, San Luis, La Rioja.





1946.- Descubrimiento de U en las minas Soberanía e Independencia (bentonita y yeso). La DMGH y luego la DGFM ejecutaron tareas de exploración (1947-1948).



31/05/1950.- Decreto N°10.936 del PEN es creada la CNEA.

1950.- UNCUIYO ➡ ESIC impulsa primer programa de prospección por U en la mina Soberanía.

1951.- CNEA firma convenio con la UNCUIYO para prospectar la región de Potrerillos; fijándose la responsabilidad de las partes mediante las Resoluciones N° 1137/51 y 15/52.

1951.- Se registra a nombre del Estado Nacional el yacimiento Papagayos, Mendoza.

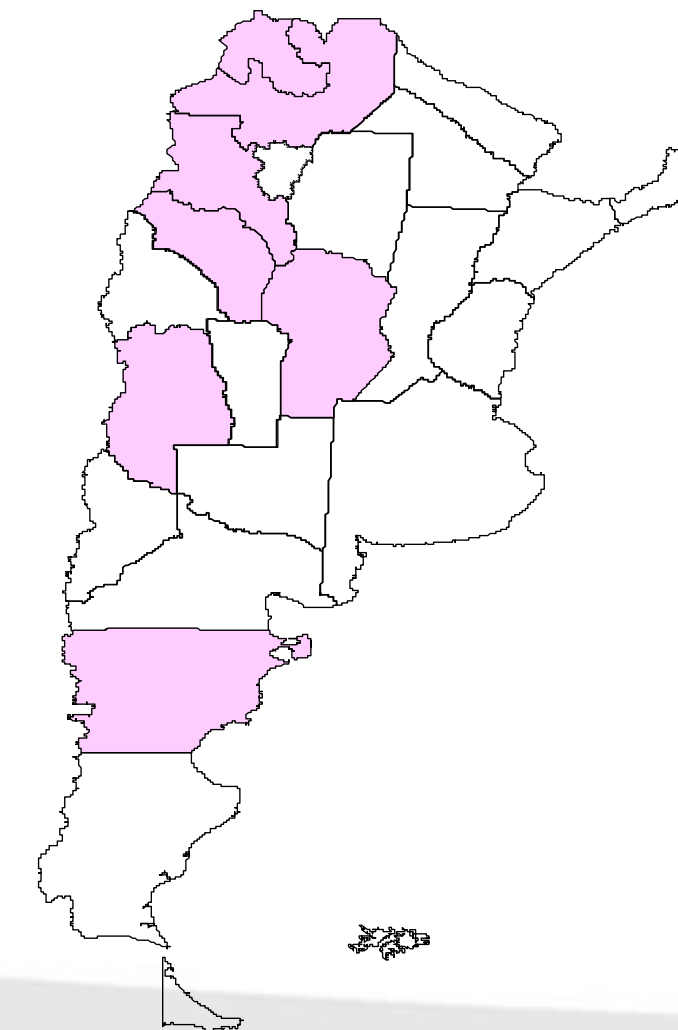


En Fábrica Córdoba se obtiene concentrado como Diuranato de Sodio ($\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$), en Planta Ezeiza se alcanza pureza nuclear.



1952.- Primeros 50 kg de DUNa producidos en Argentina y primicia en Latinoamérica entregados en Casa de Gobierno.

1954/57.- Creación de centros de exploración.





MARCO LEGAL 1956-1994

- **Apéndice al Código de Minería creado por Decreto-Ley 22477/56.**
- **Estatuto Orgánico de la CNEA aprobado por Decreto Ley 22498/56.**

Constituyó el régimen legal para los minerales nucleares por el cual se asignaba a la CNEA un papel relevante en la ejecución y regulación de la prospección, exploración y explotación de los minerales de interés nuclear.



RESULTADO DE LA EXPLORACIÓN REALIZADA, PRODUCCIÓN DE URANIO HASTA 1995



YACIMIENTO DON OTTO (1963/81)
MODELO: URANIO EN ARENISCA
PRODUCCIÓN: 202 tU
EXPLOTACIÓN: SUBTERRÁNEO

YACIMIENTO LOS COLORADOS (1993/96)
MODELO: URANIO EN ARENISCA
PRODUCCIÓN: 55 tU
EXPLOTACIÓN: CIELO ABIERTO

YACIMIENTO SIERRA PINTADA (1975/95)
MODELO: URANIO EN ARENISCA
PRODUCCIÓN: 1.600 tU
EXPLOTACIÓN: CIELO ABIERTO

YACIMIENTO PAPAGAYOS (1952/55)
MODELO: URANIO EN ARENISCA
PRODUCCIÓN: 4,5 tU
EXPLOTACIÓN: CIELO ABIERTO

YACIMIENTO HUEMULES (1952/76)
MODELO: URANIO EN ARENISCA
PRODUCCIÓN: 208 tU
EXPLOTACIÓN: SUBTERRÁNEO

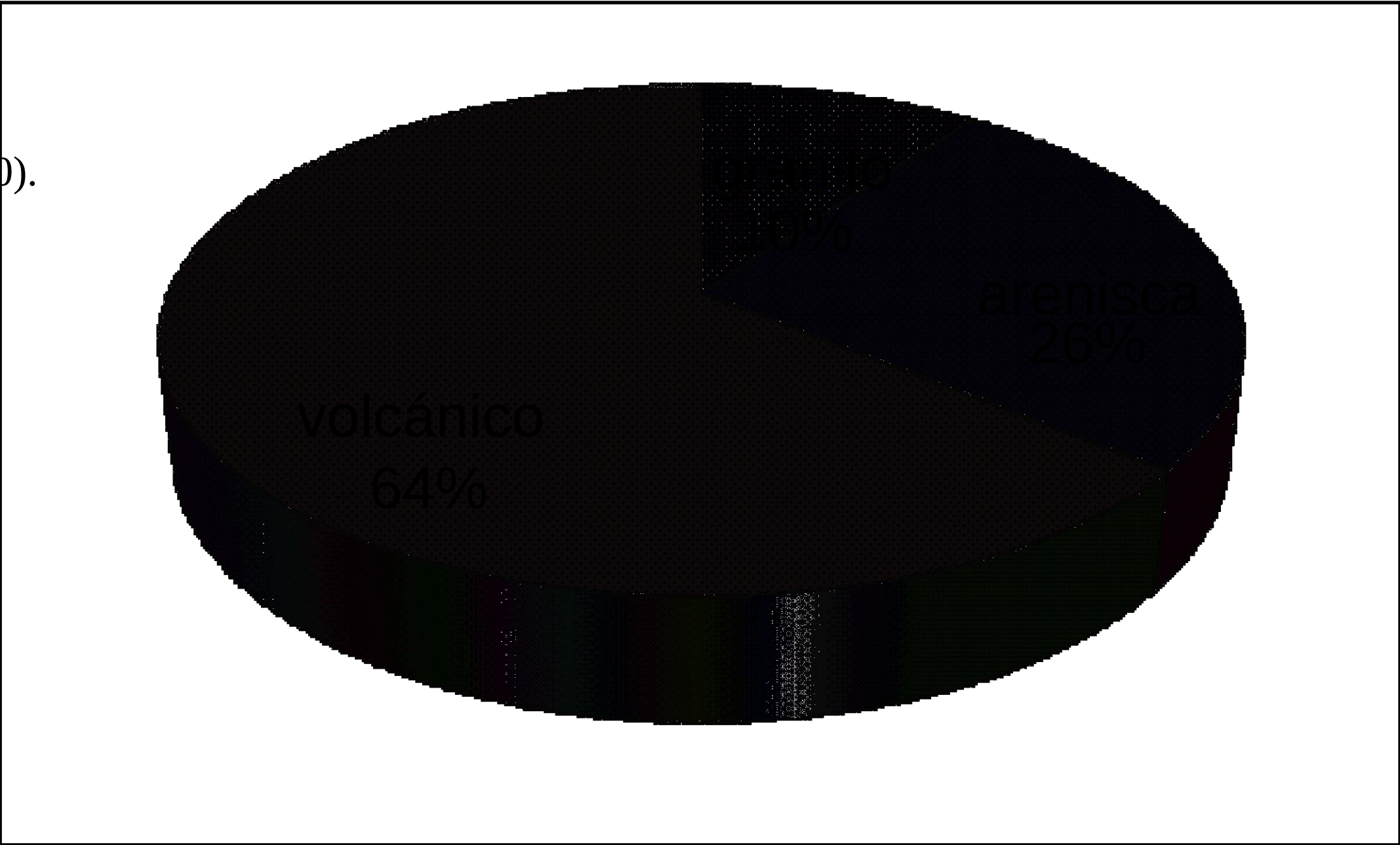
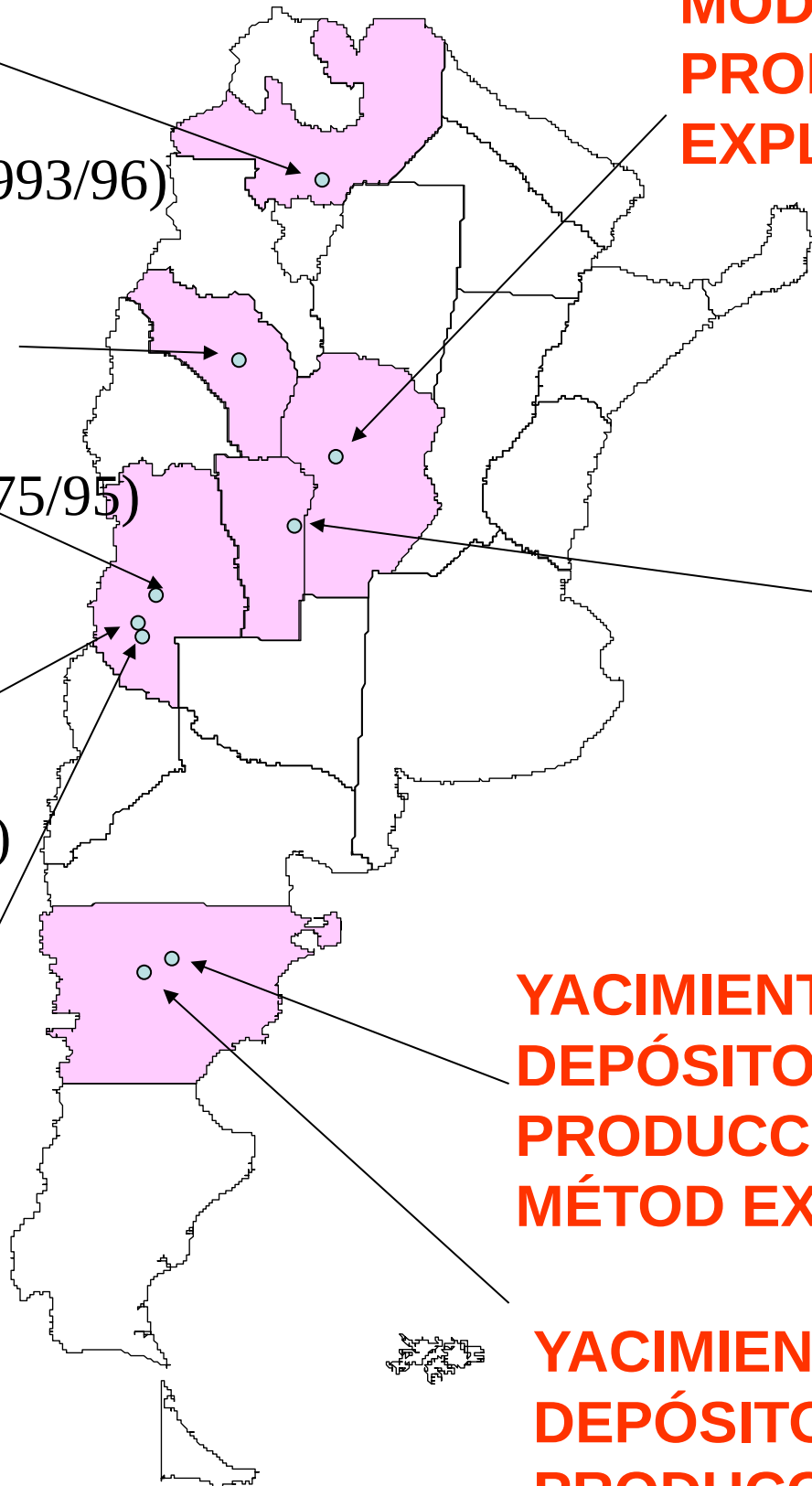
YACIMIENTO SCHLAGINTWEIT (1982/89)
MODELO: URANIO EN GRANITO
PRODUCCIÓN: 207 tU
EXPLOTACIÓN: CIELO ABIERTO

YACIMIENTO LA MARQUESA (1953/64)
MODELO: URANIO EN GRANITO
PRODUCCIÓN: 16 tU
EXPLOTACIÓN: CIELO ABIERTO

YACIMIENTO LA ESTELA (1985/90).
MODELO: URANIO EN GRANITO
PRODUCCIÓN: 25 tU
EXPLOTACIÓN: CIELO ABIERTO

YACIMIENTO LOS ADOBES (1974/76)
DEPÓSITO: URANIO EN ARENISCA
PRODUCCIÓN: 120 tU
MÉTOD EXPLOTACIÓN: CIELO ABIERTO

YACIMIENTO CERRO CONDOR (1978/80)
DEPÓSITO: URANIO EN ARENISCA
PRODUCCIÓN: 56 tU
EXPLOTACIÓN: CIELO ABIERTO



TOTAL PRODUCIDO: 2581,7 t U

REFORMA CONSTITUCIONAL, NUEVO MARCO LEGAL



Ley 24.498/95, ACTUALIZACIÓN MINERA - Artículo N° 16. Deroga legislación precedente y retorna los minerales nucleares al régimen de concesibilidad.

**Ley 24.585/95, PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA LA ACTIVIDAD MINERA.
Anexo I, II y III, Etapas de Prospección, Exploración y Explotación.**

Decreto 456/97, Texto ordenado del CODIGO DE MINERIA - Título XI: DE LOS MINERALES NUCLEARES (artículos 205 al 212).

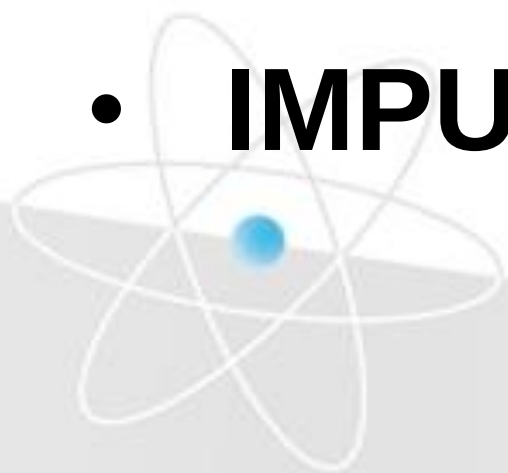
Ley 24.804/97, LEY NACIONAL DE LA ACTIVIDAD NUCLEAR

Art. 2, Inciso k.- Efectuar la prospección de minerales de uso nuclear, sin que ello implique excluir al sector privado en tal actividad.

Anuncio del PLAN de REACTIVACIÓN de la ACTIVIDAD NUCLEAR en la REPÚBLICA ARGENTINA (23 de agosto de 2006)



- Finalizar la CN ATUCHA II
- Estudiar la viabilidad de una CUARTA CN
- Extender la vida útil de la CN EMBALSE
- Construir el PROTOTIPO DE REACTOR CAREM
- Poner en marcha la PLANTA DE AGUA PESADA
- Reanudar las actividades de ENRIQUECIMIENTO DE U
- Promover acuerdos para entrega gratuita de RADIOISÓTOPOS a hospitales
- **IMPULSAR LA MINERÍA DEL URANIO**



PLAN ESTRATÉGICO INSTITUCIONAL 2010-2019 (organizado por áreas temáticas)



MISIÓN: *“Efectuar la prospección de minerales de uso nuclear”*
(Ley N° 24.804, Artículo 2, Inciso k).

VISIÓN: *“Asegurar los recursos de uranio necesarios para cubrir los requerimientos nacionales, en un marco de desarrollo sustentable”*

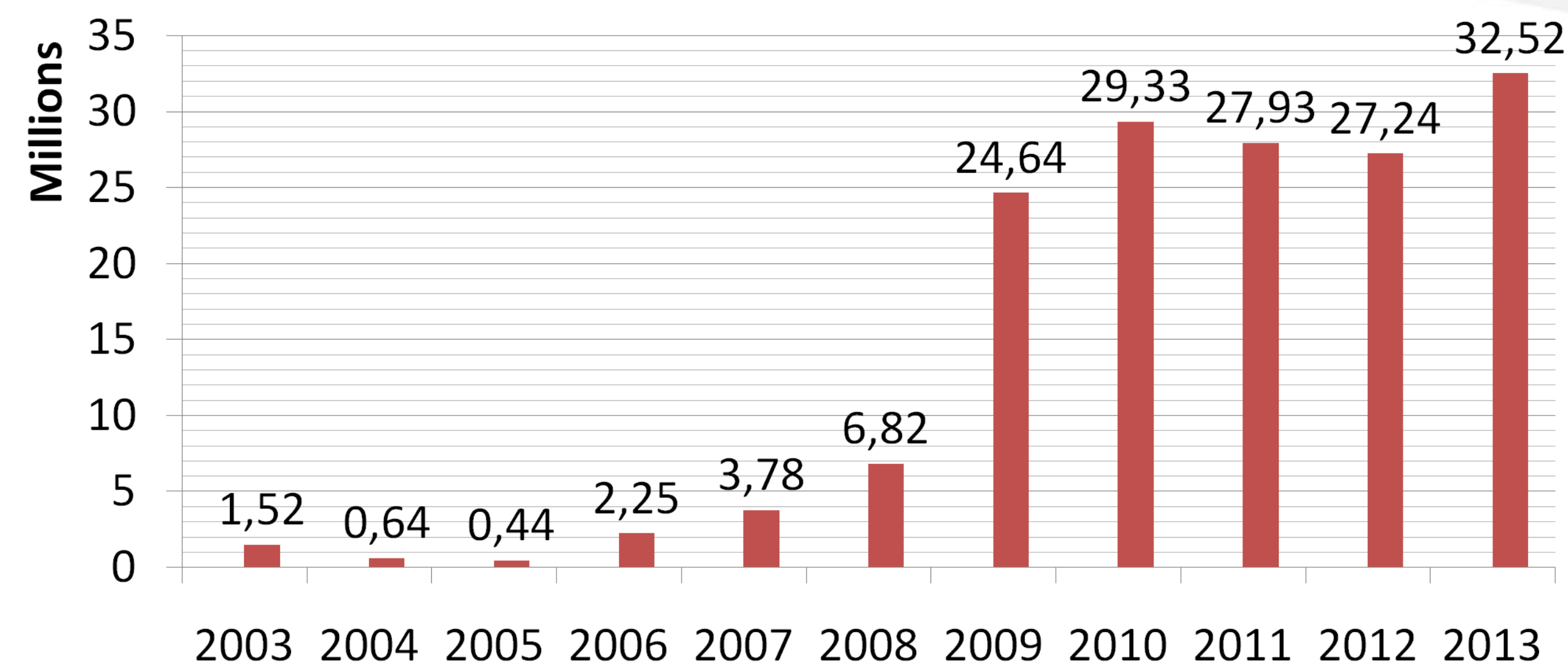
Objetivo Estratégico 1: Incrementar los RRA, que propendan al abastecimiento de uranio nacional para las centrales nucleares existentes y a construir

Objetivo Estratégico 2: Incrementar los RI en los depósitos minerales conocidos y en áreas en exploración.

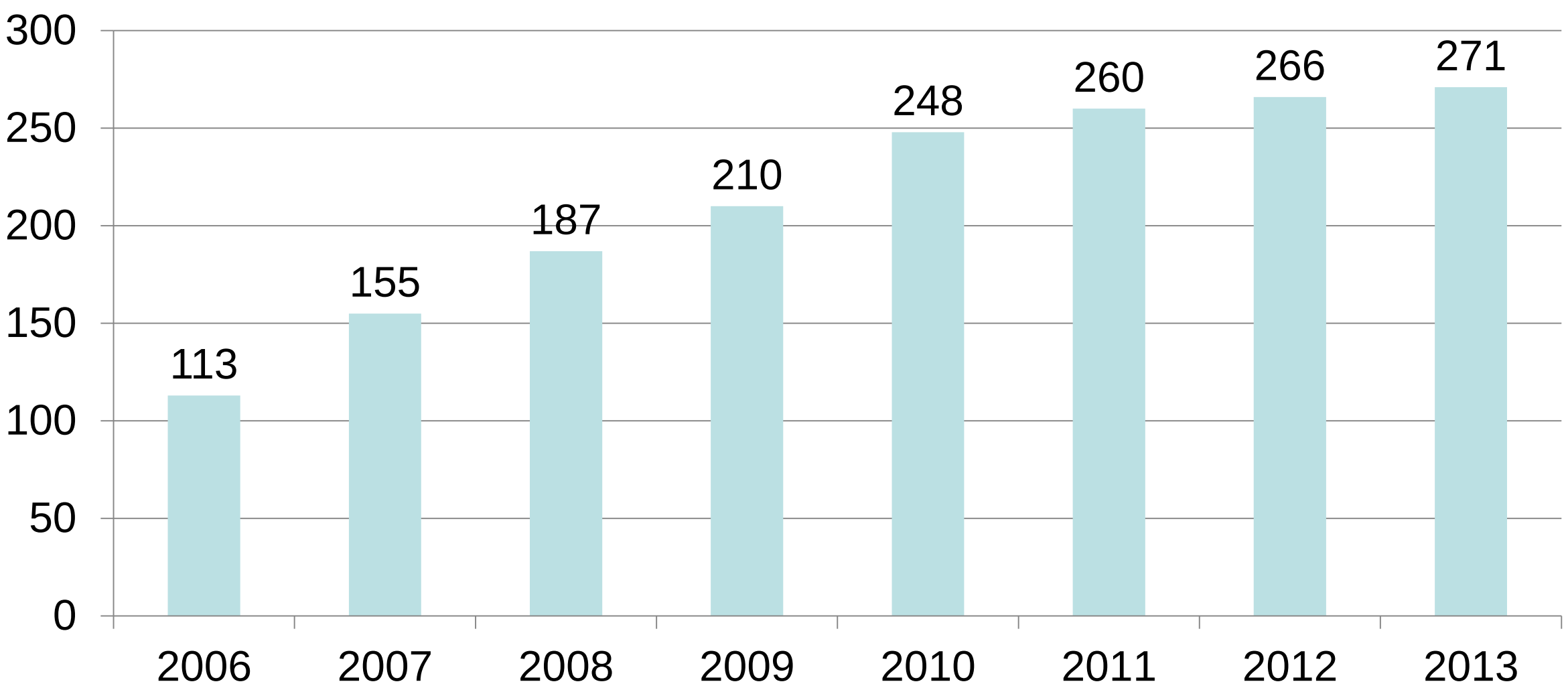
Objetivo Estratégico 3: Incrementar el conocimiento sobre el potencial geológico uranífero del país.

El **PEI** contempla requerimientos de **Presupuesto** y **Capital intelectual**.

EVOLUCIÓN PRESUPUESTO ASIGNADO

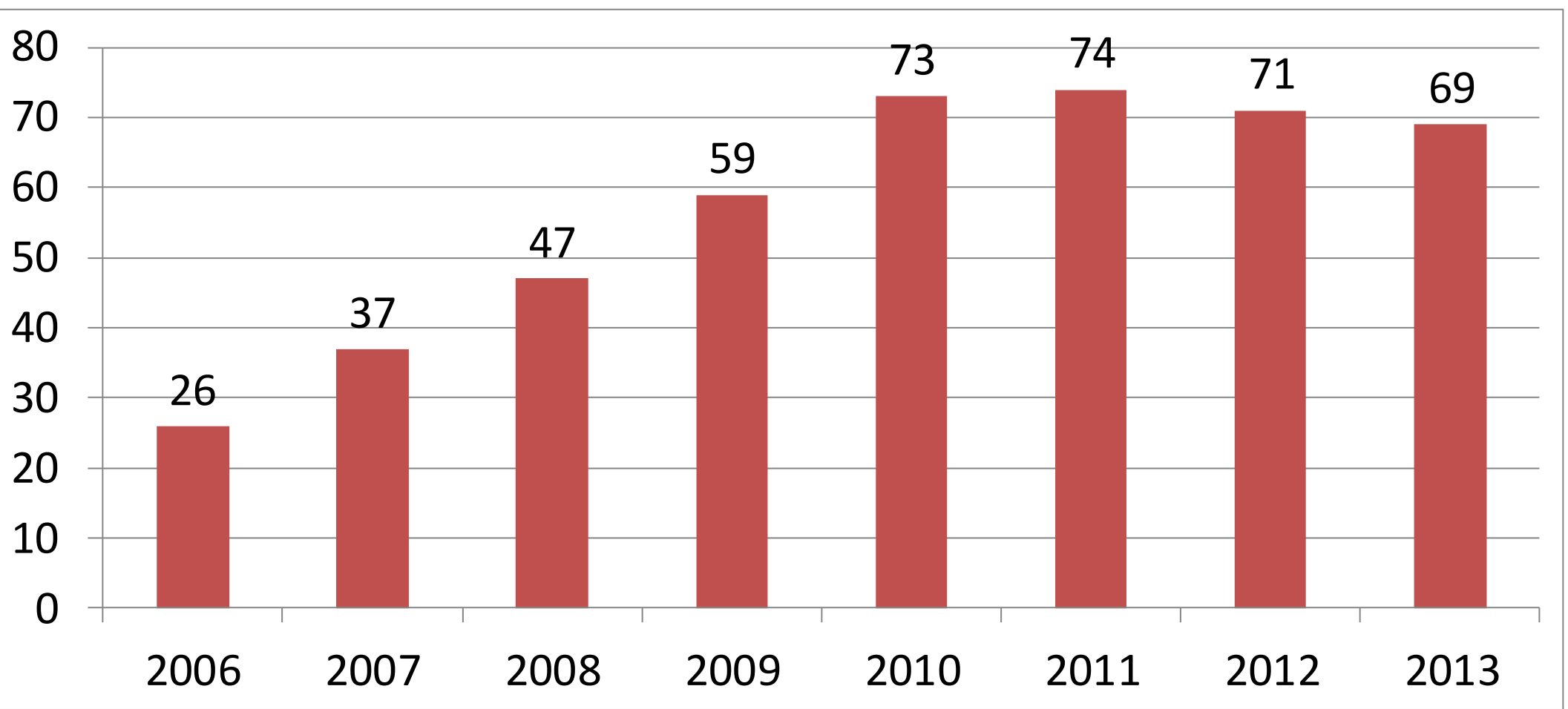


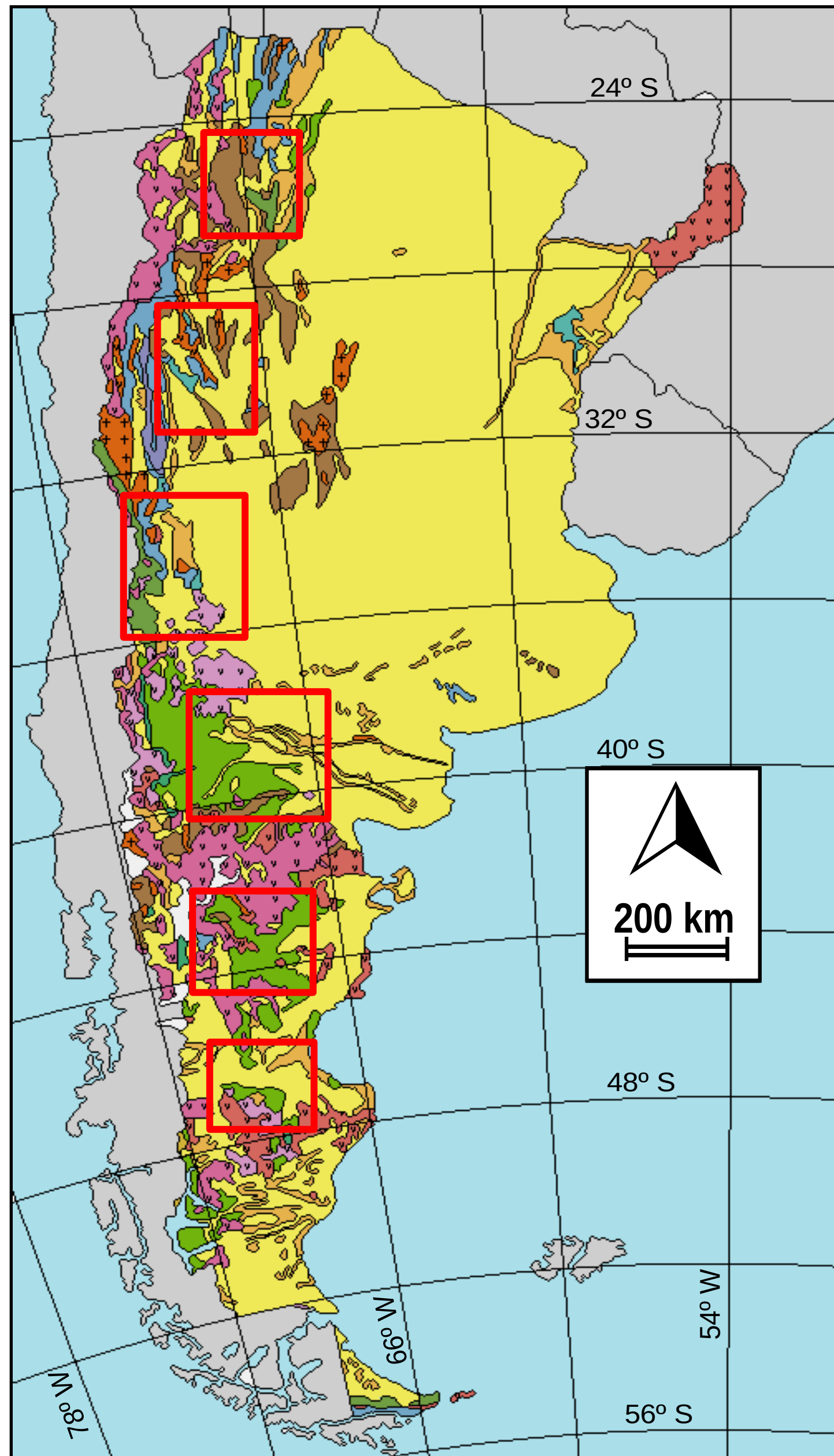
EVOLUCIÓN PLANTA DE PERSONAL



EVOLUCIÓN ÁREAS EN EXPLORACIÓN

Superficie objeto de exploración: 328.628 ha





UBICACIÓN ÁREAS CONCEDIDAS Y EN GESTIÓN



PROVINCIA	AREA DE CATEO	M. de D.	YACIMIENTO
Salta	4	2	1
Catamarca	7		1
La Rioja	7	10	2
San Juan	3		
Mendoza	3		
La Pampa	5		
Río Negro	5		
Chubut	3	7	6
Santa Cruz	5		

En el cuidado ambiental, además de observar las normativas nacionales y provinciales en el desarrollo de las actividades de exploración, la CNEA cuenta en su estructura orgánica con la **Gerencia de Gestión Ambiental**, responsable de efectuar controles institucionales en la materia.

INVESTIGACIÓN DE LA FAVORABILIDAD GEOLÓGICA- URANÍFERA DEL TERRITORIO NACIONAL

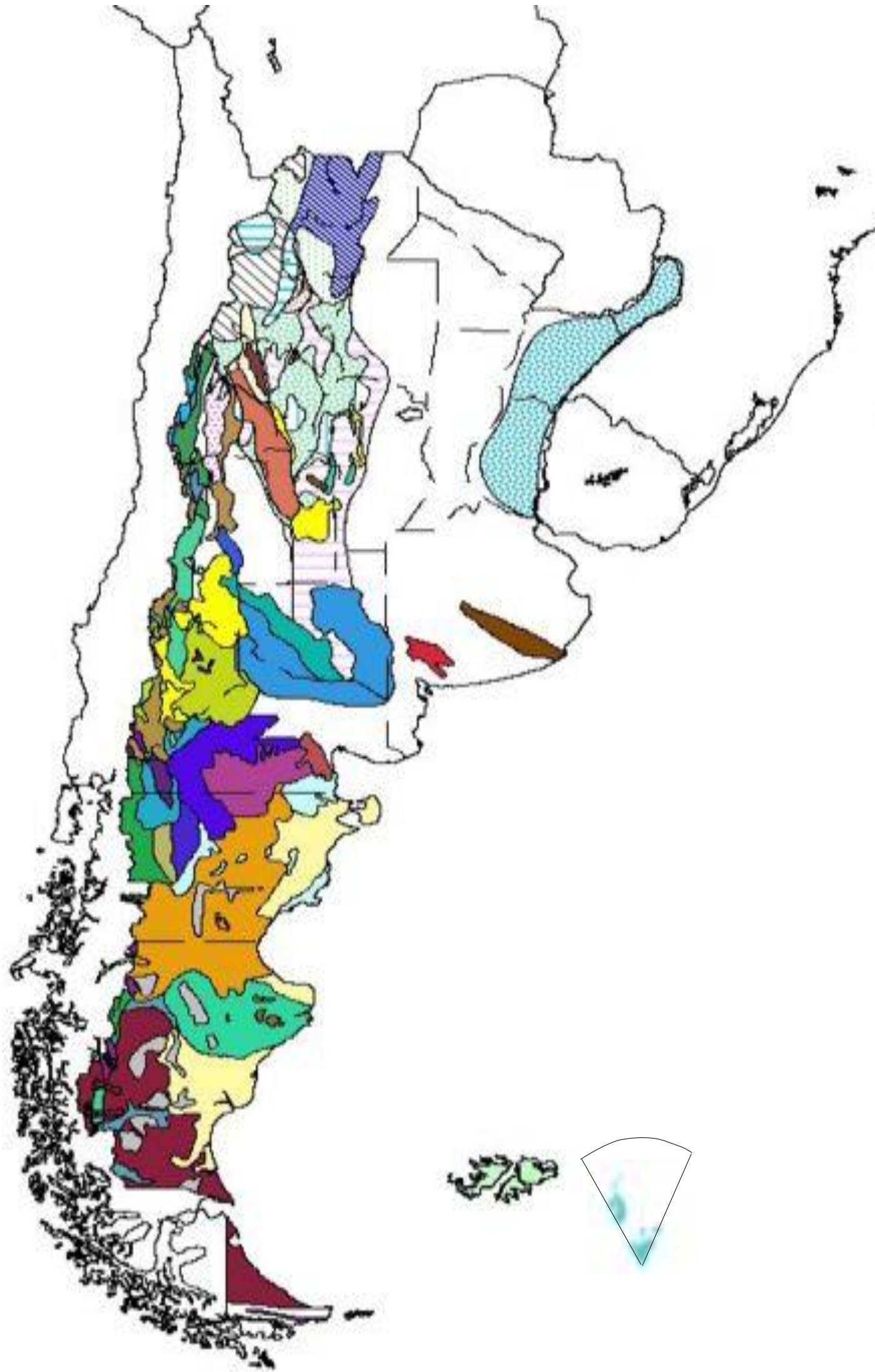


Objetivo: evaluar el potencial uranífero de la República Argentina.

En el desarrollo del estudio de carácter regional se aplicó hasta el año 2013 el Método NURE del Servicio Geológico de Estados Unidos (National Uranium Resource Evaluation), habiéndose dividido el territorio nacional en 61 Unidades de investigación.

A partir de 2014 se aplica el Método de Familias de Minerales del Servicio Geológico de Australia.

El programa es desarrollado independientemente de los requerimientos de Uranio a corto plazo y del stock de U en el mercado.



REGIÓN PATAGÓNICA: PROYECTOS EN CURSO



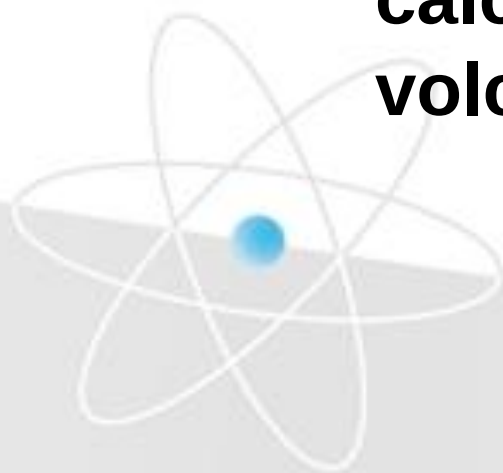
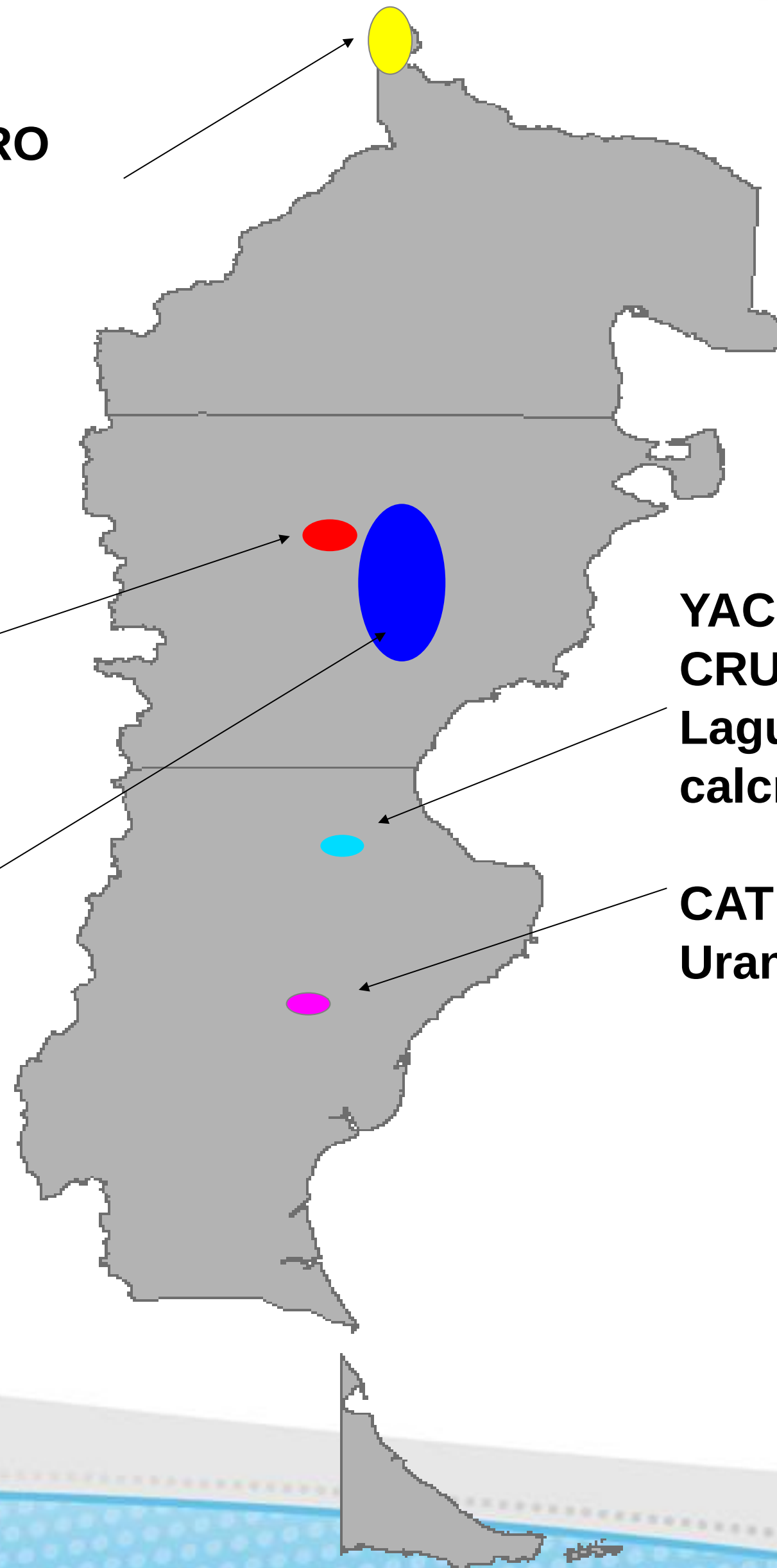
CATEOS EN RIO NEGRO
Uranio en arenisca

YACIMIENTOS EN CHUBUT
Cerro Solo y depósitos asociados:
Uranio en arenisca.
Laguna Colorada: Uranio en rocas
volcanoclásticas

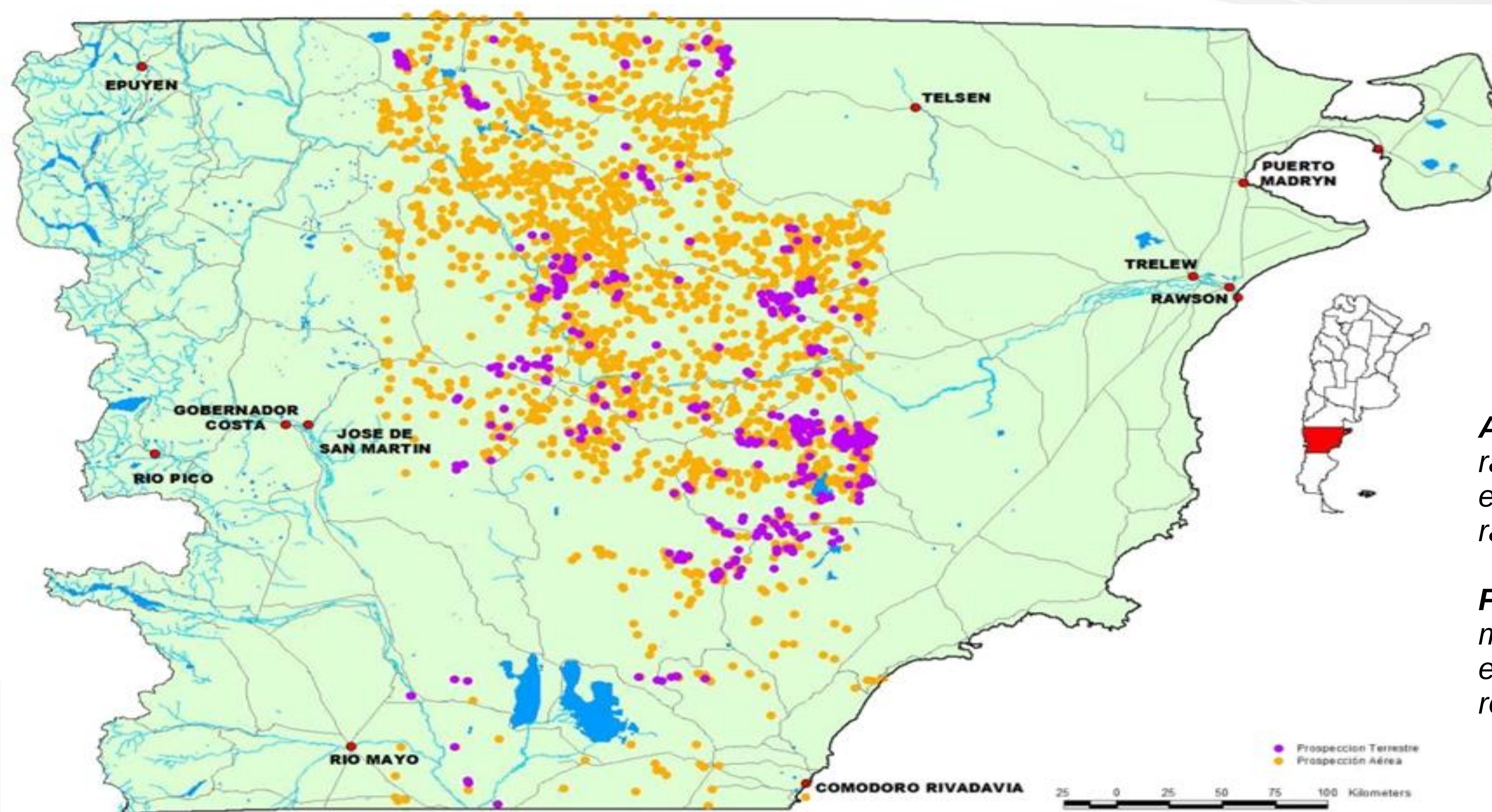
CATEOS EN CHUBUT
Uranio en areniscas, Uranio en
calcrete y Uranio en rocas
volcanoclásticas

**YACIMIENTOS EN SANTA
CRUZ**
Laguna Sirven: Uranio en
calcrete

CATEOS EN SANTA CRUZ
Uranio en calcrete

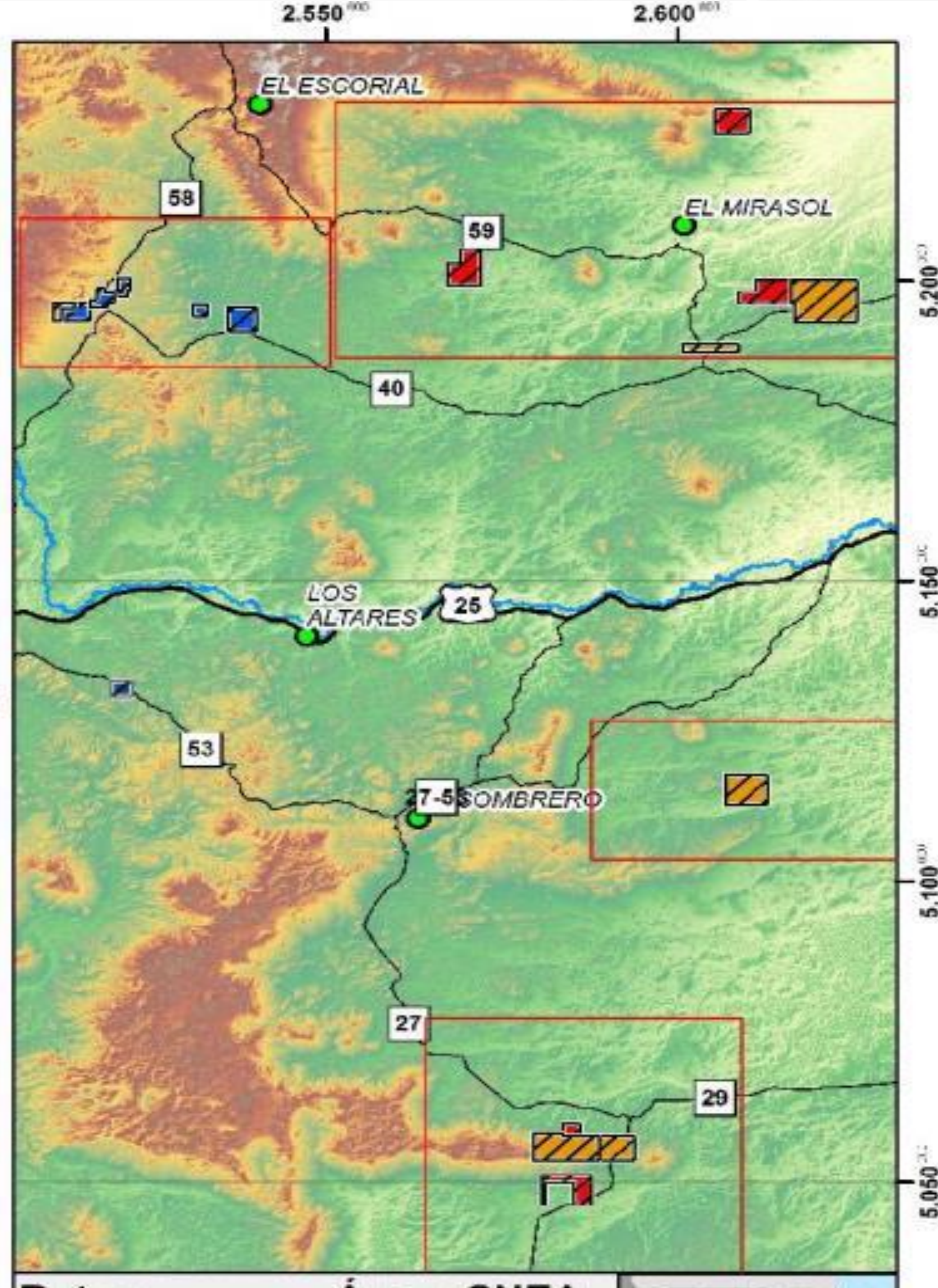


MAPA DE ANOMALÍAS RADIMÉTRICAS



Anomalía: valor de radiación gamma por encima del fondo radimétrico.

Fondo radimétrico: valor medio de radiación gamma esperable para el tipo de roca.



ÁREAS OBJETO DE PROSPECCIÓN – EXPLORACIÓN, CHUBUT

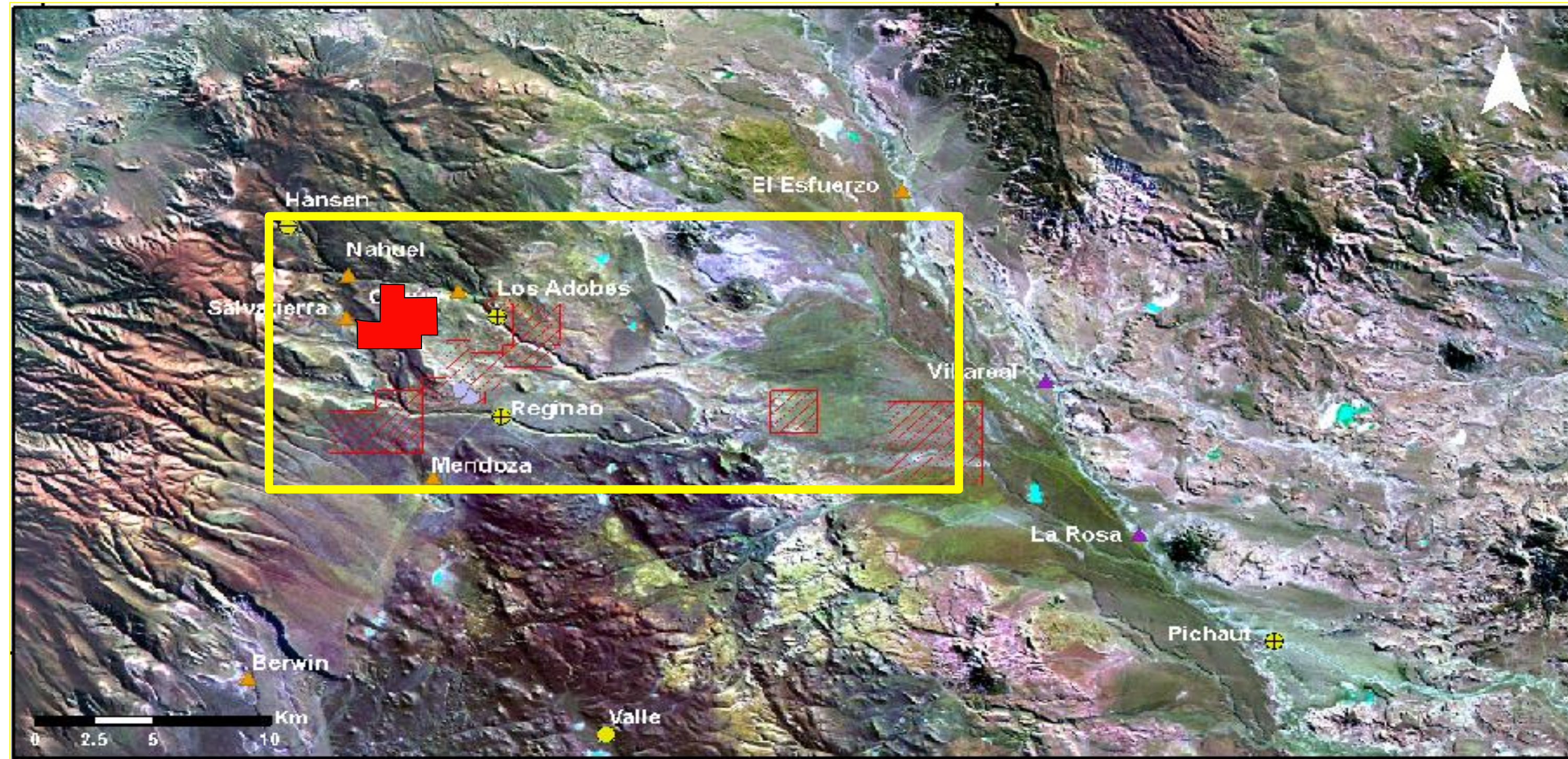
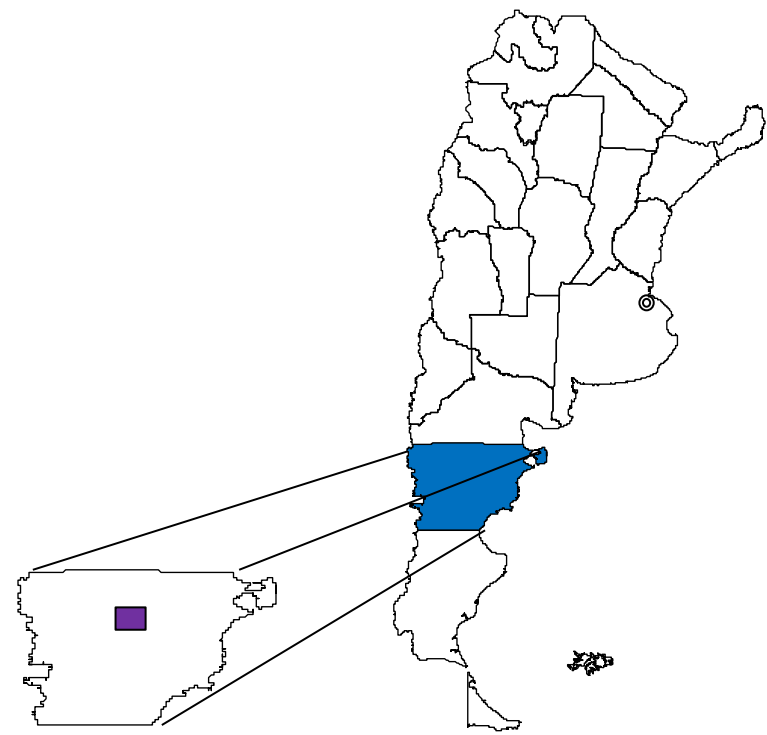




DISTRITO URANÍFERO CERRO SOLO

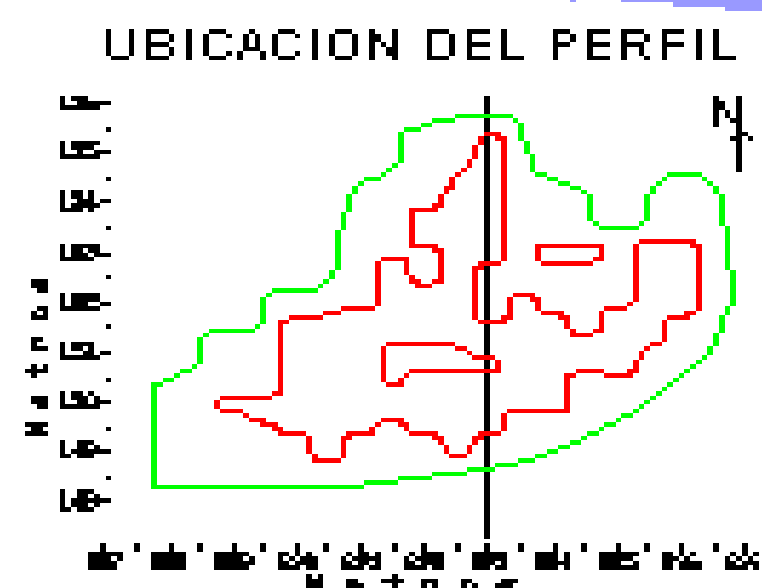
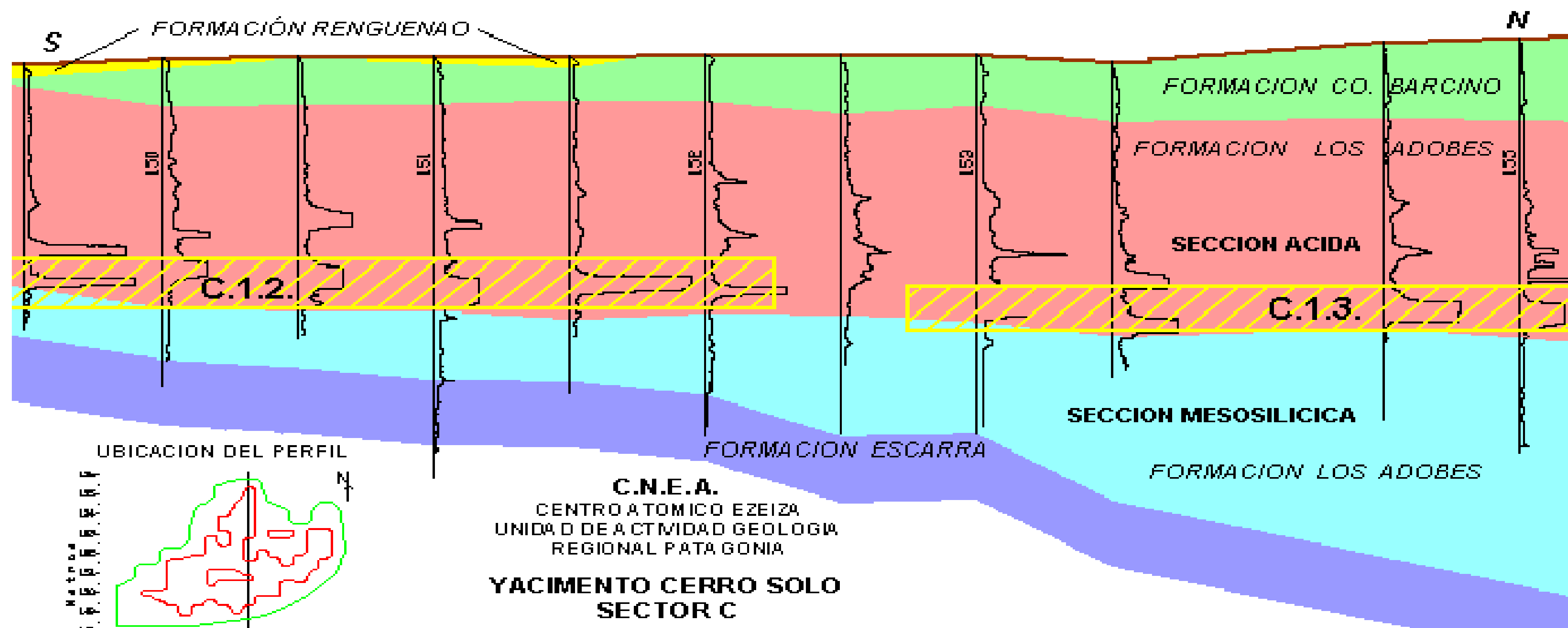
PROYECTO CERRO SOLO, CHUBUT

Aun cuando la actividad minera extractiva está prohibida en la Provincia del Chubut por Ley 5001/03, la CNEA al tiempo que continua con trabajos de exploración-evaluación, desarrolla las siguientes actividades:



- Ensayos de Hidrometalurgia Extractiva.
- Línea de Base Ambiental (Hidrogeología, Paleontología, Socioeconómico, Particulado Atmosférico, Flora y Fauna, Edafología, Arqueología, Radiología y Espectrometría Gamma).
- Estudio de pre-factibilidad de explotación de los Sectores B y C.

PERFIL RADIOMÉTRICO

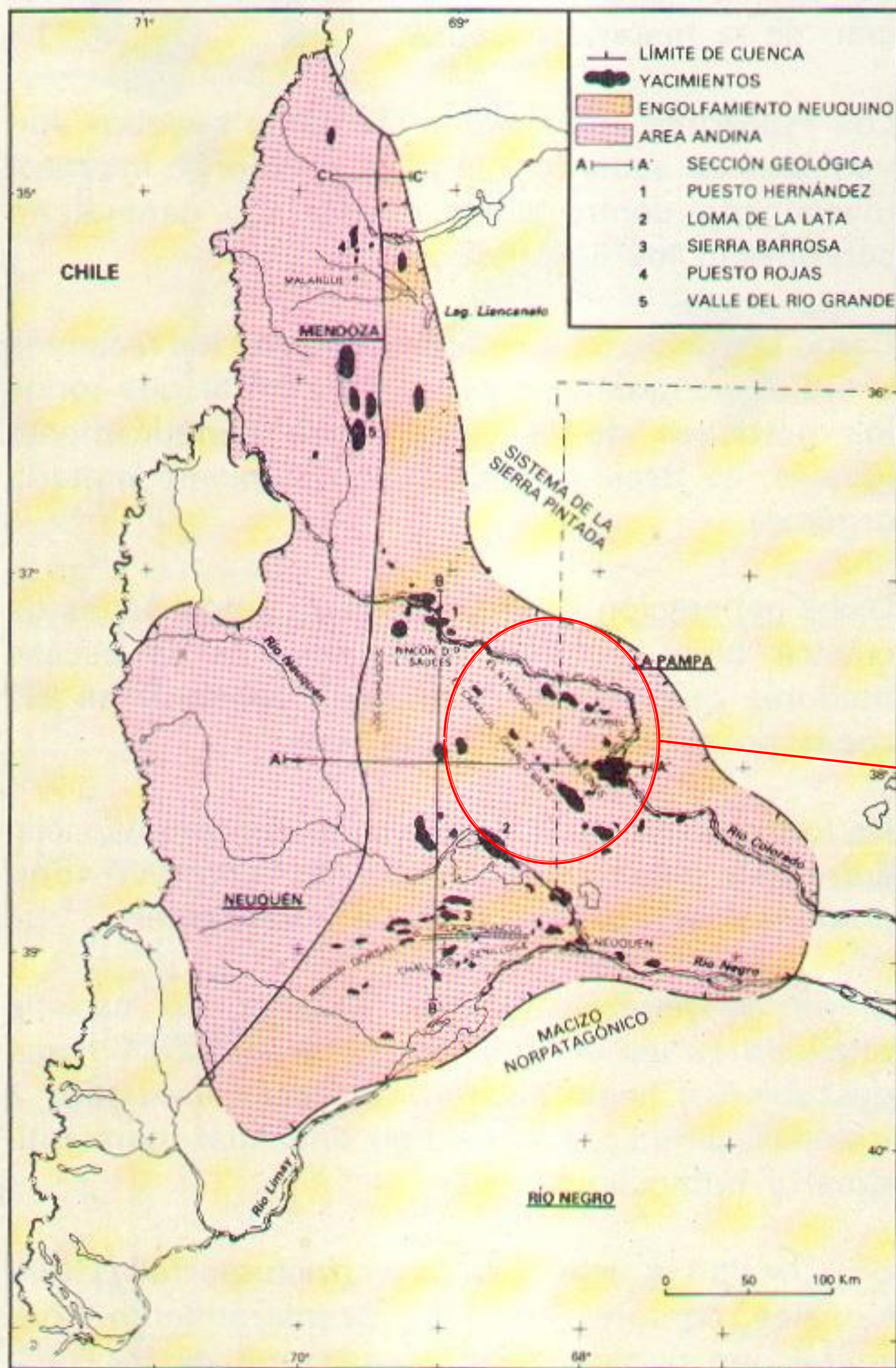


C.N.E.A.
CENTRO ATOMICO EZEIZA
UNIDAD DE ACTIVIDAD GEOLOGICA
REGIONAL PATAGONIA
**YACIMIENTO CERRO SOLO
SECTOR C**

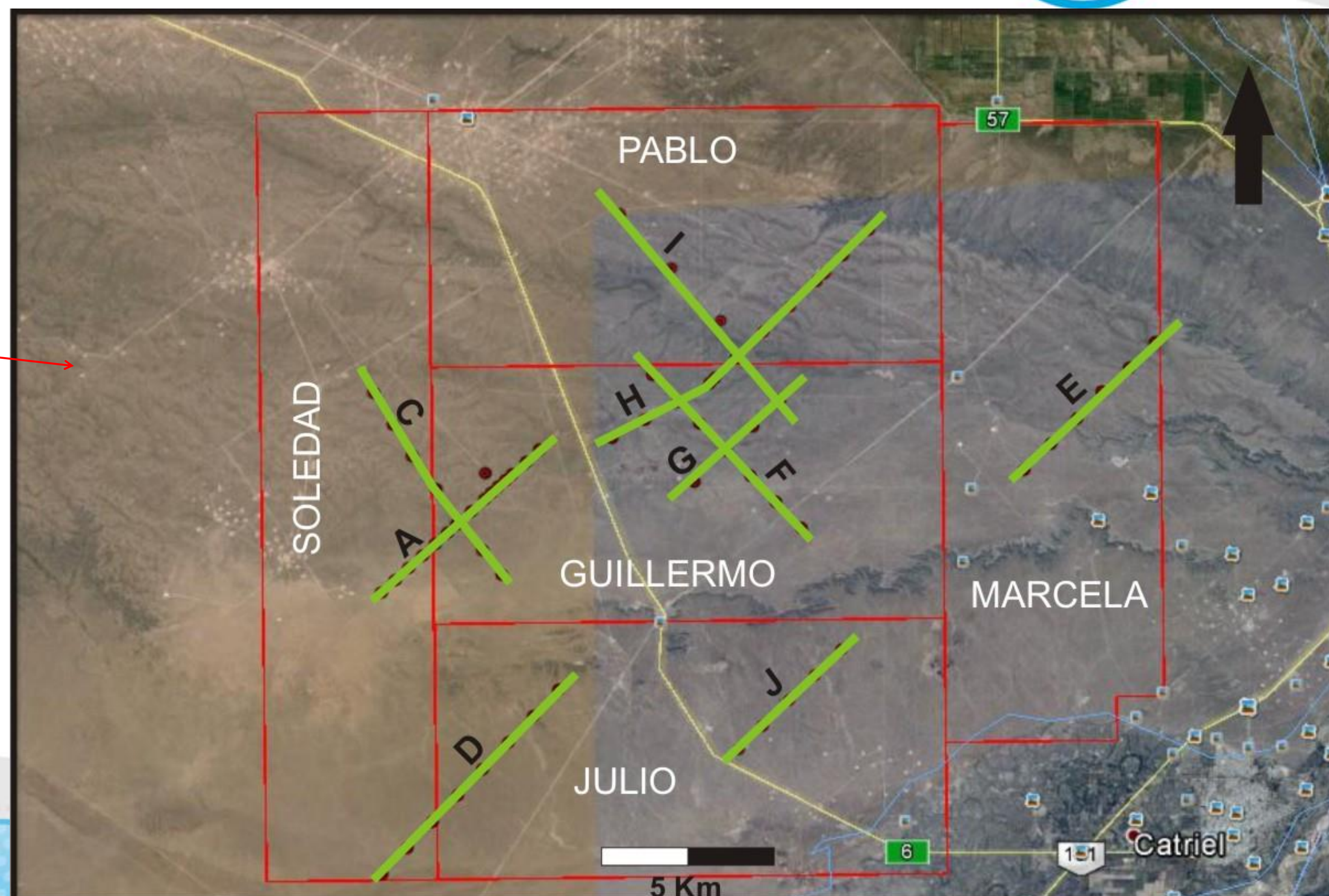
Autores: Nilda MARVEGGIO y Manuel PAEZ
Proceso de datos y graficación: Eduardo O'CONNOR

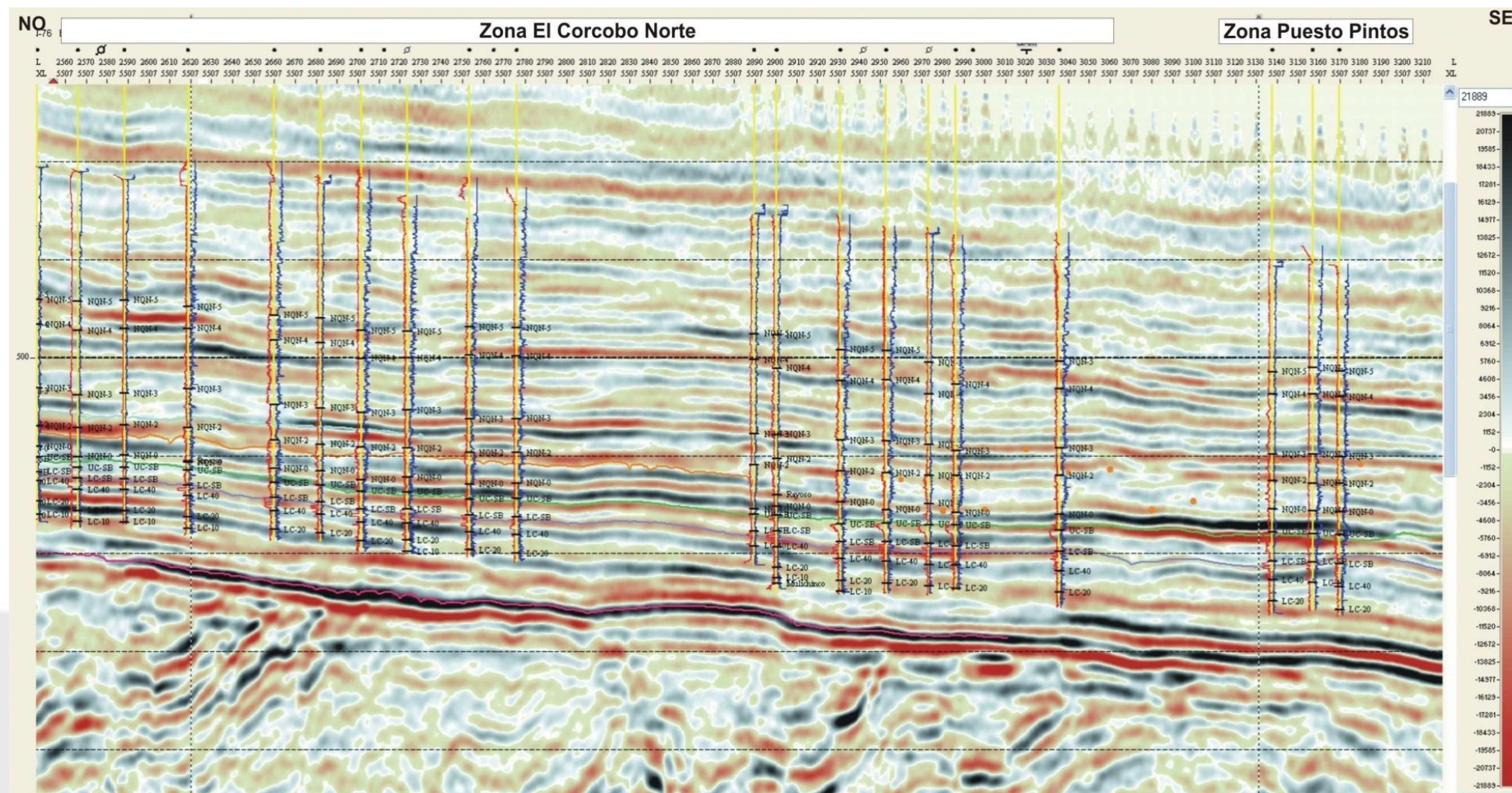
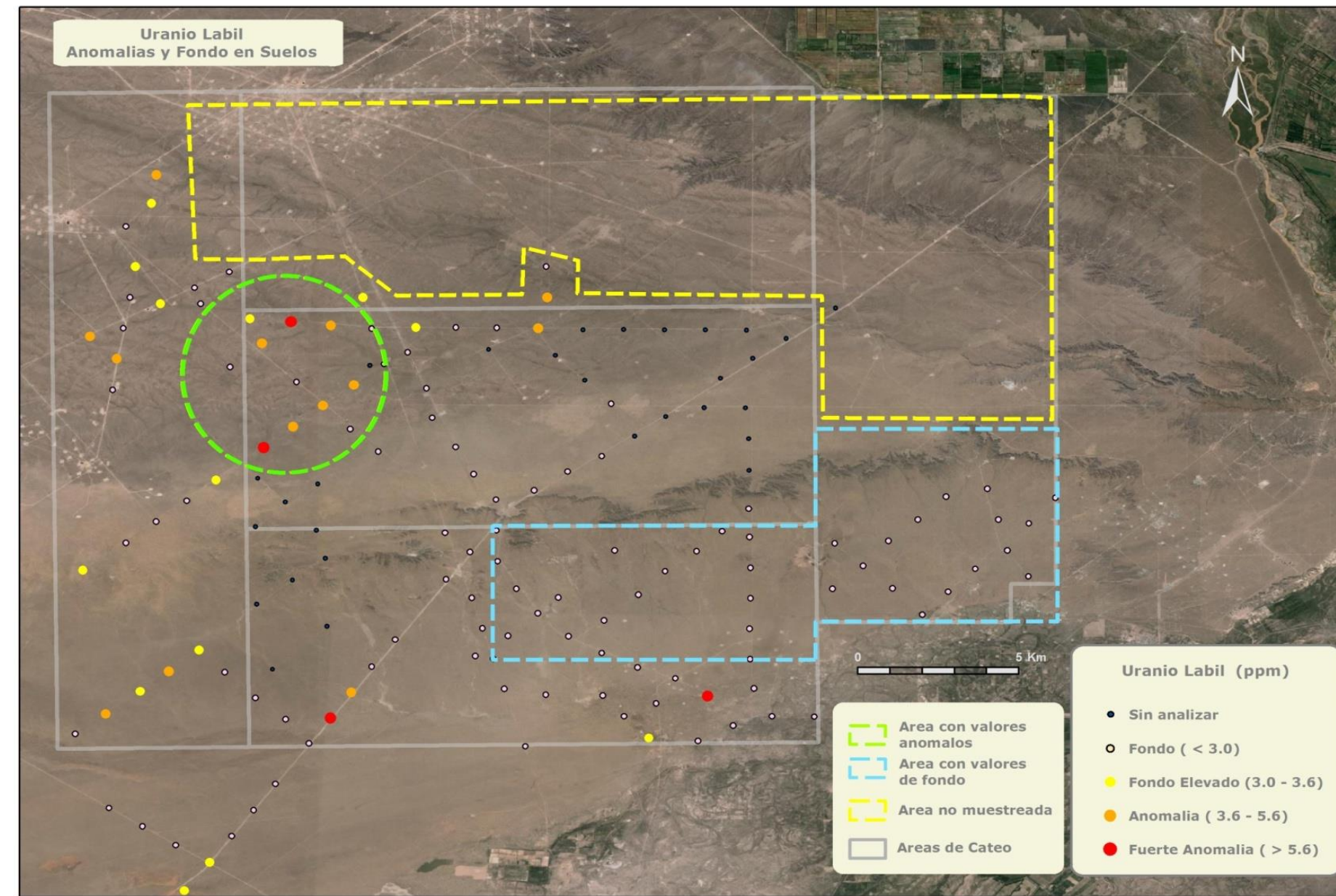
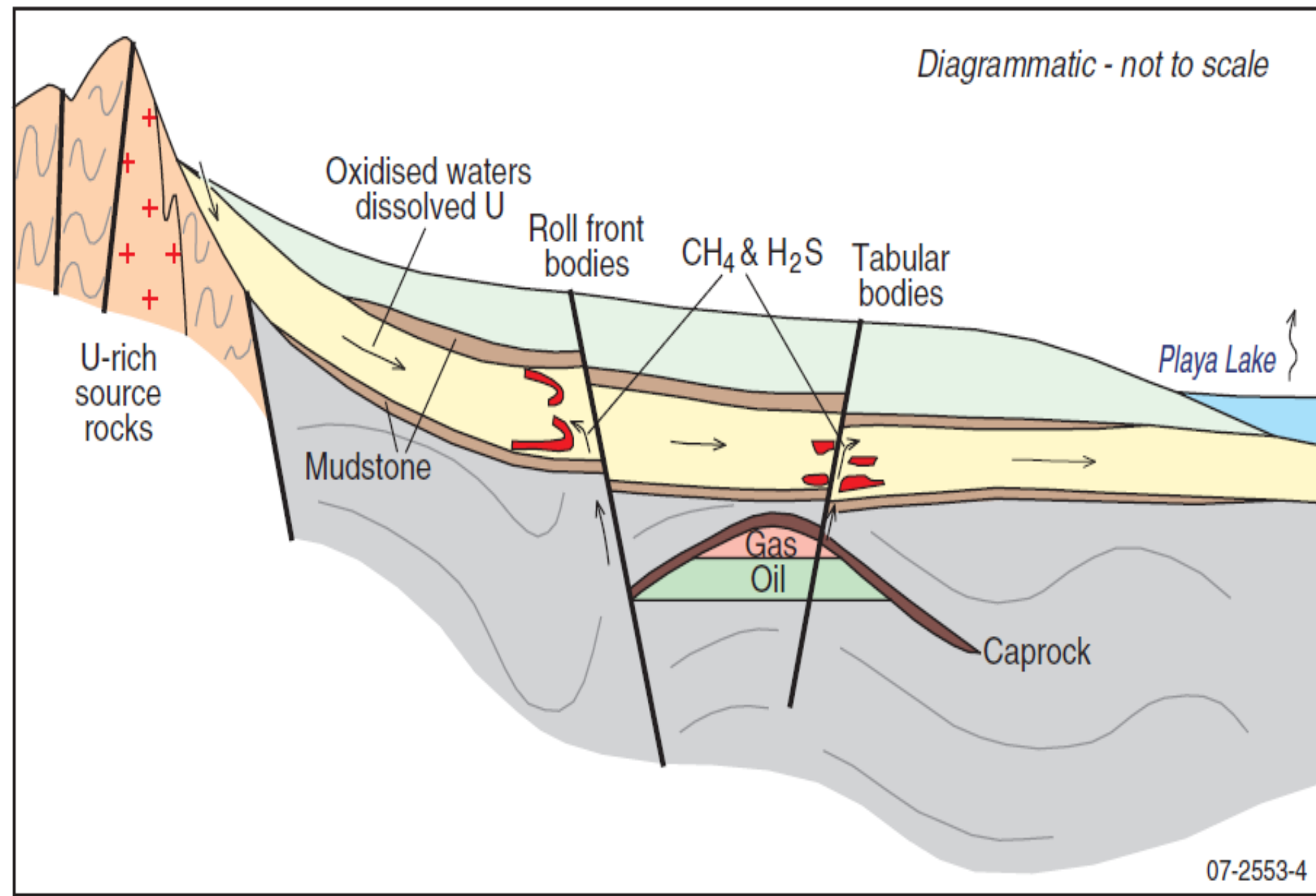
MUESTRAS DE TESTIGO CORONA Y CUTTING





TRES NIDOS, Área de Catriel, Río Negro





TRABAJOS DESARROLLADOS

Estudio de Biodegradación

Estudio de Electrofacies

Prospección Geofísica

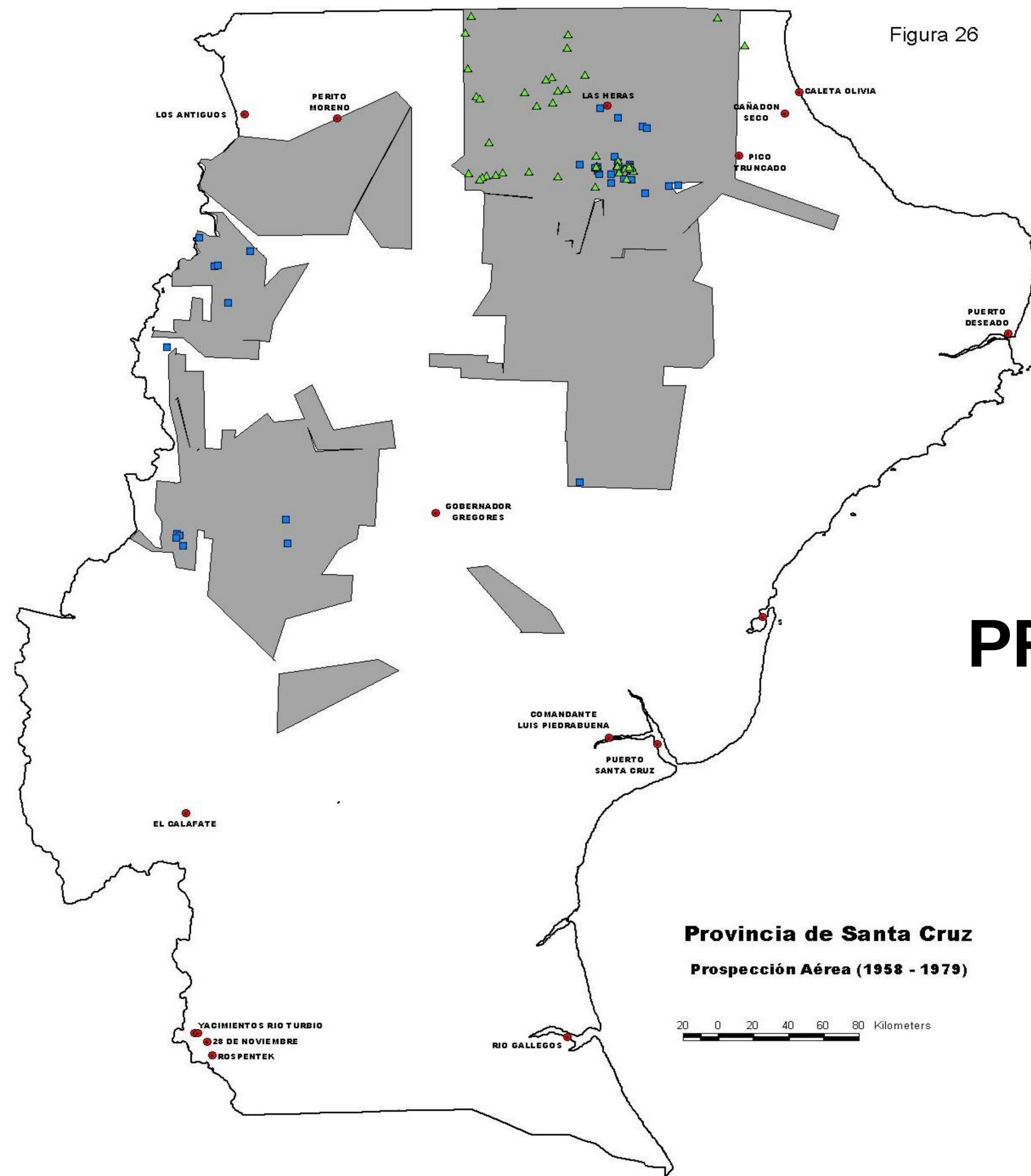
Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)

Audio Magneto Telúrica (AMT)

Geoquímica

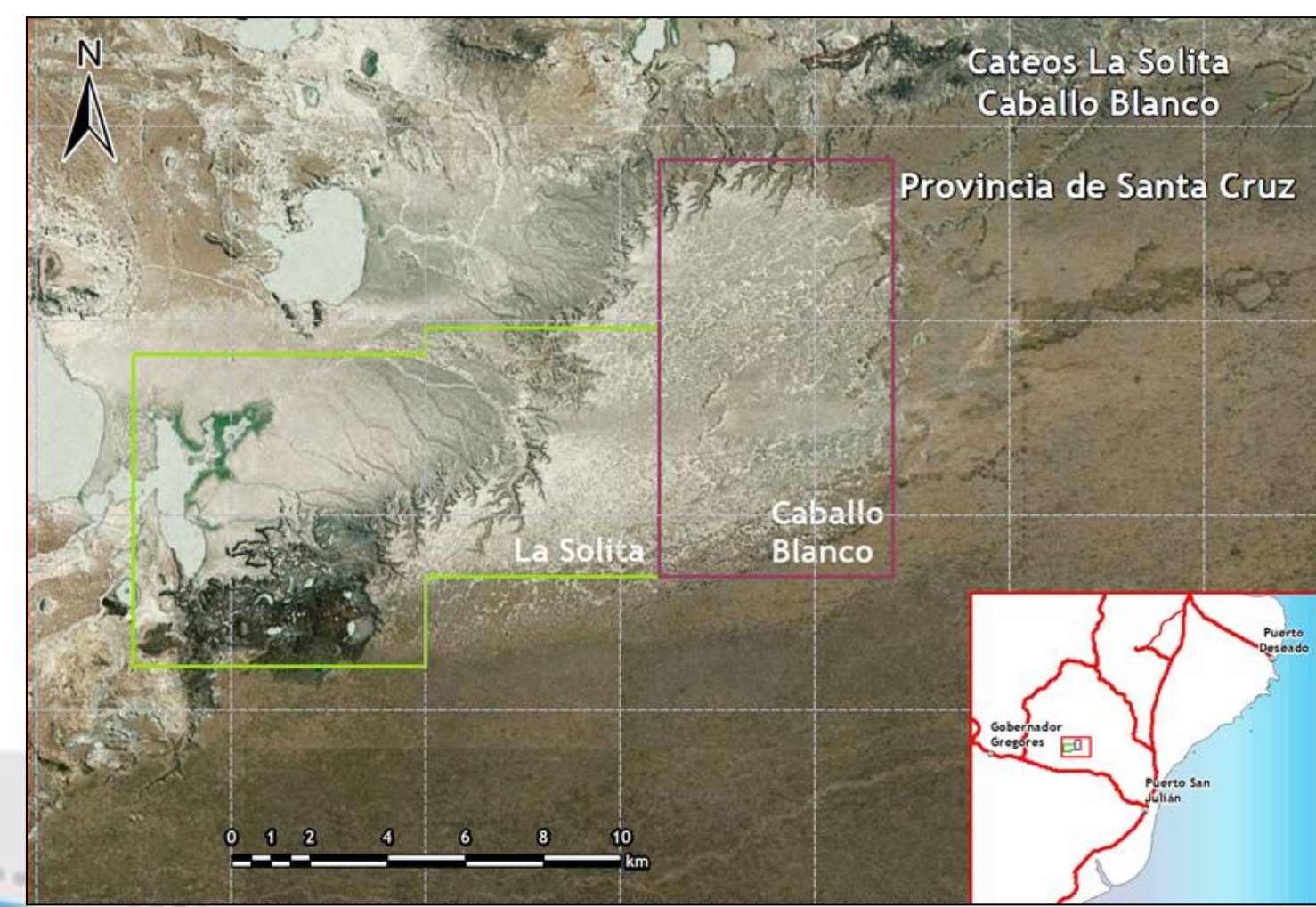
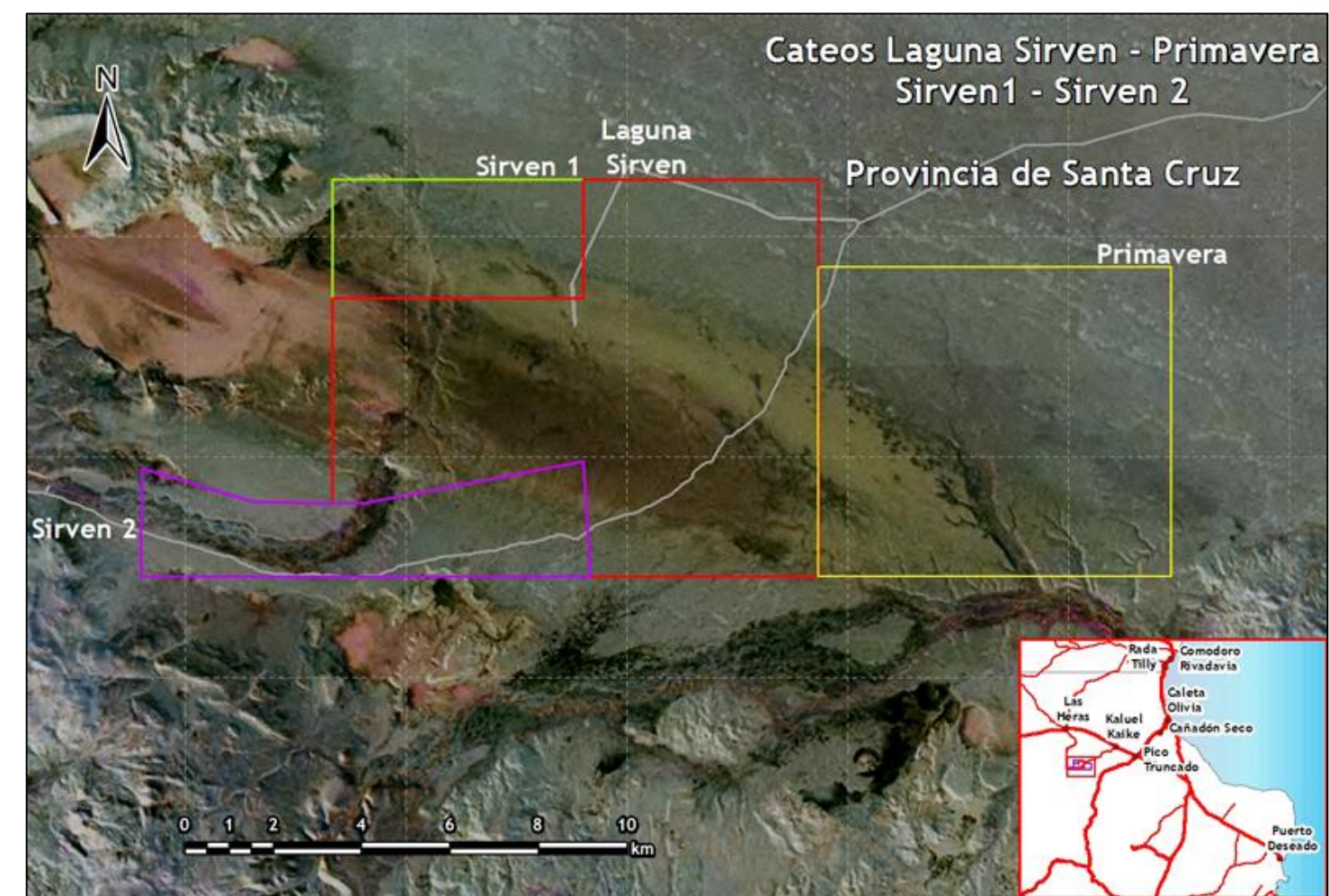
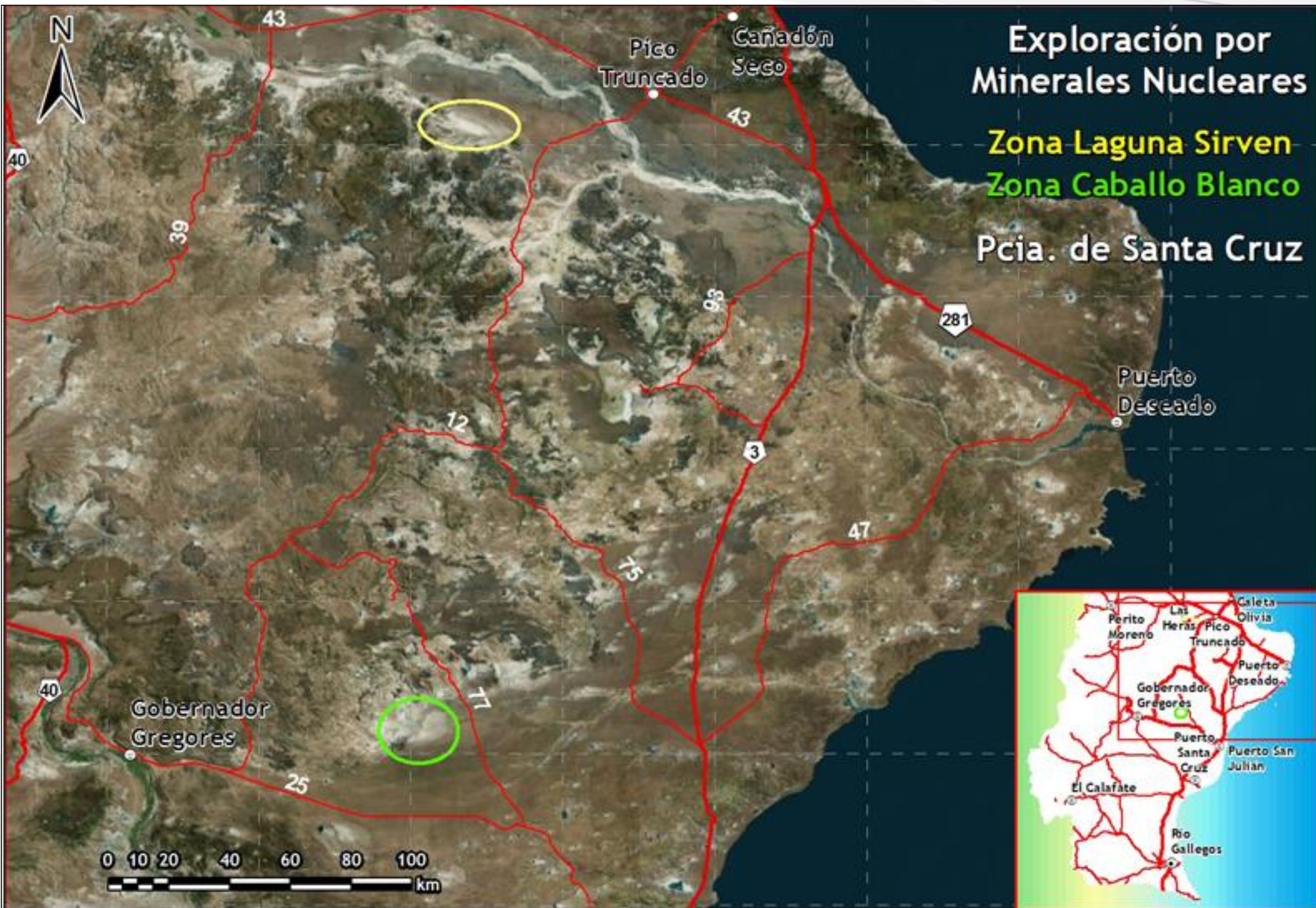


Figura 26

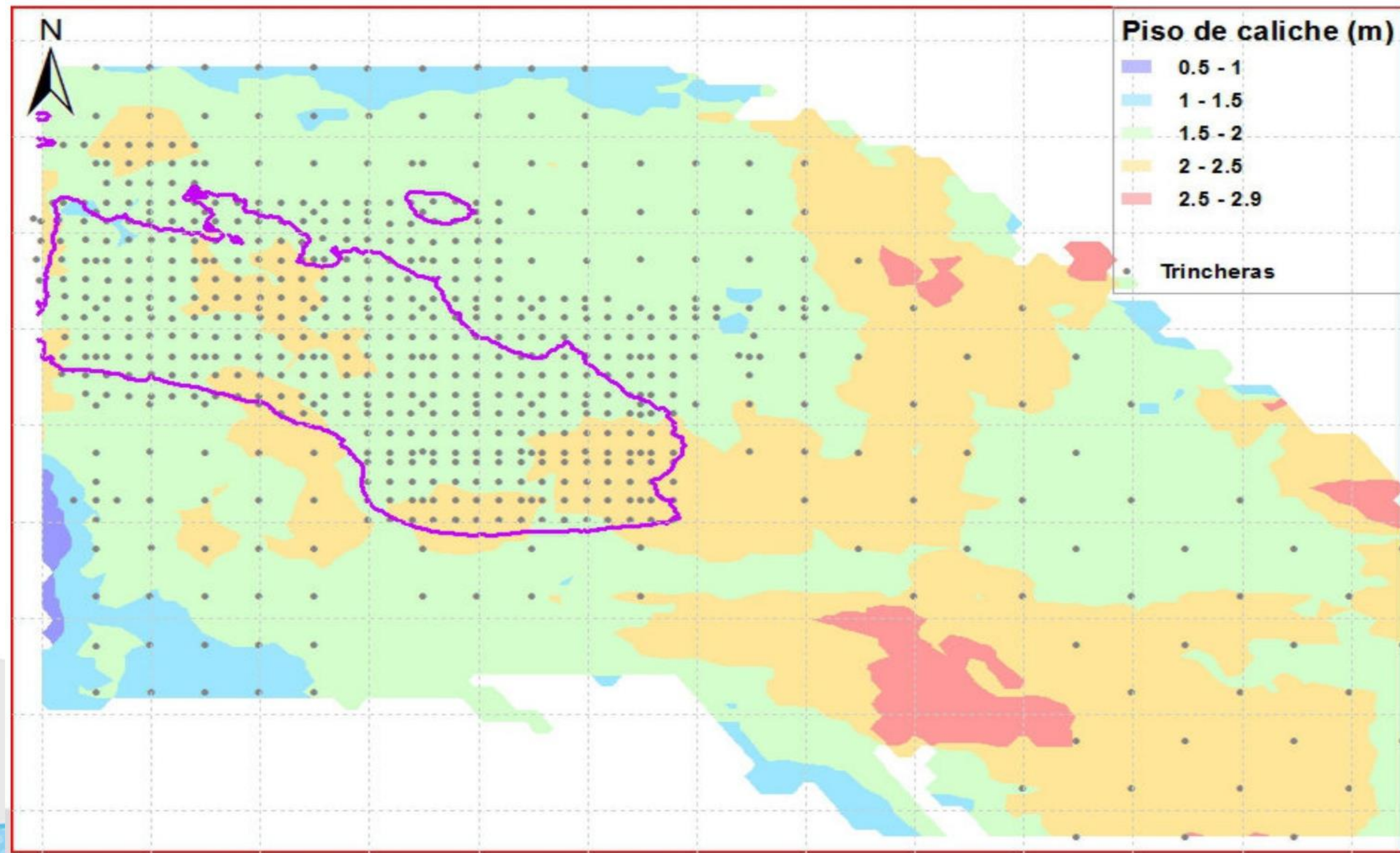


PROSPECCIÓN RADIMÉTRICA AÉREA

-  **Localidades**
-  **Prospección 1958 - 1975**
-  **Prospección 1978 - 1979**
-  **Areas Sobrevoladas**



LAGUNA SIRVEN, SANTA CRUZ



En el cateo Laguna Sirven la concentración de mineral de uranio se asocia a horizontes ricos en caliche que conforman niveles subhorizontales y velas reconocidos en la zona de agradación entre el canal Holoceno y los depósitos de terraza del río Deseado del Pleistoceno.



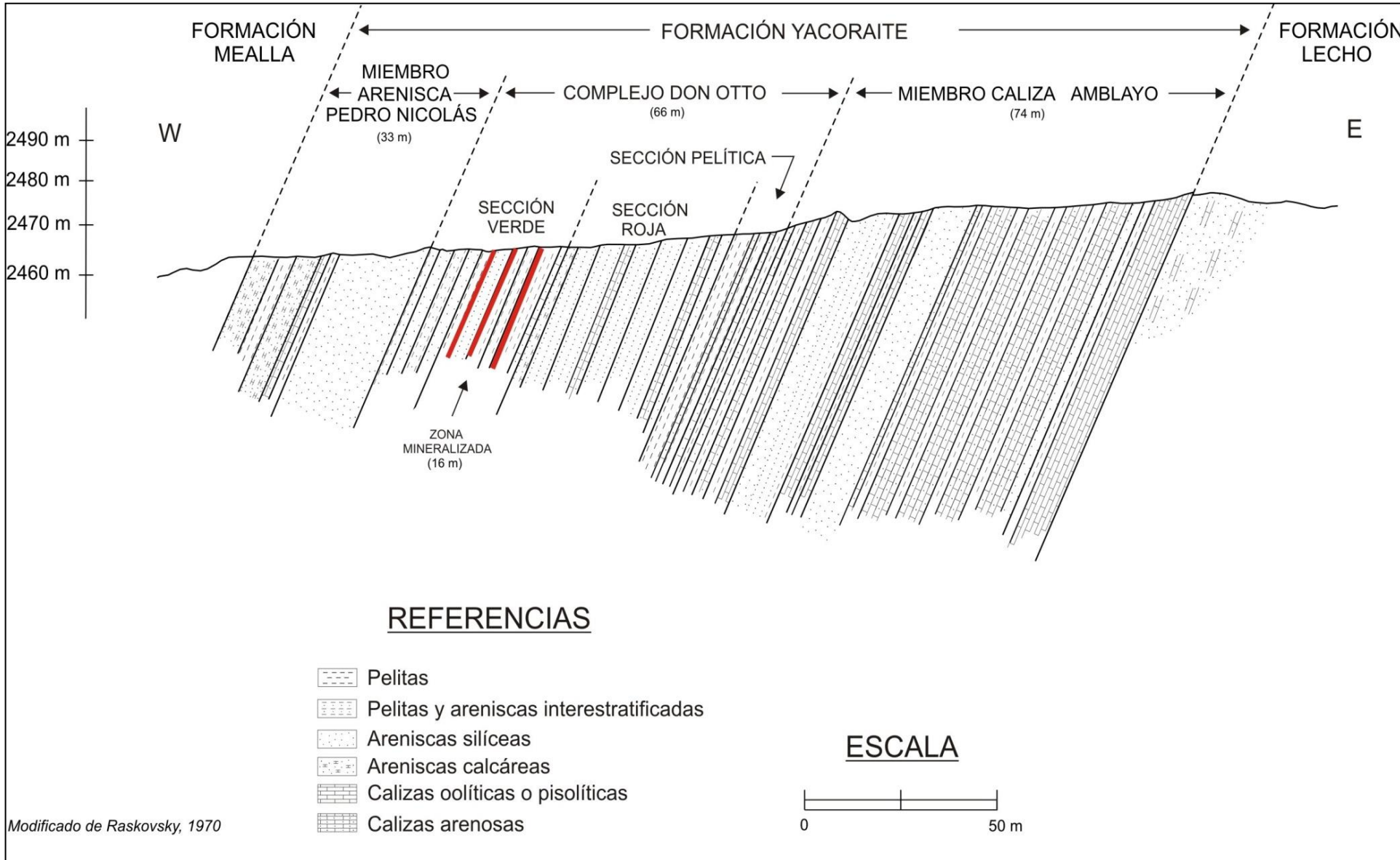
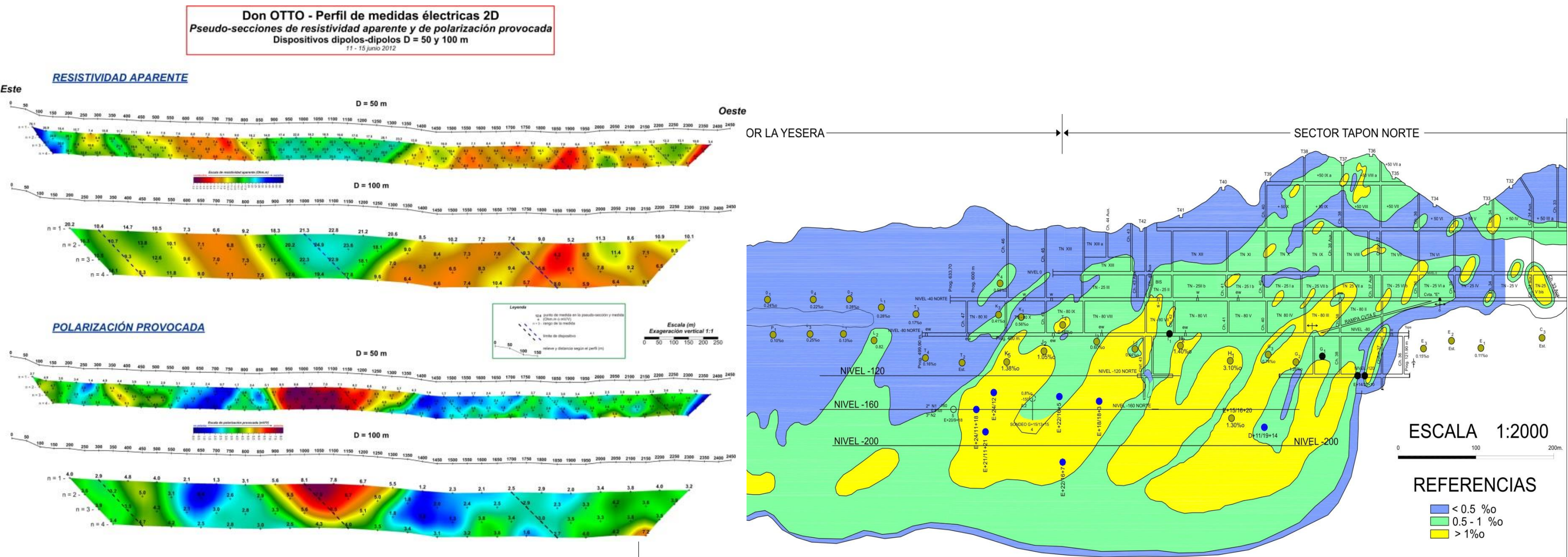
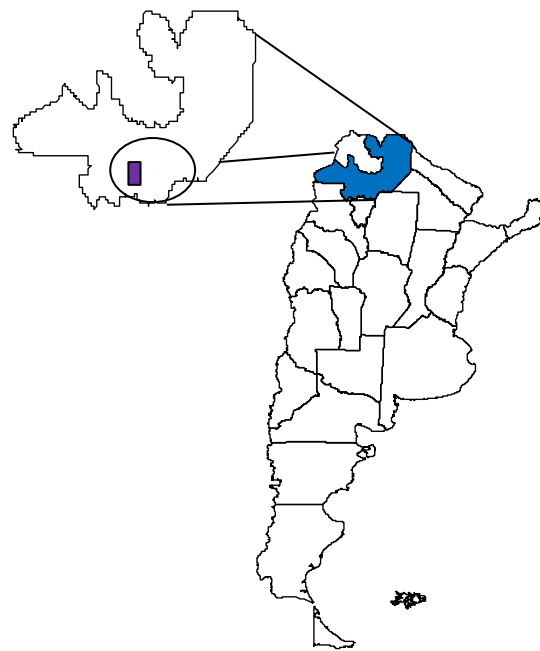
ANOMALÍA RADIMÉTRICA LA SOLITA Y CABALLO BLANCO, SANTA CRUZ

La mineralización se relaciona a gravas y arenas de la Fm Avenida de edad Pleistoceno y/o a depósitos eólicos aluviales y coluviales de edad Holocena. El conjunto se apoya sobre piroclastitas asignadas al Grupo Baqueró y relictos de la Fm Monte León. Los radimetría en el terreno varía entre 150 a 2800 c/s y el contenido de uranio (vanadatos) alcanzó los 760 ppm.



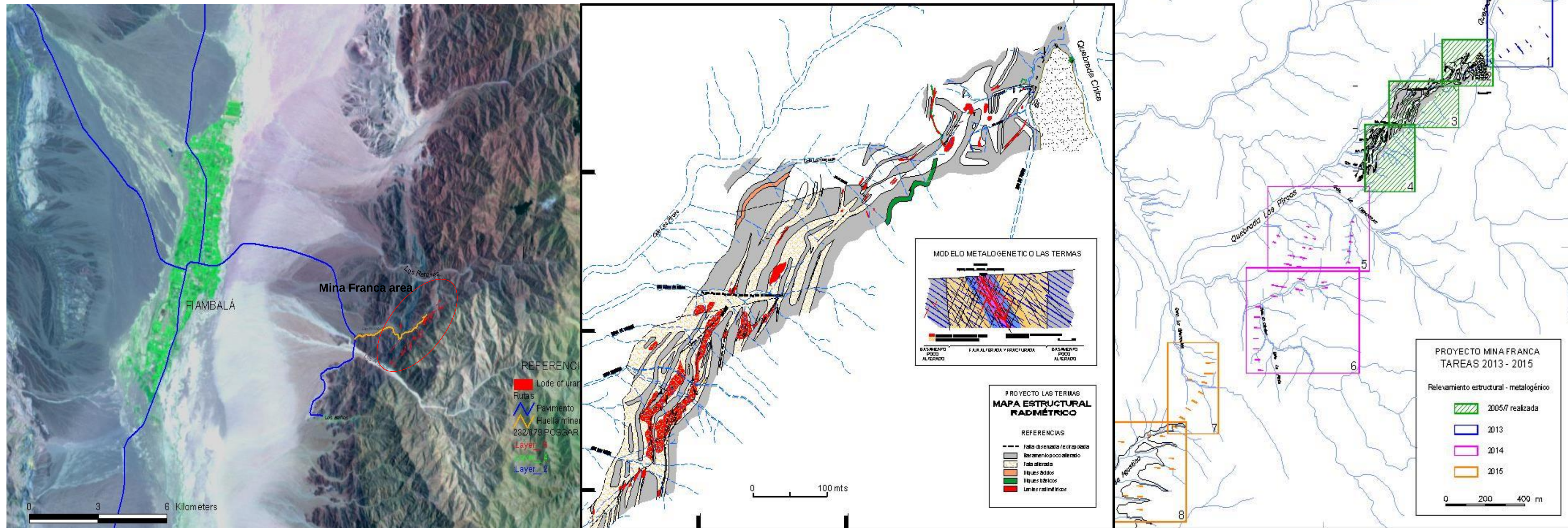
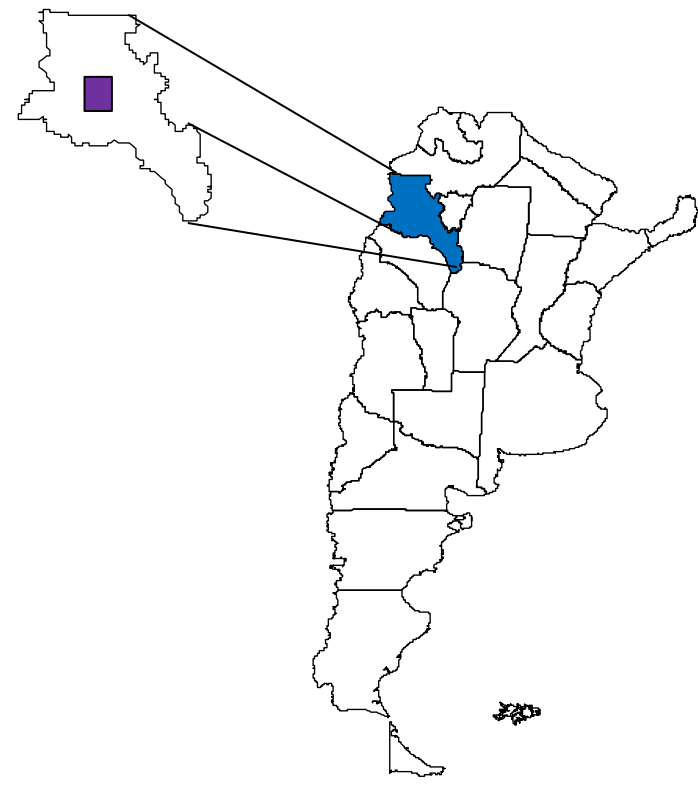
YACIMIENTO DON OTTO, SALTA

En producción entre los años 1963/81, hoy mediante técnicas geofísicas y perforaciones se explora en la zona norte con el objeto de corroborar la continuidad de los niveles en esa dirección y evaluar el mineral remanente para luego avanzar con un estudio de pre-factibilidad que permita una toma de decisión sobre el futuro del depósito.



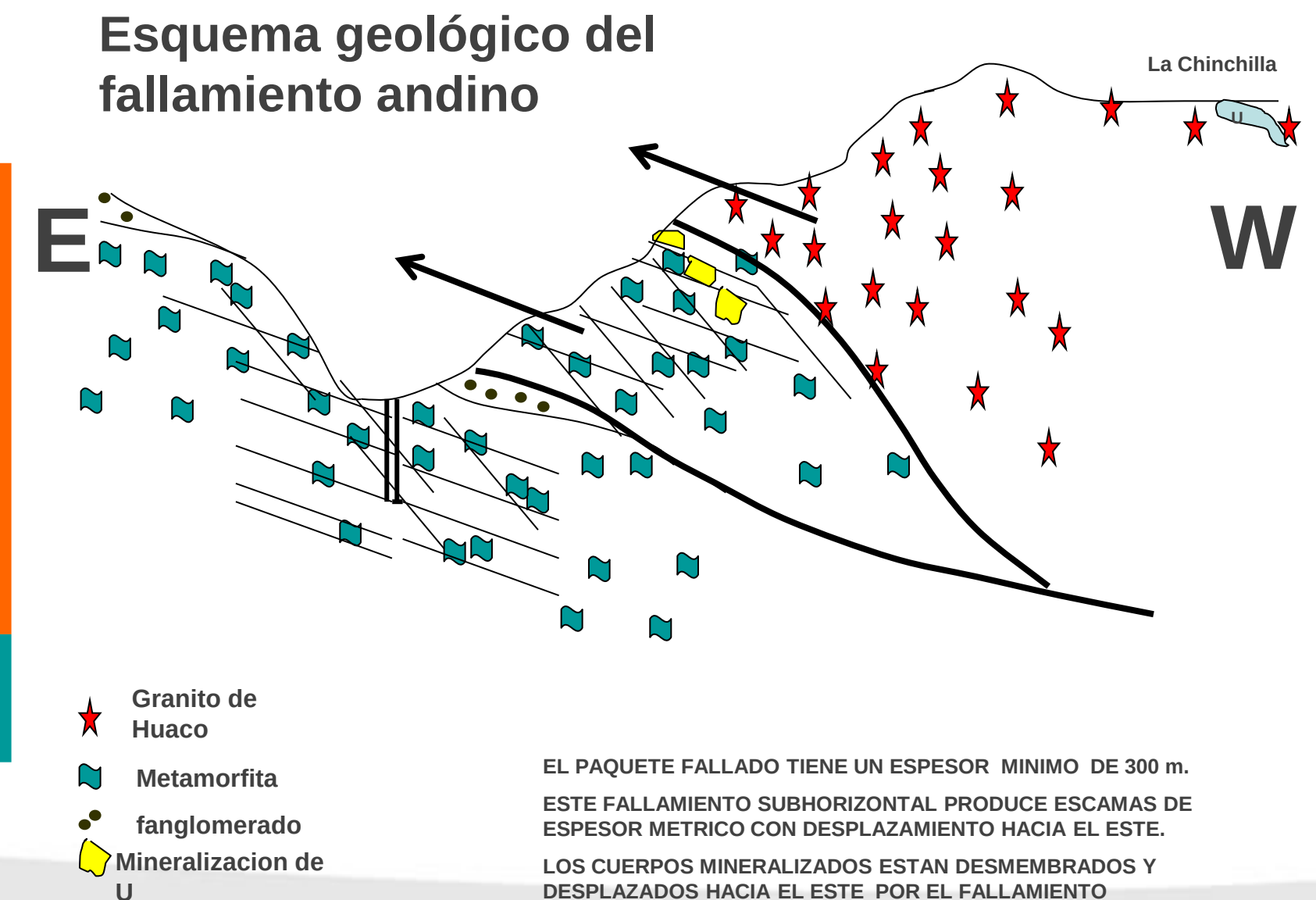
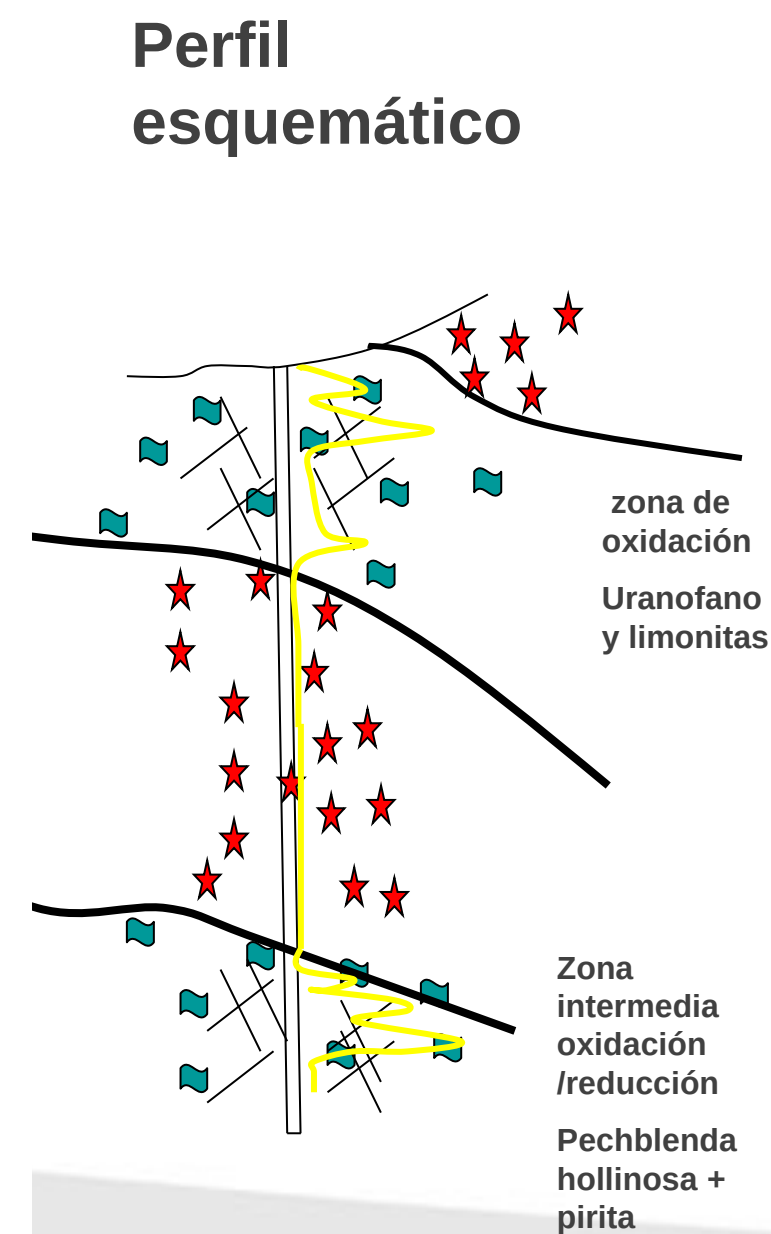
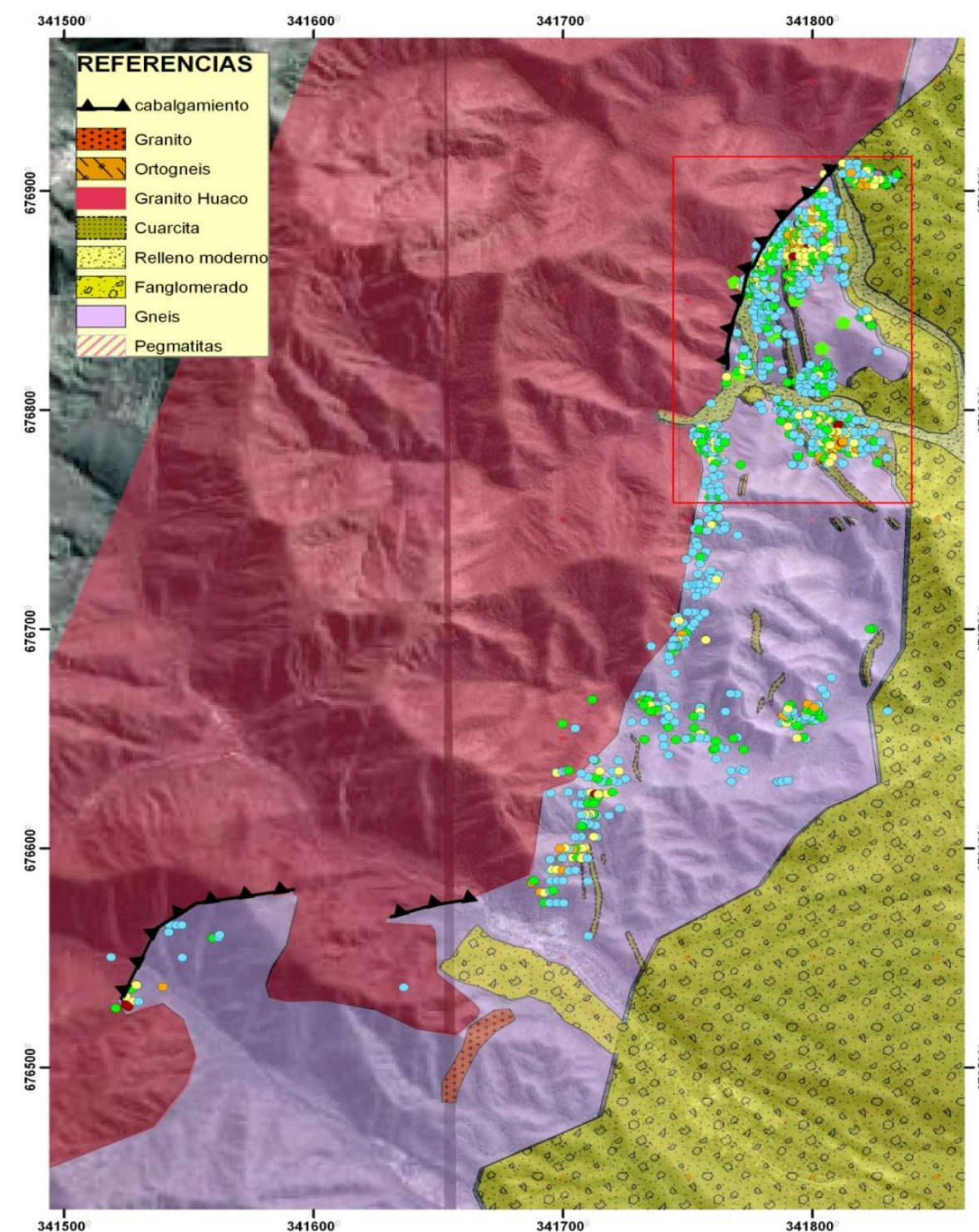
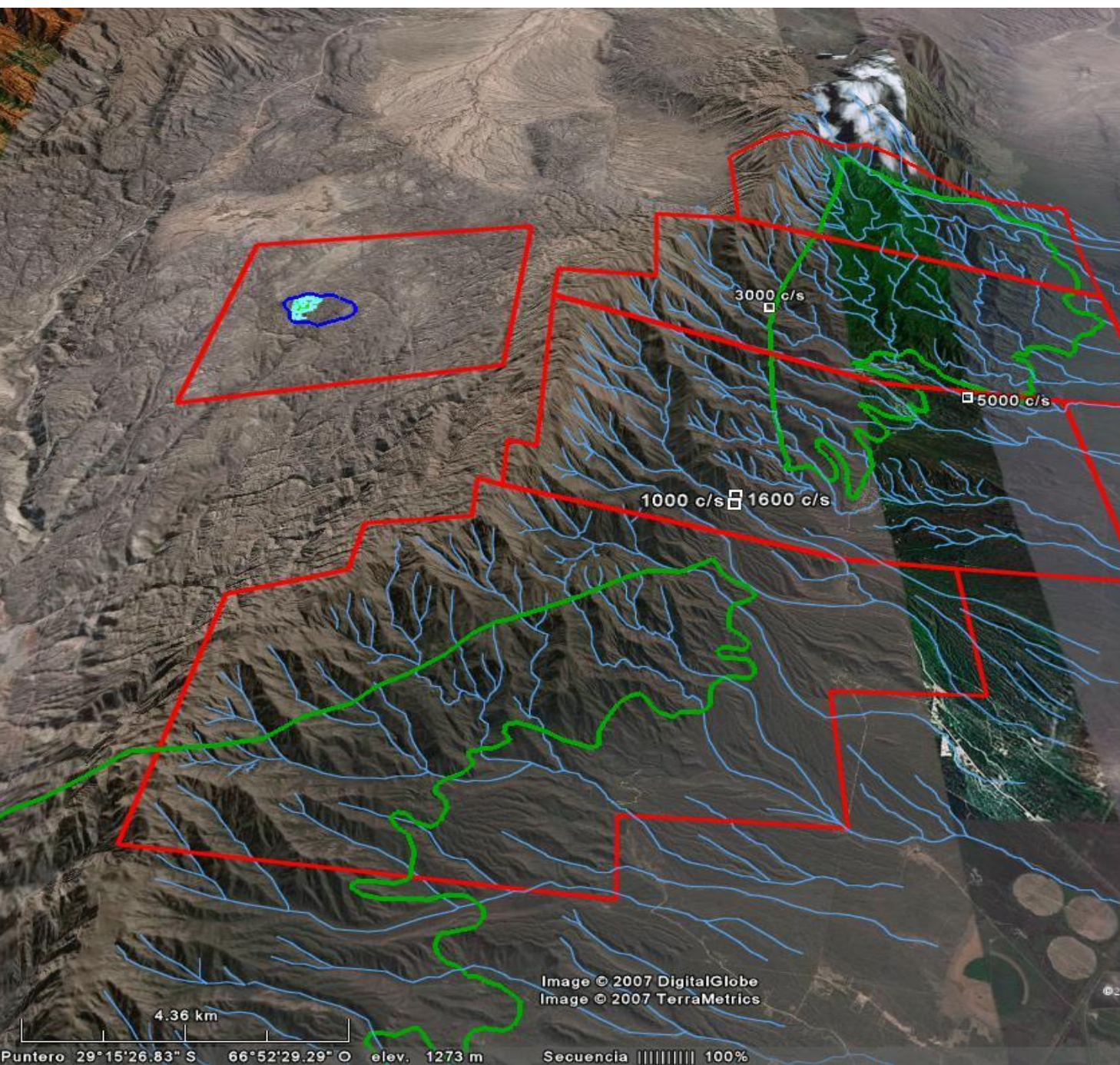
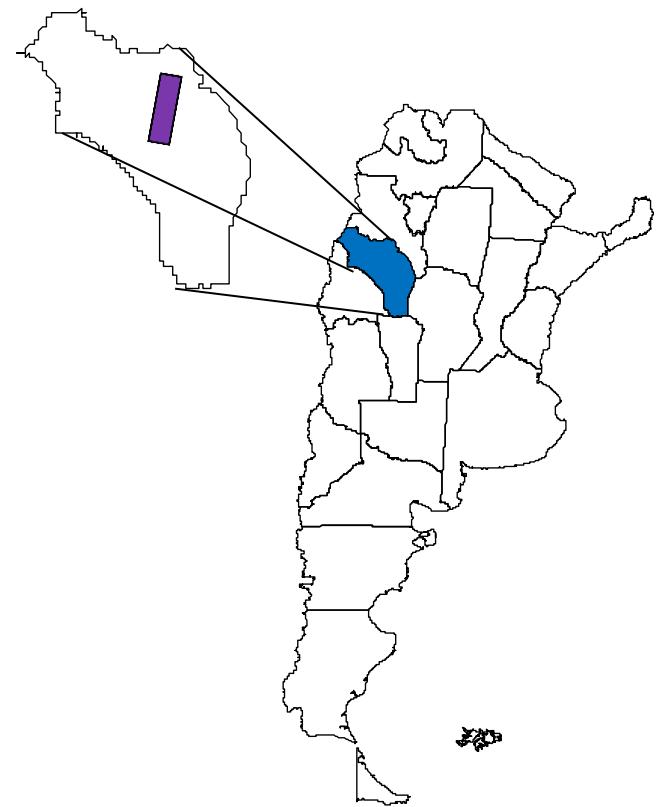
PROYECTO MINA FRANCA, CATAMARCA

En el flanco occidental de la sierra de Fiambalá, la mineralización con hábito vetiforme corta a rocas del Basamento metamórfico de edad Precámbrica en la proximidad del contacto con el cuerpo granítico Los Ratones de edad Carbónica.



PROYECTO ALIPAN I, LA RIOJA

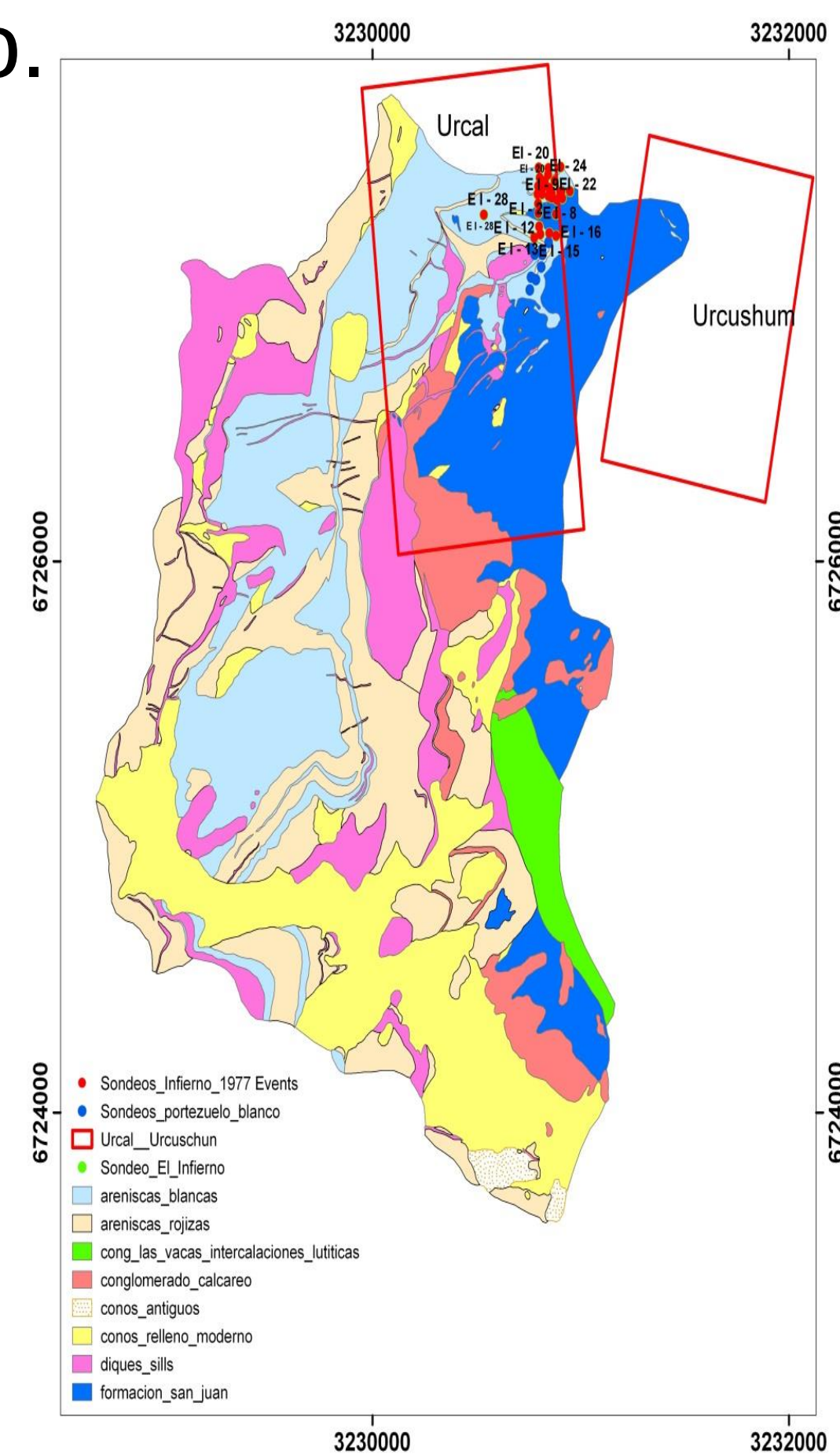
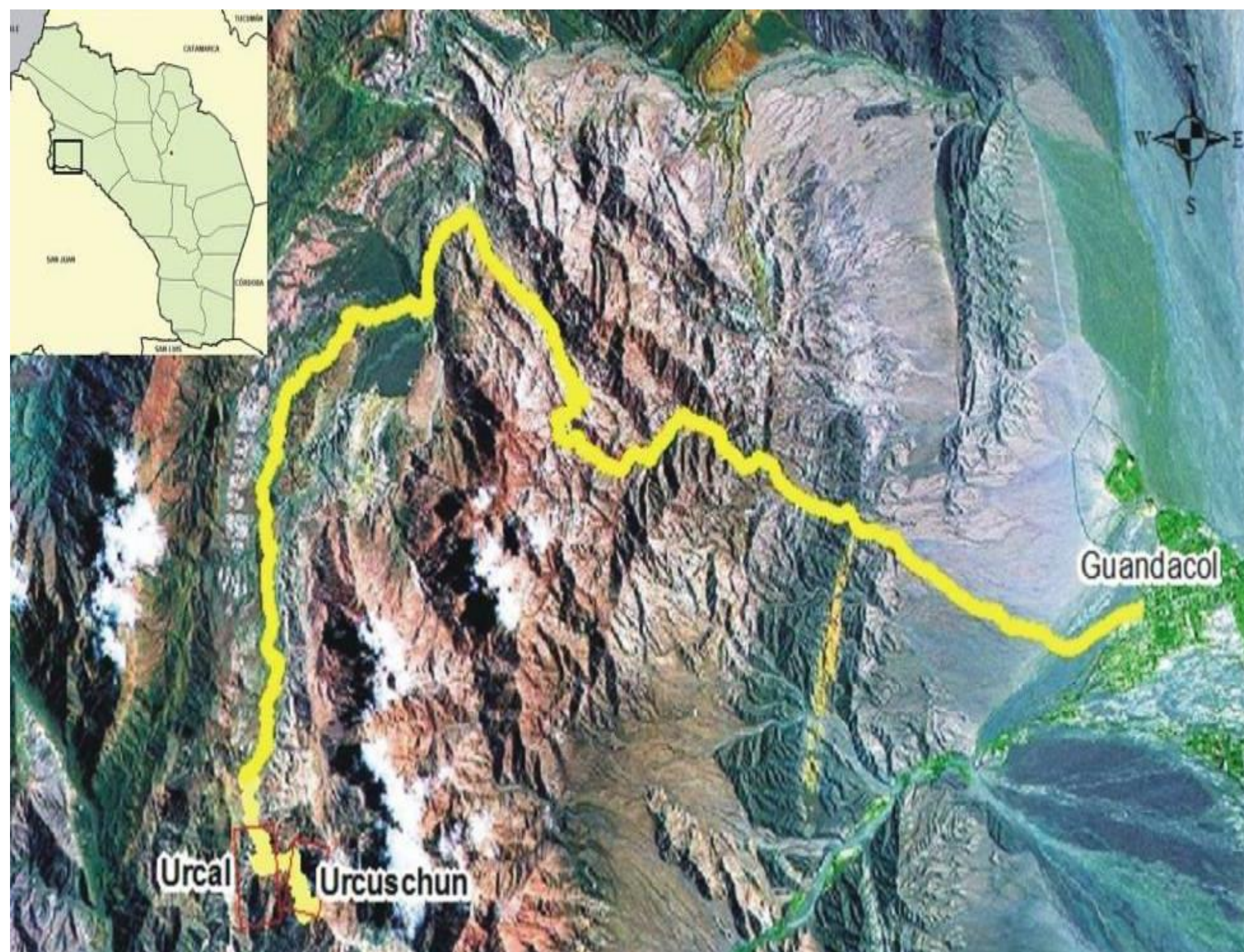
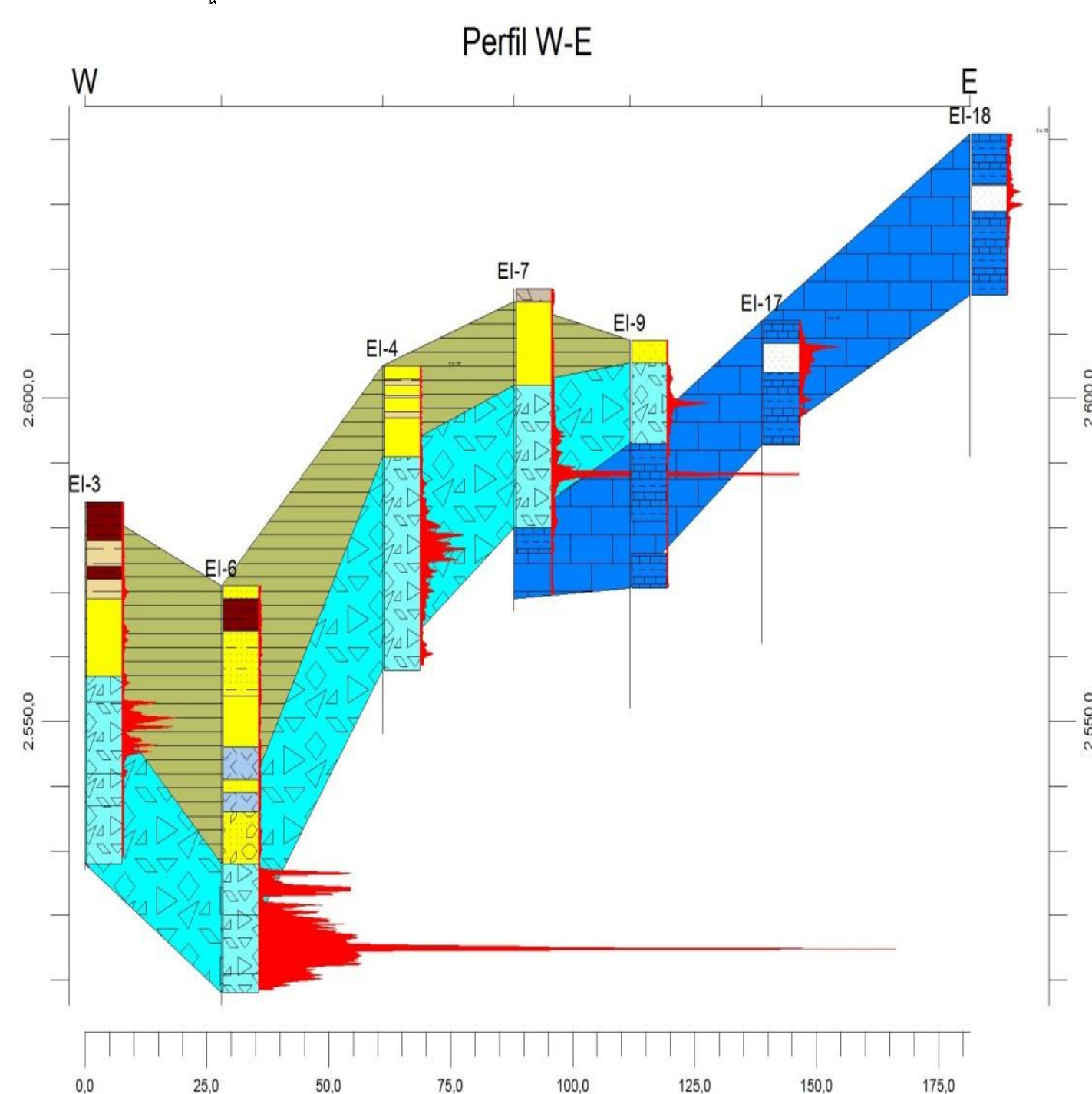
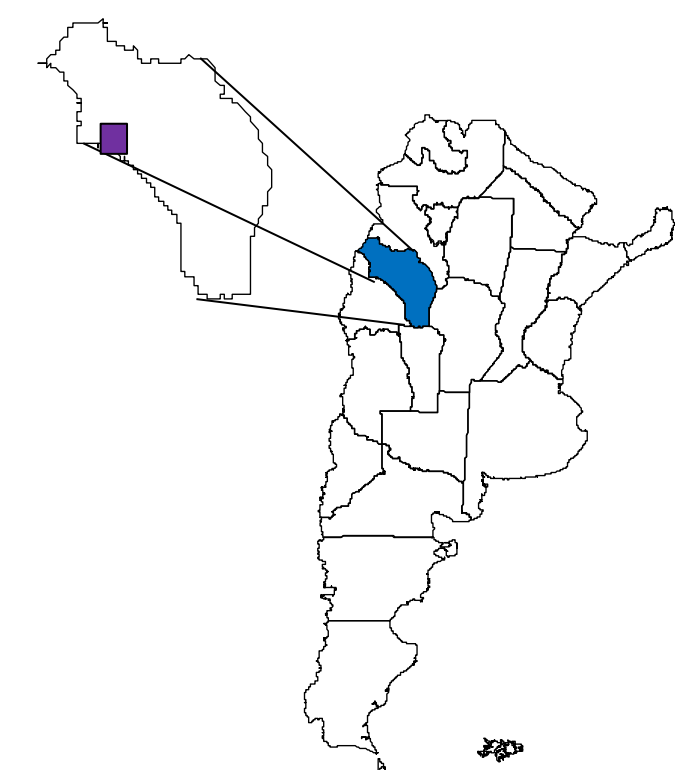
En sierra de Velasco se ha determinado a través de observaciones de superficie y perforaciones que la mineralización de U se emplaza en rocas metamórficas Cambro-Ordovícicas atribuidas a la Fm La Cébila en el contacto con el granito Huaco de edad Devónico-Carbónico. La mineralización tendría un origen hidrotermal a favor de fallas regionales de disposición meridiana.



PROYECTO URCAL – URCUSCHUM, LA RIOJA

Urcal, el mineral se relaciona a planos de fractura que afectan a calizas Ordovícicas, Fm. San Juan y a un nivel de brecha sub horizontal silicificado.

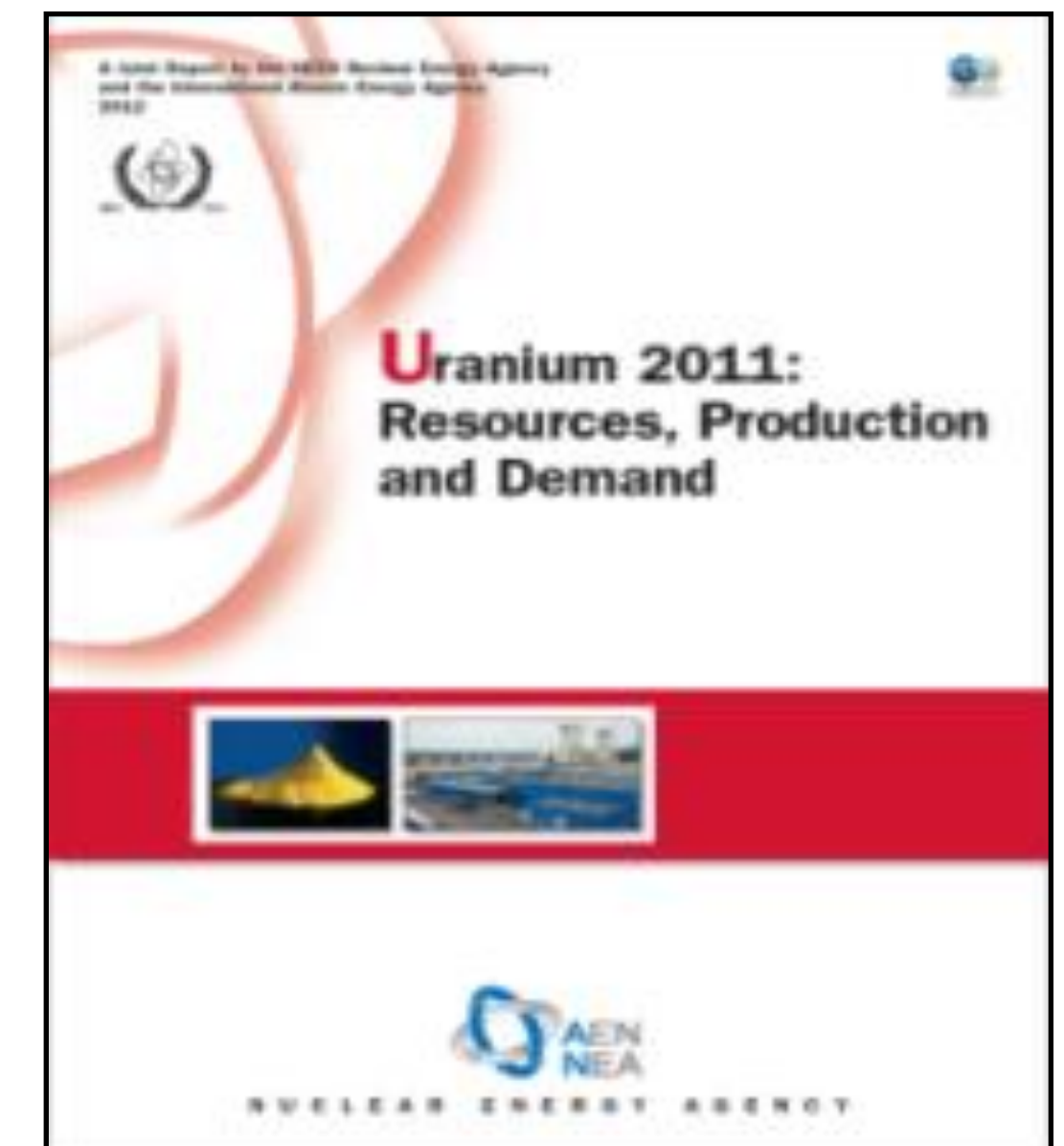
Urcuschum, el mineral de uranio se hospeda en depósitos de arenisca atribuidos a la Fm. Panacan de edad Carbónico-Pérmico.



RECURSOS IDENTIFICADOS DE URANIO



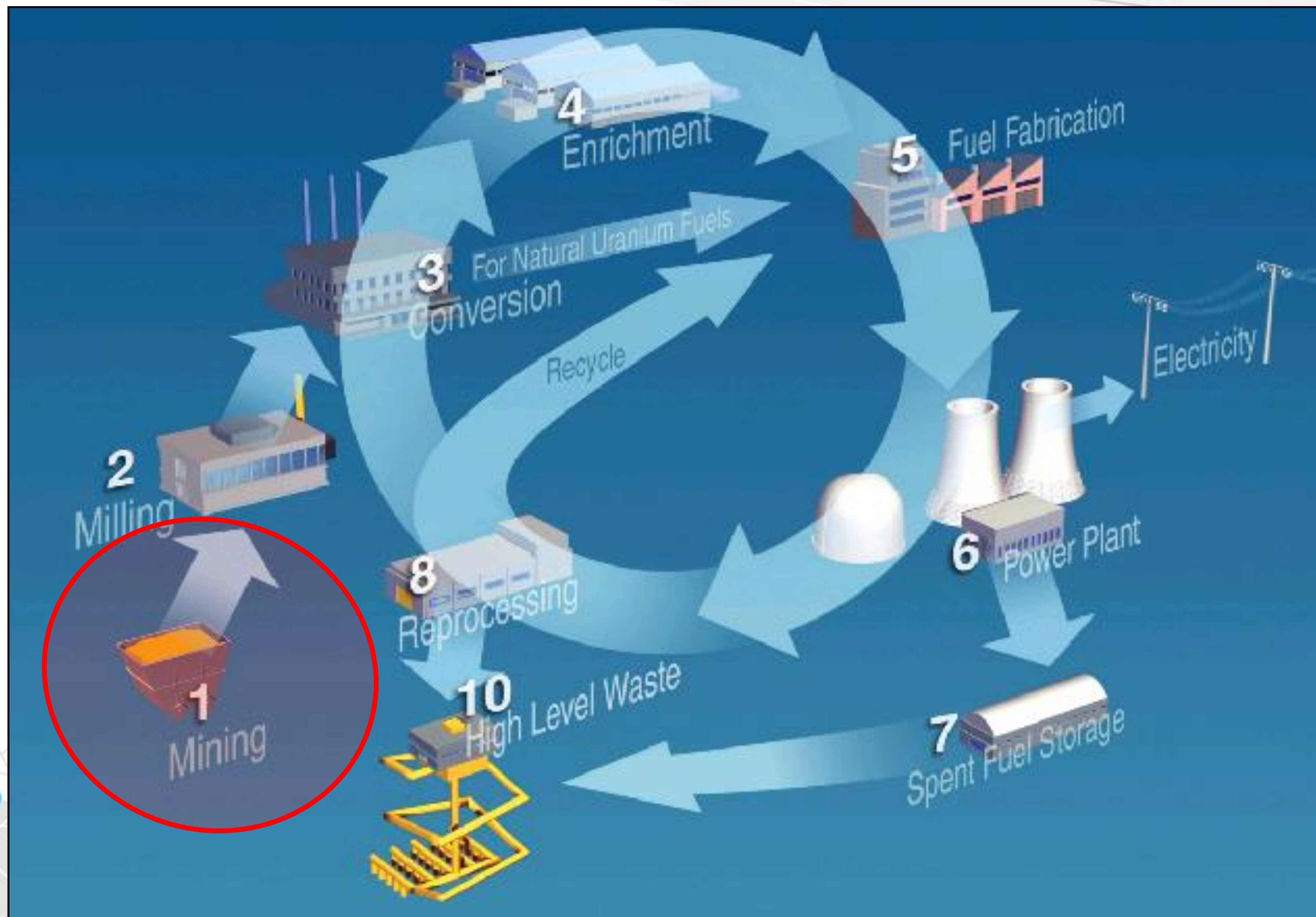
ESQUEMA CLASIFICATORIO AEN-OIEA



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

Depósito		Tipo	RRA t U ≤ USD 130/kgU	RI t U ≤ USD 130/kgU
Sierra Pintada		Volcánico	3.900	6.110
Cerro Solo		Arenisca	4.420	4.810
Don Otto		Arenisca	130	300
Laguna Colorada		Volcánico	100	60
Laguna Salada		Superficial	2.420	1.460
Meseta Central		Arenisca	-	7.350
Sub Total			10.970 t U	20.090 t U
Total			31.060 t U	

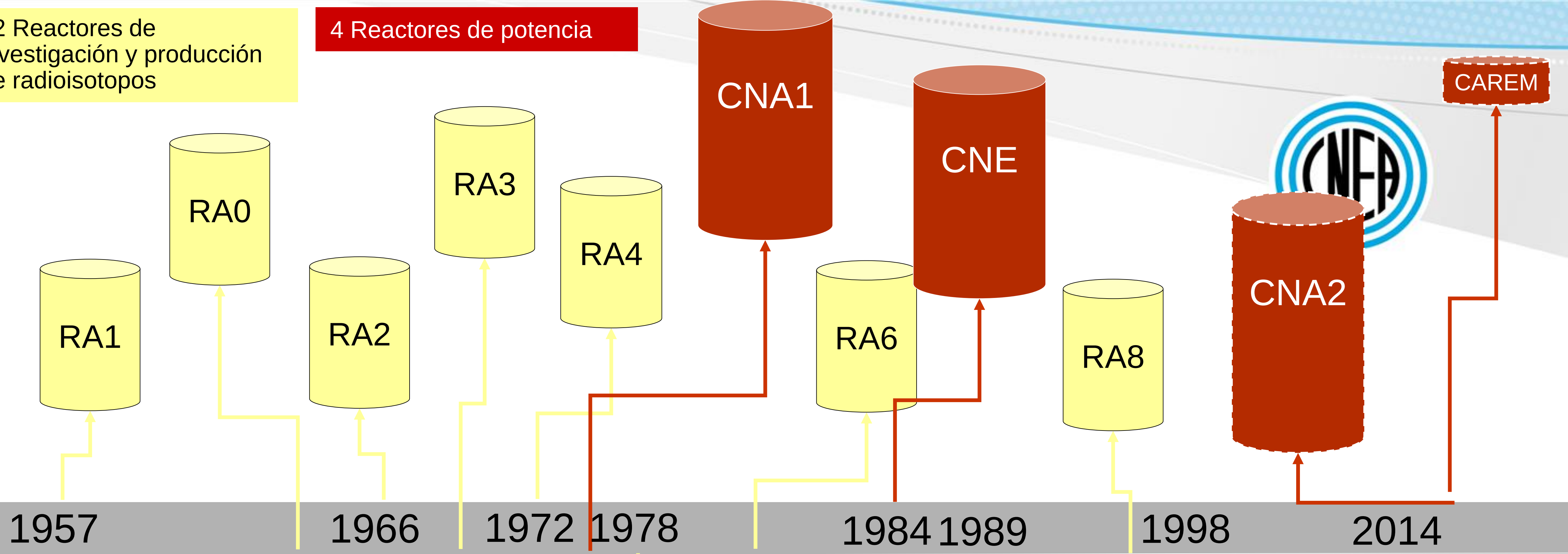
CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR



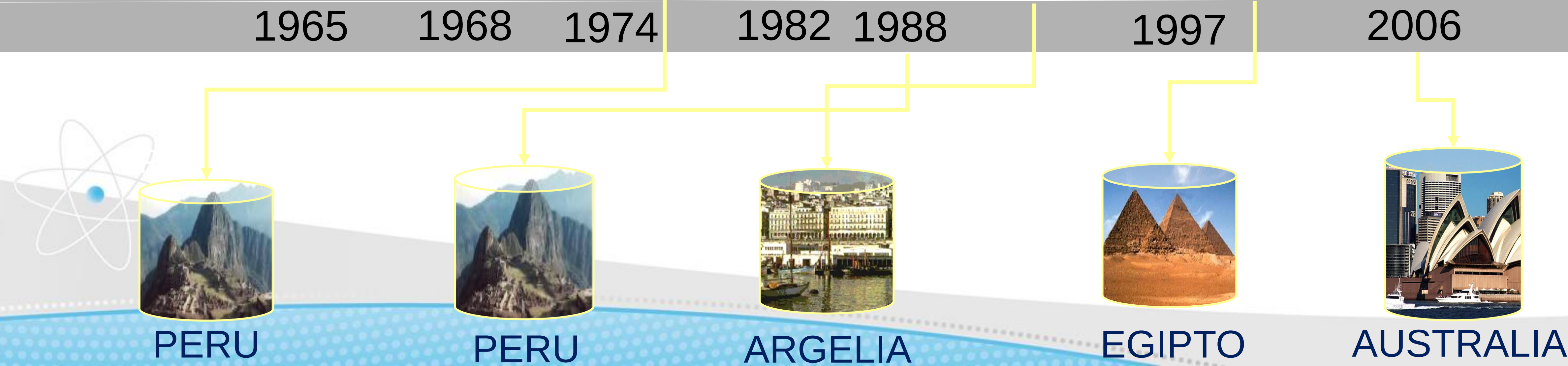
12 Reactores de investigación y producción de radioisotopos

4 Reactores de potencia

EN ARGENTINA



EXPORTADOS





CNEA
Investigación,
desarrollo,
capacitación y
servicios

1950

INVAP
Ingeniería
y servicios



CONUAR
33%
Elementos
combustibles
nucleares

1976

FAESA
55%
Tubos de
zircaloy y
aleaciones
especiales



ENSI
49%
Agua
pesada

1981

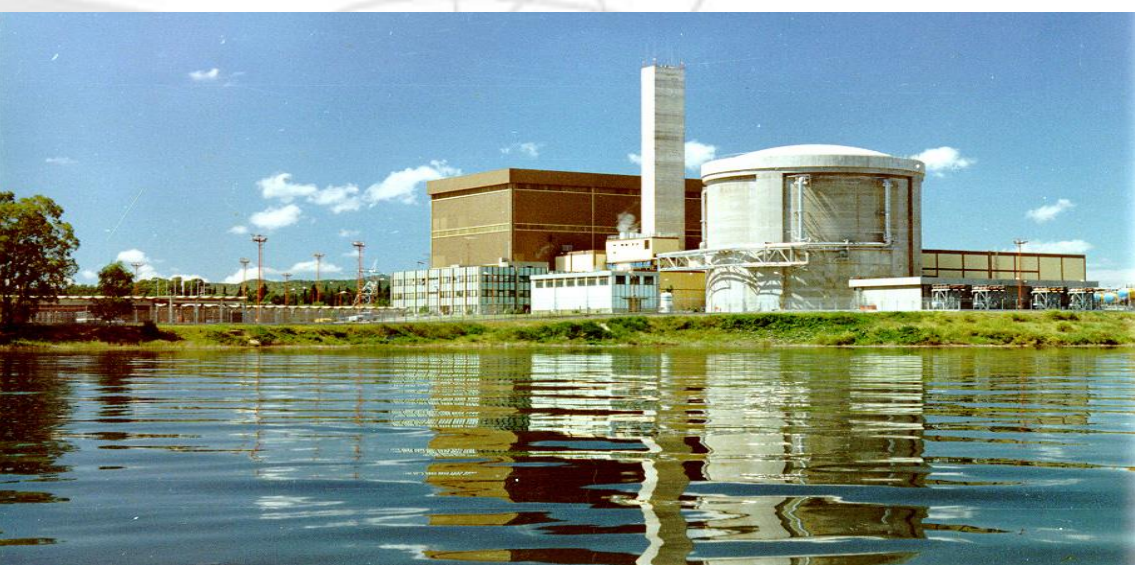
1986
1989

FUESMEN
33%
Escuela de
medicina
nuclear



1991

1994



NASA
Operadora de
las centrales
nucleares

1997

DIOXITEK
99%
Producción de
polvo de uranio



CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR

**IMPORTACIÓN YELLOWCAKE
KAZA, CANADÁ, R. CHECA**



**CONVERSIÓN UO₂
DIOXITEK S.A.**



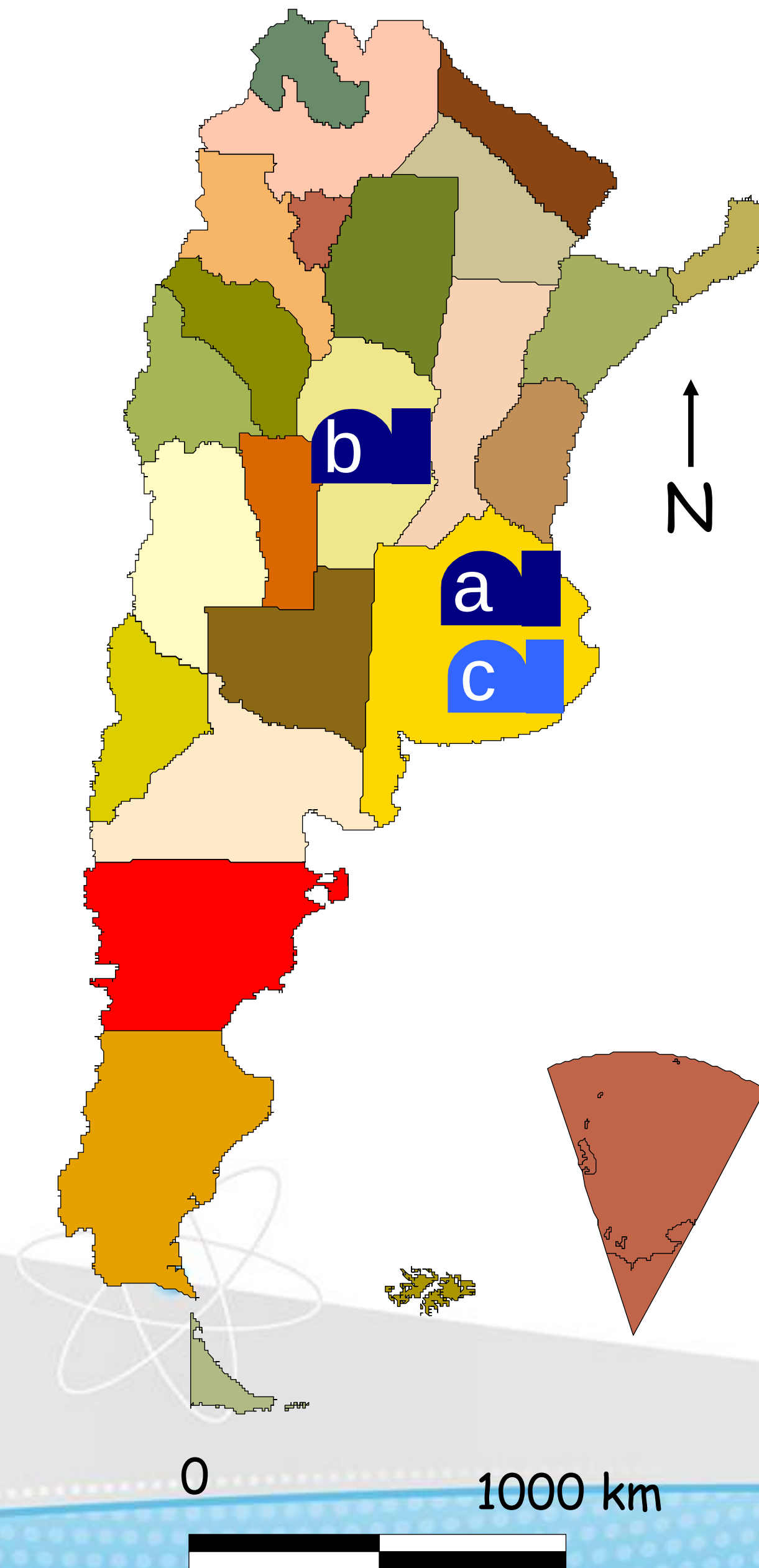
**FABRICACIÓN DE
COMBUSTIBLE
CONUAR S.A.**



**PLANTA D2O
ENSI S.E.**



CENTRALES NUCLEARES ARGENTINAS



a

ATUCHA I

357 Mwe

U levemente
enriquecido



b

EMBALSE

648 Mwe

U natural



c

ATUCHA II

745 Mwe

U natural



DEMANDA DE U EN LA ARGENTINA



CENTRAL NUCLEAR	INICIO OPERACIÓN	OPERACIÓN REMANENTE	DEMANDA
Atucha I	1974	2015 – 2027	800 t U
Embalse	1984	2015 – 2033	1.400 t U
Atucha II	2014	40 años	3.700 t U
CAREM (en construcción)	2019	40 años	600 t U
Total 6.500 t U			



Requerimiento promedio/año: 250 t U



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

Muchas gracias por su atención

Roberto E. Bianchi
Gerente Exploración de Materias Primas
Comisión Nacional de Energía Atómica
Av. del Libertador 8250
C1429BNP, Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel: 54 11 4704 1415 /Fax: 54 11 4704 1179
rbianchi@cnea.gov.ar