

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS

Gerencia:

5C RECURSOS Y PRODUCCION DE URANIO

Pedro N.Stipanicic-Felix Rodrigo

J. L. Alegria
Julio 1971

5C-1

5C RECURSOS Y PRODUCCION DE URANIO

Por: Pedro N. Stipanovic y Félix Rodrigo

5C.0.1. Introducción

De acuerdo con la composición geológica del país y siguiendo los conceptos que actualmente rigen sobre la génesis de los depósitos uraníferos, pudo establecerse que de los 2.800.000 km² que cubren el territorio continental argentino, cerca de la mitad presenta posibilidades favorables para la existencia de tales yacimientos (55).

Dentro del área así señalada, superior al millón de kilómetros cuadrados, se estima que ciertas regiones, que en conjunto abarcan unos 400.000 km², ofrecen perspectivas de mayor interés en tal sentido.

Acorde con tal punto de vista, prácticamente toda la actividad geológico-minera de la Comisión Nacional de Energía Atómica se concentró en dichas áreas, definidas como de "interés inmediato". Hasta la fecha, ya se reconocieron 200.000 km² de las mismas, de las cuales 150.000 lo fueron mediante prospección aérea semi-regular (expeditiva) (8), (13), (14), (23), (24), (52).

Como resultado de tales trabajos, en los que participaron tanto la CNEA como la actividad privada -ésta última en escala reducida- se localizaron más de 150 zonas, con manifestaciones de uranio de variada importancia (2), (24), (37), (54), (55) (56), (61).

En la Figura 5C-1 se representan las áreas con posibilidades favorables para el hallazgo de acumulaciones uraníferas, se indican los sectores reconocidos de las mismas y aquellos cubiertos con prospección aérea. En la Figura 5C-2 se se-

//..

ñala la ubicación de los principales distritos y yacimientos nucleares descubiertos hasta ahora (24),(55),(61).

5C-1 CLASIFICACION DE LOS RECURSOS Y DEL POTENCIAL URANIFERO

En la clasificación de los recursos y del potencial uranífero de un país se usan distintas categorías, de acuerdo con los costos de producción de los concentrados con "calidad o grado standard" (con 65 a 80% U_3O_8 , conocidos internacionalmente como "yellow cake") y con el grado de seguridad con el que se determinan las cifras de las reservas.

En los últimos cinco años, se ha impuesto en el mundo el concepto de agrupar los recursos uraníferos de acuerdo con los costos de producción del "yellow cake" resultante en las siguientes categorías (17),(21),(24),(39),(45):

Entre U\$S 5 y 10 por libra U_3O_8 (=U\$S 11-22/kg U_3O_8)

Entre U\$S 10 y 15 por libra U_3O_8 (=U\$S 22-33/kg U_3O_8)

Entre U\$S 15 y 30 por libra U_3O_8 (=U\$S 33-66/kg U_3O_8)

En la Conferencia de Ginebra de 1964, se consideraron también rangos que variaban entre U\$S 10-50; 50-100 y 100-150 por libra de U_3O_8 , pero en la reciente reunión del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Agencia Europea de Energía Nuclear (AEEN), se aceptaron solamente los comprendidos entre U\$S 5-10 y 10-15/lb U_3O_8 (45).

La primera categoría (U\$S 5 y 10/lb U_3O_8), es la que tiene vigencia económica actual en el mundo.

Es opinión generalizada que la segunda (U\$S 10-15/lb U_3O_8), será la que con toda o mucha posibilidad regirá en el mercado mundial del uranio, a partir de 1975 ó 1980.

La tercera categoría (de U\$S 15 a 30/lb U_3O_8), se considera como el límite económico máximo competitivo que podría admitirse para el uranio como combustible, frente a otros con

vencionales, según el estado actual de desarrollo de la tecnología de los reactores de potencia. Esta categoría es la menos segura en cuanto a la estimación de recursos se refiere y solamente se la considera en aquellos países que no tienen suficientes recursos uraníferos. Puede ser admitida como una reserva de aprovechamiento futuro, la que podrá incrementarse en forma sustancial, en las áreas marginales de los yacimientos normales, a medida que avance la exploración de los mismos.

En lo que se refiere al grado de seguridad que se alcanza en la evaluación de las reservas sobre los yacimientos o distritos conocidos y en la estimación de los potenciales posibles de áreas consideradas como favorables, pero aún no exploradas, no hay total uniformidad de opiniones al respecto, pero también, a partir de 1960 (39) y especialmente en los últimos años se han impuesto en el campo de las materias primas nucleares nuevos conceptos sobre las categorías de los recursos uraníferos, reconociéndose tres grupos principales (17), (22), (24):

1º) Reservas

2º) Recursos razonablemente asegurados

3º) Recursos adicionales posibles

Como "reservas", en el sentido clásico, se considera el mineral certificado con una adecuada densidad de trabajos mineros o sondeos de exploración, con sus parámetros totalmente conocidos y en condiciones de ser explotado de inmediato, según la tecnología de procesamiento actualmente conocida para dicho mineral.

Como "recursos razonablemente asegurados", categoría aceptada por el OIEA-OEEA, se comprenden aquellos minerales contenidos en depósitos ya conocidos, con tal ley, cantidad y morfología que pueden ser, dentro de los rangos de precios antes citados, extraídos de los mismos y procesados, se-

gún los métodos mineros y tecnológicos actualmente disponibles. La estimación del tonelaje y tenores se basa sobre muestreos específicos, medidas de los depósitos y conocimiento del hábito de los mismos; esta categoría, la que parcialmente requiere mayor densificación de la exploración, puede ser considerada como groseramente equivalente a la de "Reservas minerales" en el sentido usual, particularmente para las escalas de precios inferiores (U\$S 5-10 y 10-15).

La categoría de "recursos adicionales posibles", se refiere a minerales cuya presencia se presupone en partes no exploradas de depósitos ya conocidos, o en yacimientos aún no descubiertos en distritos uraníferos existentes o en áreas postuladas como tales, en los cuales se estima que pueden ser descubiertos, explotados y concentrados en los rangos de precios a que se hizo referencia. La estimación del tonelaje y leyes de esta categoría en distritos uraníferos existentes se basa primordialmente en el conocimiento de los depósitos ya descubiertos en los mismos. La presencia y tamaño de yacimientos en áreas inexploradas específicas se infiere sobre la base de la comparación con la distribución de los recursos en áreas conocidas, con características geológicas, estructurales, etc. semejantes.

Debe destacarse que la seguridad de las estimaciones de los recursos no es uniforme para los distintos rangos y que ella decrece hacia las categorías de precios más altos, a la vez que se acepta que hay una tendencia general a subestimar los recursos cuando los datos disponibles no son suficientes. Así, las estimaciones pueden ser inferiores por un margen sustancial (5, 10 ó a veces mayor aún), en las escalas de precios altos y también en la categoría de "recursos adicionales posibles".

Para el caso de la República Argentina, no hay ningún

problema en aceptar y usar la primera categoría ("recursos razonablemente asegurados"), la que comprende todos aquellos valores que corresponden al "mineral medido", "indicado" e "inferido" de la industria minera y a la continuidad de cuerpos uraníferos homogéneos, ya conocidos, adecuado a las características propias de cada yacimiento.

La misma sirve para basar anteproyectos y proyectos de planes inmediatos, requiriéndose en algunos casos trabajos adicionales de exploración física para delimitar más exactamente los valores consignados antes de usarlos como base para realizaciones industriales concretas, con cálculos detallados de costos, amortizaciones, etc. Esta exploración complementaria puede realizarse en la Argentina en corto tiempo: 3 ó 4 años.

La categoría de "recursos adicionales posibles" incluye, en general, valores que revisten un carácter subjetivo, teniendo en cuenta varios factores: densidad, dimensiones y morfología de anomalías descubiertas en un distrito uranífero conocido, pero aún no exploradas físicamente ("Rodolfo", "Pedro Nicolás", "La Despedida", "Sierra Pintada", "Los Adobes", etc.); frecuencia de la aparición de cuerpo a niveles mineralizados satélites de los mayores ("Dr. Bauliés", "Los Reyunos", "Los Adobes", etc.); elevado número de depósitos y anomalías ya descubiertos en todo el país, pero aún no explorados físicamente; la reducida extensión de las áreas prospectadas en relación con las que presenten posibilidades uraníferas; las características geológicas favorables de las extensas áreas aún no reconocidas; el ritmo de descubrimientos que se registra en los últimos años en relación con las superficies exploradas, etc.

Esta categoría no debe usarse en planificaciones concretas y para certificarse las estimaciones respectivas, se requieren trabajos de exploración de gran volumen, que para el caso de la Argentina se estima que demandarían entre 8 y 10 años.

5C-2 MAGNITUD DE LOS RECURSOS MINERALES

En el cuadro de la Figura 5C-3 se detallan los valores de los recursos uraníferos de los principales distritos argentinos, correspondientes a los rangos de precios señalados para el "yellow cake" y se brinda además la distribución geográfica de los mismos (1) a (6), (8) a (10), (13) a (15), (18), (24), (28) a (35), (37), (40) a (43), (47) a (52), (54) a (61), (63).

En la Figura 5C-4 se graficó la evolución de las "reservas certificadas" y los "recursos razonablemente asegurados", desde 1952 hasta la fecha.

En síntesis, los recursos uraníferos argentinos, tabulados por costos y categorías, son al 31/7/71, expresados en toneladas de U_3O_8 contenido (Tabla 5C-1):

RECURSOS URANIFEROS ARGENTINOS

(en t de U_3O_8)

PRECIOS EN US\$/lb U_3O_8	5-10	10-15	15-30	SUBTOTALES PROGRESIVOS
R: RESERVAS	4.500	800	3.500	
Subtotales progresivos	4.500	5.300	8.800	8.800
RRA: RECURSOS RAZONABLEMENTE ASEGURADOS	7.100	9.900	11.000	
Subtotales progresivos	7.100	17.000	28.000	36.800
RAP: RECURSOS ADICIONALES POSIBLES	18.400	31.300	63.500	
Subtotales progresivos	18.400	49.700	113.200	150.000
SUBTOTALES	30.000	42.000	78.000	
Según costos	72.000			
TOTAL				150.000

Debe destacarse que los valores tabulados para las categorías "recursos razonablemente asegurados" y "recursos adicionales posibles" en los rangos de U\$S 5 a 15/lb U_3O_8 , son muy conservativos, pues se prefiere mantener a los mismos con alto grado de seguridad. En el primer informe del AEEN (17), que fué redactado por los principales expertos de Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Suecia, España, Francia y AEEN, se indicaron para la Argentina 20.000 t de U_3O_8 en el rango U\$S 5-10 y 17.000 t entre U\$S 10 y 15. Los datos actuales de AEEN (45), fueron reajustados por esta Comisión Nacional.

Expertos de Estados Unidos, Francia, Alemania, Portugal, Euratom, etc., que visitaron los yacimientos y distritos nucleares argentinos en distintas oportunidades, se expidieron con todo optimismo sobre el potencial uranífero del país.

En la Figura 5C-5 se representan gráficamente los valores de las reservas, recursos y del potencial uranífero, según costos de beneficio del mineral.

5C-3 CAPACIDAD DE ELABORACION DE CONCENTRADOS DE URANIO ("YELLOW CAKE")

5C.3.1. Planta Malargüe

Bajo régimen operativo normal y procesando minerales con tenores medios, su capacidad de elaboración es de 100 t de mineral/día, con una producción de 30-35 t U/año, recuperando además 60-80 t Cu/año.

El mineral es abastecido por el yacimiento "Huemul", el que tiene reservas certificadas para un período de 3-3½ años, con discretas posibilidades de incrementarlas.

5C-3.2. Estación de Lixiviación "Don Otto"-Planta Córdoba

Estos establecimientos, en conjunto, pueden elaborar minerales a razón de 2.000 t/mes.

El proceso se inicia en la Estación de Lixiviación "Don Otto" (Salta), la que es abastecida por el yacimiento homónimo o podrá serlo con otros del Distrito Tonco-Amblayo ("M.M. de Güemes", "Los Berthos", "Pedro Nicolás", etc.). El uranio es extraído mediante "heap leaching", por circulación de soluciones sulfúricas y se recupera de los líquidos fértiles con resinas de intercambio iónico, en una planta con capacidad de 20 t U/año. Se obtiene un preconcentrado de 40 a 50% de U_3O_8 , el que se transporta a Planta Córdoba para su refinación final.

Planta Córdoba, actualmente en proceso de adecuación para la construcción de las instalaciones de purificación nuclear, dispone de una capacidad de refinación de hasta 2 t de U/mes trabajando en dos turnos, o de 3 t/U, con tres turnos. Esta capacidad adicional podría ser saturada, de ser requerido, mediante la refinación de concentrados de otros yacimientos.

5C.3.3. Estación de Lixiviación Estancia Berwyn (Chubut)

Este establecimiento, cuya instalación se inició en el presente ejercicio, entrará en operación en 1973, con una capacidad de 35-40 t U/año. Está destinado a compensar la producción de Fábrica Malargüe, por agotamiento del yacimiento "Huemul", hasta tanto se construya la futura planta de San Rafael (Mendoza).

Será abastecido con mineral del yacimiento "Los Adobes", extrayéndose el uranio mediante "heap leaching" con solución sulfúrica, el que será recuperado de los líquidos con solventes aminados, hasta la obtención de un "yellow cake" convencional ($> 75\% U_3O_8$).

Si bien las reservas del yacimiento "Los Adobes" permiten una operación de 4-5 años, al ritmo citado, el descubrimiento reciente de un grupo de yacimientos de características simi-

lares, próximos a aquel (Sierra de Pichiñan), aseguraría la continuidad del abastecimiento por un período considerablemente mayor.

5C-3.4. Capacidad total

Resumiendo, la capacidad total y normal de producción de concentrados de uranio queda fijada en 60-65 t U por año, estimándose que de ser requerido, dicha cifra podría llevarse hasta 70-75 t U/año en el momento en que entre en operación "Los Adobes", o mediante la incorporación de otras Estaciones de lixiviación: "Sañogasta" (La Rioja), "La Estela" (San Luis), etc.

De acuerdo a las reservas actuales de los yacimientos citados, esta situación puede mantenerse por un período mínimo de 6-8 años, con buenas posibilidades de extenderse a 10 años.

5C-3.5. Capacidad futura de elaboración de concentrados de uranio

Previo a la finalización de la situación expuesta en 5C-3.1. (aproximadamente: 1976) o de requerirse mayores volúmenes de producción, habría que instalar nuevas plantas convencionales con molienda, lixiviación con agitación y concentración selectiva por solventes o resinas de intercambio iónico o mixtas ("heap leaching" + refinación), siendo las posibilidades:

- a) En Distrito Sierra Pintada (Mendoza), con capacidad de producción de hasta 450 t U/año y operación durante 10 años, en función de las reservas razonablemente aseguradas hasta el presente, y que podría alcanzar hasta 900 t U/año, para el mismo período de operación, sobre la base de las perspectivas del Distrito y programas de desarrollo minero previstos (37), (49).

Desde el momento en que se decida la construcción de dicha planta, hasta su puesta en operación, a plena capacidad, se requerirán, como mínimo 5 años, ello teniendo en cuenta que ya se dispone de laboreos previos, adecuados para la obtención de muestras de mineral, a profundidades intermedias.

- Ensayos hidrometalúrgicos, a escala de laboratorio y planta piloto, para elaboración especificaciones técnicas	1.0 años
- Licitación y adjudicación	0.5 "
- Proyecto y construcción	3.0 "
- Puesta a punto y operación a 50% de su capacidad	<u>0.5</u> "
	5.0 años

La adopción de una capacidad de operación del orden de 450 t U/año o mayores, requerirá la asignación de presupuesto adicional para acelerar los trabajos de exploración y pasar los "recursos" a la categoría de "reservas".

- b) En "Don Otto"(Salta), con capacidad de producción comprendida en el orden de 150 t U_3O_8 /año y operación durante un período no menor de 10 años (12),(47),(57).

Desde el momento en que se decida la construcción de dicha planta hasta su puesta en producción, se requieren como mínimo 5 años:

- Obtención de muestras de niveles inferiores y laboreo minero "ad hoc"	0.5 año
- Ensayos hidrometalúrgicos (laboratorio y planta piloto)	0.5 "
- Anteproyecto y proyecto planta	1.0 "
- Construcción, instalación y puesta a punto planta, integrada con planta ácido sulfúrico; campamento, etc.	<u>3.0</u> "
TOTAL	5.0 años

//..

Si bien se dispone de las reservas de mineral que justifican dicha planta, al mismo tiempo deberían intensificarse los trabajos de exploración, desarrollo y preparación de los yacimientos "Don Otto", "Pedro Nicolás", "M.M.de Güemes", "Los Berthos", "Pepe Luis", "Emmy", "Cardonal" y "Cachiyal", que son los que suministrarán el mineral y condicionarán la capacidad de producción a asignar a la misma.

- c) En Cosquín (Córdoba), con capacidad de producción comprendida entre 300 y 500 t U_3O_8 /año y operación mínima durante 10 años (12),(31),(55),(58),(62).

Desde el momento en que se tomará la decisión de instalar esta planta, hasta su marcha productiva, se requiere un período del orden de 6 años.

Este período es independiente del que requiera la solución legal para el beneficio de los yacimientos de este Distrito, ya que los mismos se encuentran en una región densamente poblada, por lo que deberán tomarse numerosos recaudos para no lesionar los intereses de terceros o de la comunidad.

Las previsiones para la puesta en marcha son las siguientes:

- Labores mineras en profundidad, para obtención muestras representativas	1 año
- Estudios y ensayos de concentración física e hidrometalúrgica, en laboratorio y planta piloto	1 "
- Anteproyecto y proyecto nueva planta	1 "
- Construcción, instalación y puesta a punto	<u>3 "</u>
TOTAL	6 años

//..

5C-4 CAPACIDAD DE ELABORACION DE PRODUCTOS REFINADOS

5C.4.1. Productos con pureza subnuclear

Para 1972, Planta Córdoba podría ser completada, con equipos de poco volumen y costos reducidos, para producir materiales con alto grado de pureza, ya útiles para su aprovechamiento directo en la preparación de combustibles nucleares para algunos tipos de reactores (60).

Dichos productos pueden ser: UTC (uranil-tricarbonato de amonio) o UO_3 (trióxido de uranio).

Las calidades de los mismos, respecto al contenido con impurezas, serían tales que la sumatoria del producto de la concentración ("Ci") de cada una de ellas, expresadas en partes por millón, por su respectiva sección eficaz microscópica de captura para neutrones térmicos (G_i), expresadas en "barns" y dividido por el respectivo peso atómico ("Ai"), no superaría el valor de 400 barns:

$$\sum_i \frac{C_i}{A_i} G_i \geq 400 \text{ barns}$$

5C.4.2. Productos con pureza nuclear (UO_2)

Actualmente no se dispone de facilidades para producir UO_2 con pureza nuclear en escala industrial, si bien se ha decidido ya la instalación de una nueva línea de purificación nuclear en Planta Córdoba, a escala piloto, la que tendrá una capacidad de producción comprendida entre 50 y 100 t/año de UO_2 .

Las obras civiles, para la instalación de la primera etapa (purificación por vía húmeda) se encuentran en construcción.

La línea completa de purificación nuclear podría entrar en operación a fines de 1973. La misma contará con:

- a) Planta de purificación por TBP (fosfato de tributilo)
- b) Planta de diuranato amónico
- c) Horno convertidor (UO_3)
- d) Horno de reducción para producir UO_2

5C-5 COSTOS DE PRODUCCION

En condiciones normales de producción y de disponer de plantas con capacidad adecuada, la CNEA podrá obtener "yellow cake" a costos del orden de U\$S 10/lb U_3O_8 , incluyendo todos los gastos.

Las cifras correspondientes a la operación actual de Fábrica Malargüe (U\$S 14-15/lb U_3O_8), difícilmente puedan bajarse de mantenerse el régimen de producción señalado, ya que la capacidad de la misma está muy lejos de lo que se considera el mínimo económico en los principales países productores. Algo mejor es la situación en las plantas de "heap leaching", las que operan con costos de U\$S 10-13/lb U_3O_8 .

Para el caso de instalarse una planta en San Rafael (Mendoza) o "Don Otto" (Salta), con capacidad de 10 a 15 veces superiores a la de Malargüe, se estima que el "yellow cake" podría producirse a U\$S 9,50-12/lb U_3O_8 (U\$S 21-22/kg U_3O_8), incluyendo amortizaciones.

Para la Planta Cosquín, en cambio, debido a las características de sus minerales y las dificultades que se prevén para su operación, los costos de tratamiento oscilarían entre U\$S 12 a 15/lb U_3O_8 .

El costo de producción de UO_3 de alta calidad (subnuclear), resultaría aproximadamente U\$S 0.50/ UO_3 más caro que el "yellow cake" standard.

A partir del "yellow cake" convencional, el costo de refinación para alcanzar UO_2 nuclearmente puro sería de alre-

dedor de U\$S 3-3,5/lb UO_2 , en función de la capacidad de las plantas y regimen de producción requerido.

5C-6 DEMANDA DE URANIO A MEDIANO TERMINO

Los requerimientos de la Central Nuclear Atucha (35-40 t U/año), constituyen los únicos concretos que tiene a la fecha la CNEA, los que pueden ser abastecidos holgadamente con la capacidad de las instalaciones actuales (60-65 t U/año).

Sobre la base del Plan Nuclear a 10 años y el Programa de construcción de Centrales Nucleares previsible, se ha procedido a elaborar una estimación de la demanda futura según dos variantes: "normal" y "máxima", derivadas del consumo diferencial de los distintos tipos de reactores, o de una aceleración del programa.

De acuerdo con tal hipótesis, las "reservas comprobadas" actuales, beneficiables a costos del orden de U\$S 10/lb U_3O_8 y considerando solamente las de los yacimientos de mayor volumen, serían suficientes para satisfacer la variante de máxima demanda hasta 1985 (Lámina 5C-6).

Si se consideran, en cambio, los "recursos razonablemente asegurados", a costos de U\$S 10/lb U_3O_8 , alcanzarían hasta 1990, o hasta 1995, si se agregan las de U\$S 15/lb U_3O_8 .

Si aún se añadieran los "recursos adicionales posibles", los que requerirían de un vigoroso programa de exploración para su concreción definitiva, las mismas alcanzarían, aproximadamente, hasta el año 2000.

5C-6 EL TORIO

Si bien el torio no es directamente un combustible nuclear, cuando se consideran los recursos energéticos cabe incluir el estudio de este elemento, ya que el Th_{232} tiene la propiedad de ser un material fértil.

Bajo irradiación por neutrones se convierte en U_{235} , el que ya es un combustible nuclear.

La República Argentina, de acuerdo con los conocimientos actuales, no es un país rico en torio (63). Hasta la fecha solo se conocen algunos depósitos vetiformes en Rangel (Salta), de importancia aparentemente solo discreta, que integrarían reservas del tipo "inferido" del orden de 1.500 t ThO_2 .

Además, en el aluvión de Río Tercero (Córdoba), se determinó la existencia de 5.000 t de monacita con un tenor de 3,8% ThO_2 .

Por el momento se estima que no es necesario intensificar en la Argentina la exploración en búsqueda de yacimientos toríferos, ya que su contribución al abastecimiento futuro de materiales combustibles nucleares, no está aún bien definida.

5C-7 EL PANORAMA URANIFERO MUNDIAL

5C-7.1. Los recursos uraníferos

Muy pocos países en el mundo cuentan con recursos uraníferos significativos, obtenibles a costos considerados como favorables en el período actual y en el que seguirá hasta los años 1975-1980, es decir, por debajo de U\$S 10 la libra de U_3O_8 contenida en concentrados en calidad comercial ("yellow cake").

El monto de dichos recursos resulta difícil de precisar, ya que las cifras brindadas en distintas publicaciones son a veces muy disímiles. Ello se debe en muchos casos a distintos conceptos usados en la evaluación de las reservas y en otros a factores no técnicos, de diferente carácter (7), (11), (16), (17), (19) a (22), (24) a (27), (36), (38), (39), (45), (46), (53), (59), (64).

No obstante, se estima que la información elaborada por un grupo de expertos de los principales países con recur

sos uraníferos, bajo el patrocinio del OIEA y la AEEH, ofrece, con un criterio coherente, un panorama adecuado de la situación mundial (45). Los datos registrados, solo actualizados para Australia y nuestro país, se indican en la Tabla 5C-2.

5C.7.2. El mercado mundial del uranio

Hasta la fecha, el mayor consumidor de uranio en el mundo ha sido EE.UU., siguiéndole en orden de importancia Gran Bretaña, pero con cifras menores. En los últimos diez años, el programa nuclear del Euratom y especialmente de Francia colocó a esta complejo en tercer lugar.

Los productores más importantes son y fueron EE.UU., Canadá y Sudáfrica, siguiendo en escala mucho más reducida Francia, Australia, Congo Belga y Portugal, los que a excepción del primero libran sus productos a EE.UU. y Gran Bretaña.

Entre 1956 y 1970, la Comisión de Energía Atómica y empresas privadas de EE.UU. compraron 315.900 t de U_3O_8 , de las cuales 174.500 t fueron de producción interna; 73.800 t procedían de Canadá y 67.600 t de Sudáfrica y otros países de ultramar. Los precios pagados por EE.UU. oscilaron entre U\$S 8 y 11/lb U_3O_8 (= U\$S 17,60 y 24,20/kg U_3O_8), hasta el año 1962 para todos los proveedores; luego se lo fijó en U\$S 8/lb U_3O_8 para el lapso 1962-1967 y finalmente en U\$S 6,70 (=U\$S 14,75/kg U_3O_8), siendo la tendencia actual la de fijar precios de hasta U\$S 8-10 (=U\$S 17,60-22/kg U_3O_8), hasta 1973 y seguramente superiores a partir de tal fecha.

La capacidad actual de producción de los EE.UU. es de unas 14.600 t U_3O_8 /año y las previstas para 1972 y 1975/76 serán de 17.200 y 21.000 t U_3O_8 , respectivamente.

Un indicio del interés futuro del mercado del uranio en EE.UU. lo da la reiniciación de la exploración en gran escala, mediante perforaciones, las que en 1969 y 1970 alcanza-

ron niveles del orden de 9.000.000 m/año.

El segundo consumidor mundial es Gran Bretaña, que mantuvo con Sudáfrica un contrato para la provisión de 3.300 t U_3O_8 por año entre 1961 y 1967 y un adicional total de 5.300 t U_3O_8 entre 1968 y 1970. El precio es de U\$S 11,20/lb U_3O_8 (=24,64/kg U_3O_8). Otro convenio significativo lo tiene con Canadá, por el libramiento de 10.000 t U_3O_8 entre 1963 y 1970 (aproximadamente), habiéndose fijado el precio en U\$S 5,03/lb U_3O_8 (=U\$S 11,06/kg U_3O_8).

Siguen en importancia los requerimientos del EURATOM (incluyendo a Francia), los que hasta la fecha han sido satisfechos en su casi totalidad con la producción francesa (metropolitana y de ultramar), y en proporción reducida por la de Portugal.

La producción actual de Francia es de 1.450 t U_3O_8 /año y será incrementada en 1974/75 a unas 5.250 t U_3O_8 /año, con la participación de Gabón y Niger.

Todas las demás ventas de uranio realizadas en el mundo entre distintos países alcanzan montos más reducidos, siendo los compradores Japón, Alemania, Israel, India, etc. y los vendedores, Canadá, EE.UU. y Sudáfrica y en muy pequeña escala lo fueron Argentina y España. Los precios de venta en estas transacciones menores oscilan entre U\$S 5 y 10/lb U_3O_8 (=U\$S 11 y 22/kg U_3O_8).

Los requerimientos futuros de uranio en el mundo han sido estimados por distintas instituciones especializadas, de acuerdo con los tipos de reactores a usar y con los programas energéticos de los principales países o zonas industriales. Las estimaciones que se actualizan más regularmente son aquellas del A.E.C. (EE.UU.), la de AEEH (Euratom) y la del Comité del Uranio (Canadá).

Según el último informe de la Organisation for Economic Co-operation and Development, AEEN-OIEA (abril 1970), la situación del mercado mundial del uranio en cuanto a estimaciones sobre la demanda y la capacidad de producción, se reflejan en el Cuadro 5C-7.

Debe destacarse que tanto los últimos informes del OIEA-AEEN (45), como los del AEC de los EE.UU. (46), coinciden en que se mantendrá el actual nivel de costos en U\$S 10/lb U_3O_8 y en la conclusión de que las reservas disponibles beneficiables a dichos costos son insuficientes para abastecer las crecientes demandas de uranio que se prevé para los próximos años.

Ante tales perspectivas se ha producido ya un fuerte incremento mundial en las actividades de prospección y explotación de nuevos yacimientos, en el rango de costos citado, así como del desarrollo de tecnologías para la recuperación de uranio, en minerales de menor ley, a costos superiores a U\$S 10/lb U_3O_8 .

RECURSOS URANIFEROS MUNDIALES

en t de U308

PAISES	RANGO DE COSTOS		Hasta U\$S 10/lb U ₃ O ₈		Entre U\$S 10-15/lb U ₃ O ₈	
	CATEGORIA	RECURSOS RAZONABLE MENTE ASEGURADOS	POTENCIAL ADICIONAL	RECURSOS RAZONABLE MENTE ASEGURADOS	POTENCIAL ADICIONAL	
EE.UU.		227.000	463.000	127.000	272.000	
CANADA		210.000	209.000	118.000	154.000	
SUDAFRICA		181.000	14.000	59.000	32.000	
AUSTRALIA		70.000	6.000	8.300	6.000	
SUECIA		---	---	317.000	45.000	
FRANCIA		41.000	23.000	8.000	14.000	
NIGERIA		24.000	35.000	12.000	12.000	
ARGENTINA		11.600	18.400	10.700	31.300	
PORTUGAL		8.700	7.000	---	13.600	
ESPAÑA		10.000	---	9.100	---	
GABON		12.200	5.900	---	5.900	
REP. CENTRO AFRICANA		9.400	9.400	---	---	
ANGOLA		---	---	---	13.600	
JAPON		2.400	---	4.100	---	
DINAMARCA		---	---	4.500	---	
INDIA		---	---	2.700	900	
MEXICO		1.200	---	1.100	---	
BRASIL		800	800	---	---	
ITALIA		1.400	---	---	---	

5C-8 BIBLIOGRAFIA

- (1) - ACHEN, H. y GUERRERO, F., Informe sobre la prospección de minerales nucleares efectuada en la zona de Ranquil-Co, Malargüe. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA (1959).
- (2) - ANGELELLI, V., Distribución y características de las manifestaciones y depósitos uraníferos de la República Argentina. Primera Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos (1955).
- (3) - ANGELELLI, V. y ORTEGA FURLOTTI, A., Contribución al conocimiento de las lutitas uraníferas de la provincia de San Juan (Argentina). Segunda Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos (1958).
- (4) - ANTONIETTI, C.E. y PARERA, C.A., Afloramientos radiactivos en areniscas permocarbónicas entre Jáchal y Guandacol. Su importancia económica. Anales Prim.Jornadas Geol. Argent., San Juan, 1960, III. Buenos Aires (1962).
- (5) - ANZULOVICH, J. y BELCASTRO, H., Anomalías descubiertas por prospección aérea. Período 1960-62. Zona Río Chubut Norte. Informe inédito Ger.Mat.Prim., CNEA (1963).
- (6) - AZAMOR, L., Informe preliminar manifestación Carhué Niyeu (Chubut). Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas, CNEA (1962).
- (7) - BAROCH, C.T., Uranium-Bureau of Mines, Bull. 630. Washington (1965).
- (8) - BELCASTRO, H., Informe de prospección aérea en la zona del río Chubut medio. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA (1961).
- (9) - BELCASTRO, H.; SALINAS, H.; ANZULOVICH, J. y RASO, H.P., Las manifestaciones uraníferas en los depósitos continentales del chubutense Superior. Anal.Prim.Jorn.Geol.Argent. San Juan, III, 1960. Buenos Aires (1962).
- (10) - BELLIUCC, A.E., Informe del Plan de Exploración desarrollado en el yacimiento nuclear "Soberanía". Inf.Inéd.Ger.Mat.Prim. CNEA. 1960.
- (11) - BHOLA, K.L.; DAR, K.K.; RAMA RAO, Y.N.; SUSI SASTRY, C. y METHA, N.R., A Review of Uranium and Thorium deposits in India. Tercera Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos, 28/P/752. (1964).

- (12) - CECCHETTO, A.M.; COPPA, R.C.; DEL BOCA, R.; LICHA, A. y STI-PANICIC, P.N.; Aplicación de la lixiviación en pilas ("heap leaching") en el tratamiento de minerales argentinos. Tercera Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos. (1964).
- (13) - CCCO, A.L., Informe sobre prospección aérea zona norte de San Juan-sur de La Rioja. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas.CNEA (1961).
- (14) - CCCO, A.L., Relevamiento sobre áreas anómalas Los Reyunos-El Tigre-Los Chañares. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas, CNEA. Buenos Aires (1968).
- (15) - DEL VO, A.J.C. y DAVIDS, N.C., Aspectos salientes de las concentraciones uraníferas del Chihuido del Medio, Departamento Añelo (Prov.Neuquén). Anal.Prim.Jorn.Geol. Argent., San Juan, III, 1960. Buenos Aires (1962).
- (16) - ELDORADO MINING AND REFINING LIMITED, Uranium in Canada. Ottawa (1964).
- (17) - E.N.E.A., World Uranium and Thorium Resources. París (1965).
- (18) - ETCHART, L.M.; OLSEN, H.; SACCONI, E.R. y SCHIANO, E., Sierra Cuadrada, su geología y aspectos de la mineralización uranífera. Anal.Prim.Jorn.Geol.Argentin., San Juan, III, 1960. Buenos Aires (1962).
- (19) - EURATOM, The Problem of Uranium Resources and the Long-term supply position, EUR 414.e. Bruselas (1963).
- (20) - EURATOM, Situation et perspectives de l'énergie nucléaire dans la Communauté Européenne. EUR/C/4000/3/64 f, Bruselas (1965).
- (21) - EUROPEAN NUCLEAR ENERGY AGENCY, Uranium resources. Revised estimates. Rep. ENEA, París (December 1967).
- (22) - FAULNER, R.L. y Mc VEY, W.A., "Fuel Resources and availability for Civilian Nuclear Power", 1964-2000. Tercera Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos, 28/P 256 (1964).

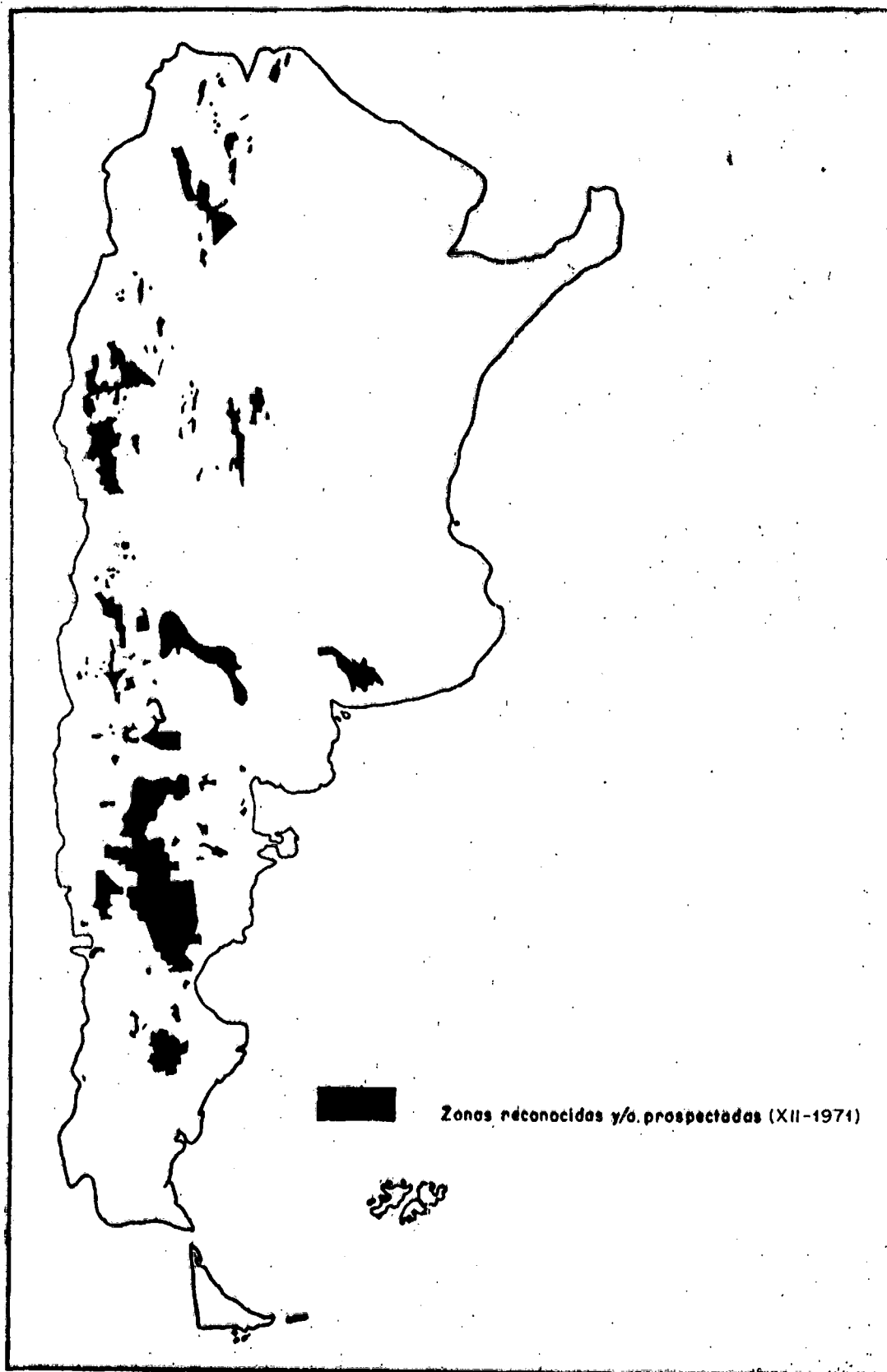
- (23) - FRIZ, C.T.; GAMBA, J.L.; JENNA, R.J.A.; MARINKOFF, K. y MARTINEZ, C.G.M., Técnicas de prospección aérea radiométrica y emanométrica terrestre aplicadas en la República Argentina. Tercera Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos. (1964).
- (24) - FRIZ, C.T.; RODRIGO, F. y STIPANICIC, P.N., Recursos y posibilidades uraníferas de la Argentina. Tercera Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos. (1964).
- (25) - GRAHAM, R., Nuclear Fuel Cost trends under private ownership American Power Conference - Chicago (1965).
- (26) - GRIFFITH, J.W. y ROSCOE, S.M., Canadian Resources of Uranium and Thorium. Tercera Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos. 28/P/25 (1964).
- (27) - HARRISON, M.A.; LOWELL, A.F.; BELL, D.D.; MACKENZIE, A.D.; PITCHERT, P.N.; ROBERTSON, D.S. y STOVEL, J.R., Medium term survey: uranium supply, demand. Canadian Nuclear Technology (Nov-Dec., 1967).
- (28) - KROGER, J., Informe sobre los trabajos realizados en la manifestación nuclear "Cerro Mirano". Inf.Inéd.Ger.Mat. Prim. CNEA (1962).
- (29) - LATORRE, C.O., Informe preliminar sobre las condiciones geológicas y mineralógicas de las manifestaciones crupouraníferas de Rahueco-Prov.de Neuquén. Inf.Inéd.Ger.Mat. Primas. CNEA (1960).
- (30) - LINARES, E., El yacimiento Co. Huemul, Malargüe, Prov.de Mendoza, Tesis Inéd.Univ.Buenos Aires (1956).
- (31) - LINARES, E. y TIMONIERI, A., Informe preliminar geológico-minero del yacimiento "Rodolfo", Cosquín, Córdoba. Inf. Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA (1960).
- (32) - LUCERO, H.N.; DIEZ, J.D. y TIMONIERI, A.J., Contribución al conocimiento de algunas manifestaciones uraníferas en las provincias de Córdoba, La Rioja y San Luis. Segundas Jornadas Geol.Arg., Salta (1963).
- (33) - LUCERO, H.N., Informes (6) sobre las minas Sañogasta, San

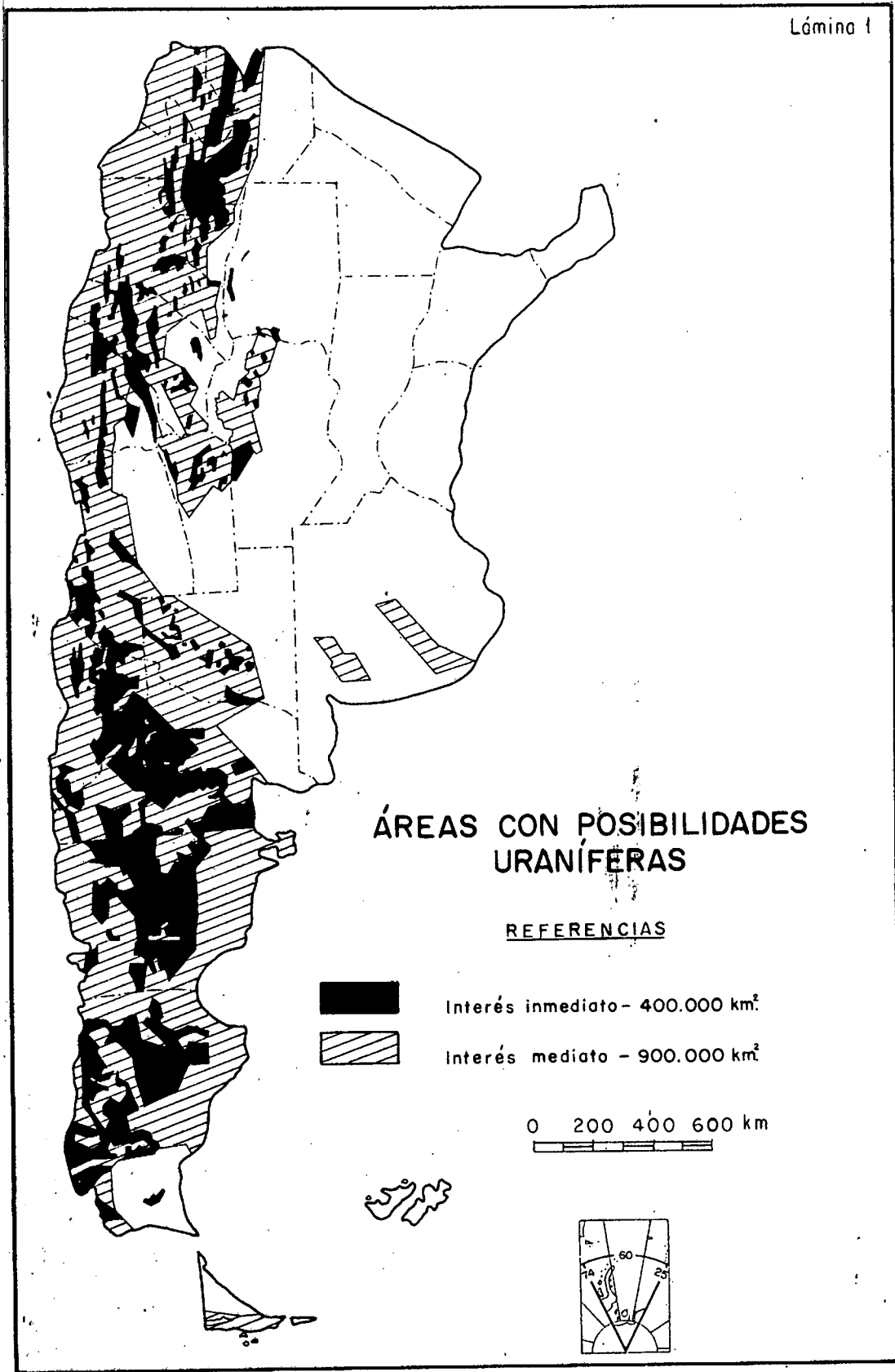
Sebastián y Santa Brígida. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas,CNEA (1963).

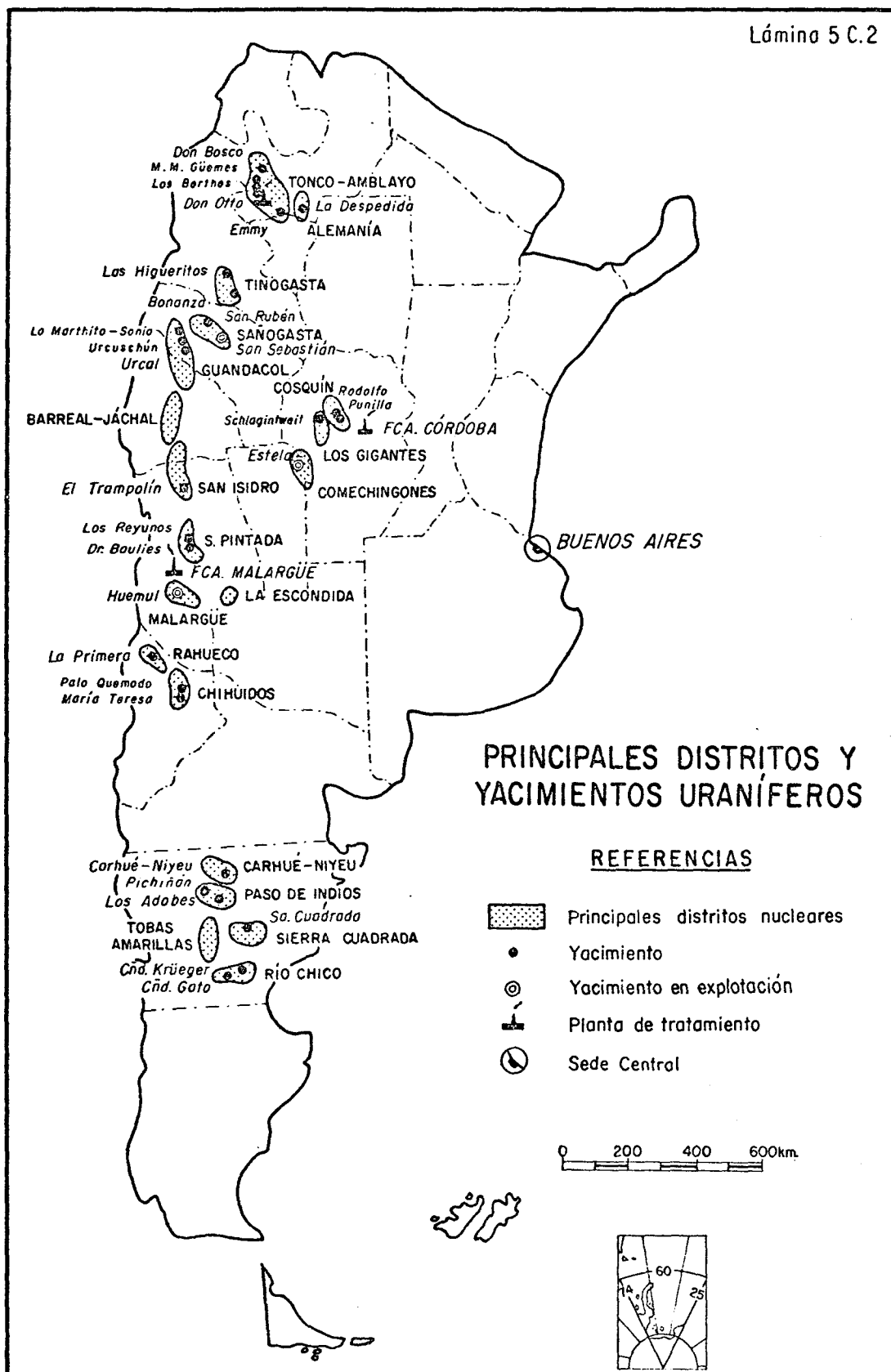
- (34) - LUCERO, H.H. y DIEZ, J.D., Informe sobre valorización de reservas de las minas "San Sebastián" y "Santa Brígida" en relación a su futuro tratamiento por el método del "heap leaching". Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA (1961).
- (35) - LUCERO, H.H., Evaluación preliminar de las reservas uraníferas del Distrito Guandacol. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA (1964).
- (36) - MABILE, J. y GANGLOFF, A., Why Exploration for Uranium must go on.- Tercera Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos. 28/P/72. (1964).
- (37) - MAZZIERI, G.; PEREZ, E. y PRIETO, A.O., Informe sobre los resultados de la exploración geológico-minera en el braqui-anticlinal del Tigre y sus manifestaciones nucleares más importantes. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA. Mendoza(1971).
- (38) - MEMBRILLERA, V.; JOSA, J. y DELGADO, E., Uranium in Spain: Present Situation and Future Prospects.- Tercera Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos. 28/P/494. (1964).
- (39) - NIMINGER, R.D. y GARDNER, C.I., Summary of Domestic and World Uranium reserves and resources. USAEC, TID-8207, Post. A. (1960).
- (40) - NOYA, J.M., Propuesta de sondeos para perforación de Co. Urcuschum. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA (1965).
- (41) - NOYA, J.M., Informe preliminar sobre la manifestación nuclear "La Despedida", Depto.Guachipas, Prov.de Salta. Inf. Inéd.Ger.Mat.Prim., CNEA (1965).
- (42) - OLSEN, H., Trabajos de evaluación realizados en el yacimiento "Los Adobes", Depto.Paso de Indios (Prov.de Chubut). Inf. Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA (1964).
- (43) - OLSEN, H., Prospección del área "Los Adobes", Depto.Paso de Indios, Prov.de Chubut. Inf.Inéd.Ger.Mat.Prim. CNEA (1964).
- (44) - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, World Uranium and Thorium Resources.- European Nuclear Energy Agency, París (1965).

- (45) - OIEA y AEEN, Uranio, recursos, producción y demanda. Septiembre 1970. Inf.conj.OIEA-AEEN, Viena, 1970.
- (46) - PANEL OF IAEA, Uranium exploration geology, Proceedings, IAEA, Vienna, 1970.
- (47) - PARERA, C.A. e IBAÑEZ, M., Yacimiento uranífero "Don Otto" y demás afloramientos del área Tonco-Amblayo. Segundas Jorn.Geol.Arg., Salta (1963).
- (48) - RINALDI, C.A., Estudio de las pegmatitas uraníferas de la Sierra de Conechingones. Tesis Inéd.Univ.Buenos Aires (1963).
- (49) - RODRIGO, F., Descubrimiento de importantes yacimientos de uranio de la Sierra Pintada, San Rafael, provincia de Mendoza. Mundo Geológico, N° 4, Buenos Aires. 1971.
- (50) - RODRIGO, F. y LUCERO, H.N., Informe sobre las condiciones de beneficio del mineral del distrito Sañogasta (La Rioja) y posterior recuperación del uranio por el método de "heap leaching". Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA (1963)
- (51) - RODRIGUEZ, E.J. y VALDIVIESO, A., Exploración geológica semiregional Sierra Pintada. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas, CNEA, Mendoza, 1970.
- (52) - SACCONI, E.; ANZULOVICH, J. y BELCASTRO, H., Anomalías descubiertas por prospección aérea y terrestre, en el período 1957-1963, Chubut y Santa Cruz. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA (1963).
- (53) - STAVEREN, J.C. y WENT, J.J., The development of Nuclear Energy in relation to the Resources of Nuclear Materials. Tercera Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Utilización de la Energía Atómica con fines Pacíficos. 28/P/636. (1964).
- (54) - STIPANICIC, P.N., Las materias primas nucleares en la Argentina. Ger.Mat.Primas, CNEA (1962).
- (55) - STIPANICIC, P.N.; BAULIES, O.L.; RODRIGO, F. y MARTINEZ, C.G., Los depósitos uraníferos en rocas sedimentarias de la República Argentina. Prim.Jorn.Geol.Arg., San Juan, III, 1960. Buenos Aires (1962).
- (56) - STIPANICIC, P.N.; BAULIES, O.L.; RODRIGO, F. y MARTINEZ, C.G., Depósitos uraníferos argentinos con control sedimentario. IV Simp.Interam.Aplic.Pacíf.Energ.Nuclear. I.México(1963).

- (57) - STIPANICIC, P.N. y RODRIGO, F., Nuevas posibilidades de aprovechamiento económico de algunos yacimientos metalíferos. Segundas Jorn.Geol.Arg., Salta (1963).
- (58) - STIPANICIC, P.N. y RODRIGO, F., Evolución y selección de los métodos de prospección y evaluación para yacimientos de uranio. Segundas Jorn.Geol.Arg., Salta (1963).
- (59) - STIPANICIC, P.N.; RODRIGO, F.; BELLUCO, A.; y DAVIDS, N., Estado actual y evolución de los recursos uraníferos argentinos. Inf.Inéd. CNEA (nov. 1965).
- (60) - STIPANICIC, P.N., Facilidades para purificación de compuestos uraníferos. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA (1965).
- (61) - STIPANICIC, P.N.; RODRIGO, F.; FRIZ, C.J.T. y LINARES, E., Provincias uraníferas argentinas. XXXIII Cong.Geol.Intern. (en prensa), Praga (1968).
- (62) - SUGIER, P., Estudio de la posibilidad de tratamiento económico del mineral de Cosquín. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA (1963).
- (63) - VILLAR FABRE, J.F.; SANTOMERO, A.M.O. y LUCERO, H.N., Los minerales de torio en la Argentina. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA (1959).
- (64) - WANBEKE, L.V., Etude des reserves australiennes d'Uranium- EUR/C/15/988/62 t. (1962).





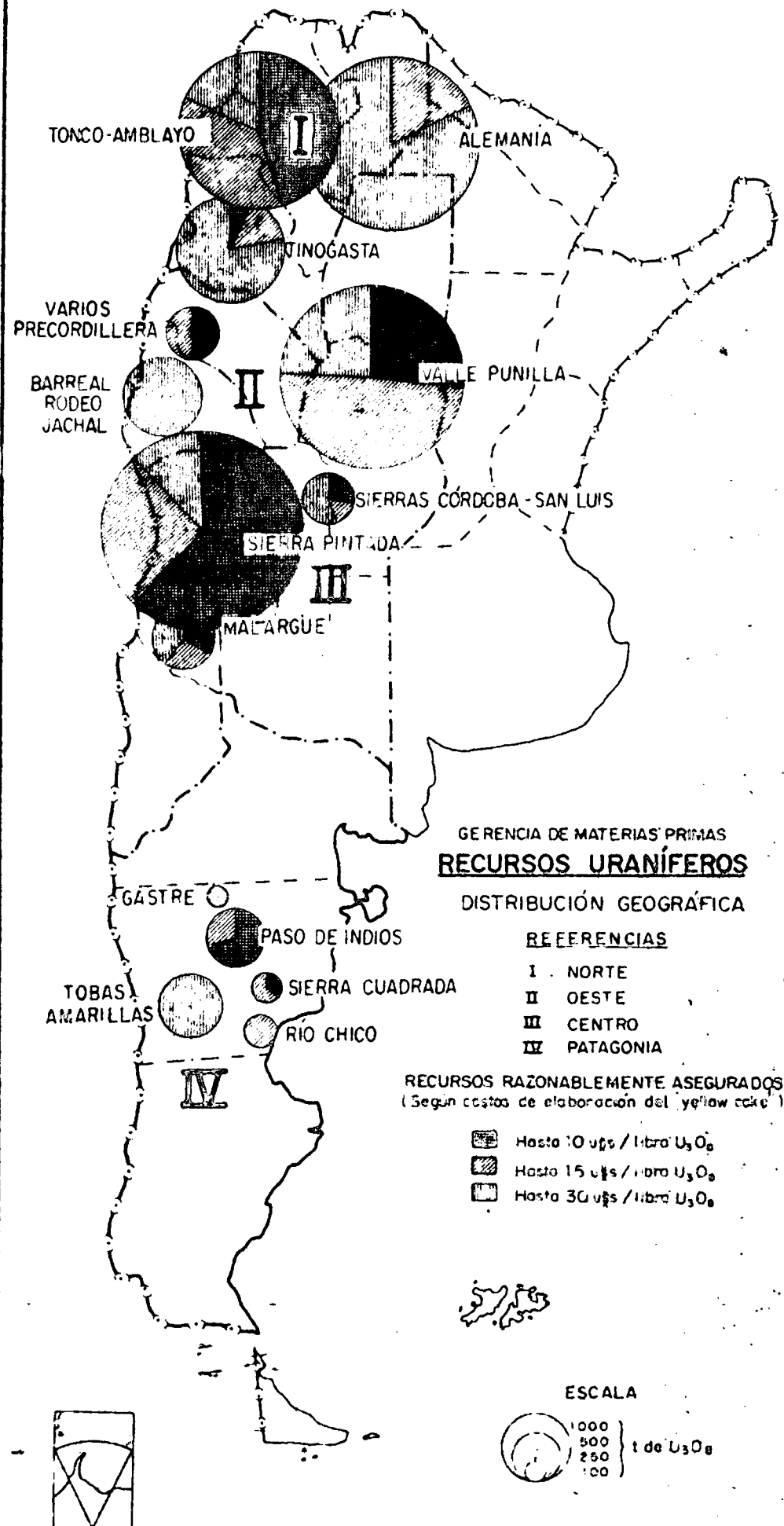


RECURSOS URANÍFEROS ARGENTINOS

SEGÚN COSTOS DE ELABORACIÓN DEL CONCENTRADO ("YELLOW CAKE")
Y CATEGORÍAS DE LOS RECURSOS

(EN TONELADAS DE U_3O_8)

AL-31-VII-71



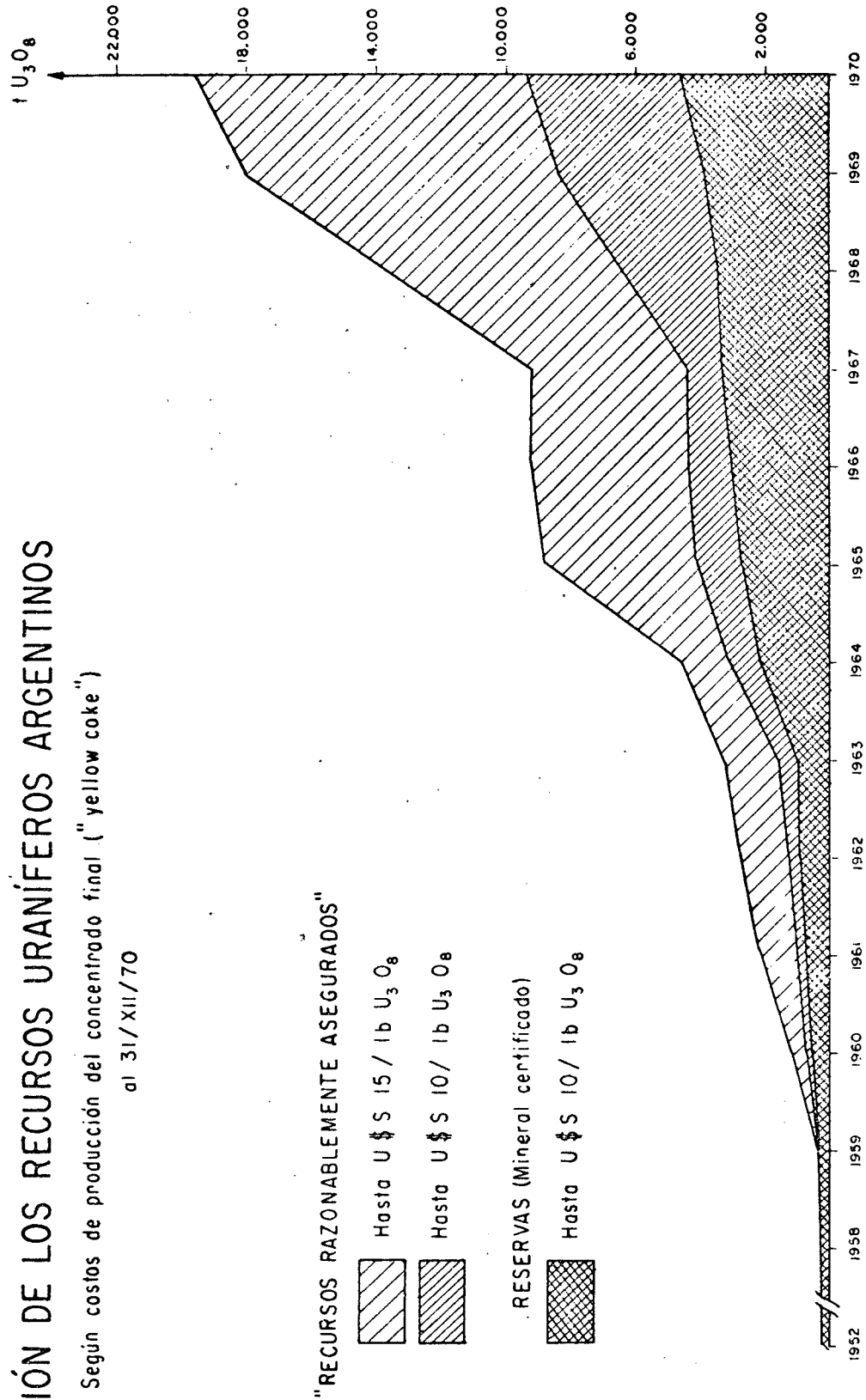
ESCALAS PRECIOS: lb U_3O_8		ENTRE U\$S 5 y 10		ENTRE U\$S 10 y 15		ENTRE U\$S 15 y 30		SUB TOTALES	
ZONA	TIPOS DE RECURSOS DISTRITOS	R.A.	A.P.	R.A.	A.P.	R.A.	A.P.	PARCIALES	PROGRESIVOS
NORTE	1 - TONCO AMBLAYO - CACHI	2500	2.000	2.000	3.000	1.000	1.000		
	2 - ALEMANIA	—	—	1.200	2.000	5.500	5.000		
	3 - LA BREA	—	—	—	—	—	500		
	4 - TINGGASTA	150	400	300	1.000	2.000	1.500		
	5 - ÁREAS NUEVAS	—	~2000	—	~4.000	—	~7.500		
OESTE	6 - SIERRA PINTADA	5.500	5.000	23.000	4.000	10.000	2.000		
	7 - BARREAL RODEO - JACHAL	—	—	—	—	1.500	5.000		
	8 - MALARGÜE	250	100	200	200	300	500		
	9 - VARIOS PRECORDILLERA	300	300	100	300	—	400		
	10 - ÁREAS NUEVAS	—	~2000	—	~2.800	—	~10.000		
CENTRO	11 - PUNILLA	2.200	2.000	4.000	5.000	2.000	5.000		
	12 - SIERRAS CÓRDOBA-SAN LUIS	150	600	100	1.000	300	2.000		
	13 - ÁREAS NUEVAS	—	~500	—	~2.000	—	~3.000		
PATAGONIA	14 - GASTRE	—	—	—	—	100	1.000		
	15 - PASO DE INDIOS	500	1.000	200	1.000	—	2.000		
	16 - SIERRA CUADRADA	50	300	100	300	—	1.000		
	17 - RÍO CHICO	—	200	200	200	—	600		
	18 - TOBAS AMARILLAS	—	—	—	—	800	2.000		
	19 - ÁREAS NUEVAS	—	~2.000	—	~4.500	—	~13.500		
R.A. RECURSOS RAZONABLEMENTE ASEGURADOS		11.600		10.700		14.500		36.800	36.800
A.P. RECURSOS ADICIONALES POSIBLES			18.400		~31.300		~63.500	113.200	150.000
SUB TOTALES POR ESCALAS DE COSTOS		~30.000		~42.000		~78.000		150.000	

C.N.E.A.
GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS

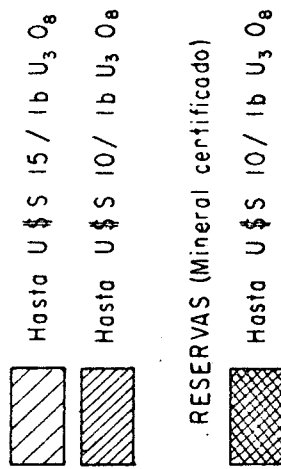
EVOLUCIÓN DE LOS RECURSOS URANÍFEROS ARGENTINOS

Según costos de producción del concentrado final ("yellow cake")

al 31/XII/70

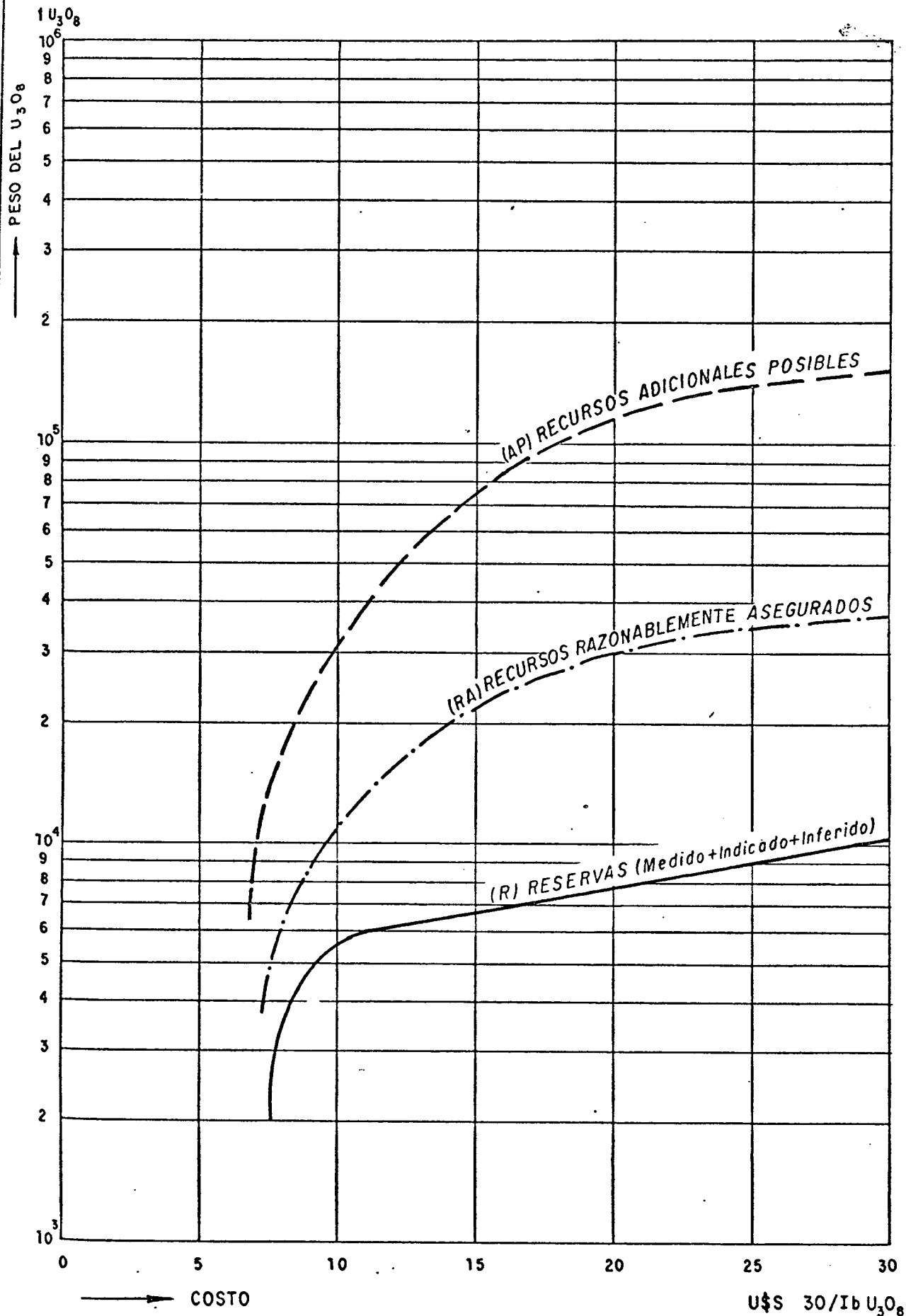


"RECURSOS RAZONABLEMENTE ASEGURADOS"

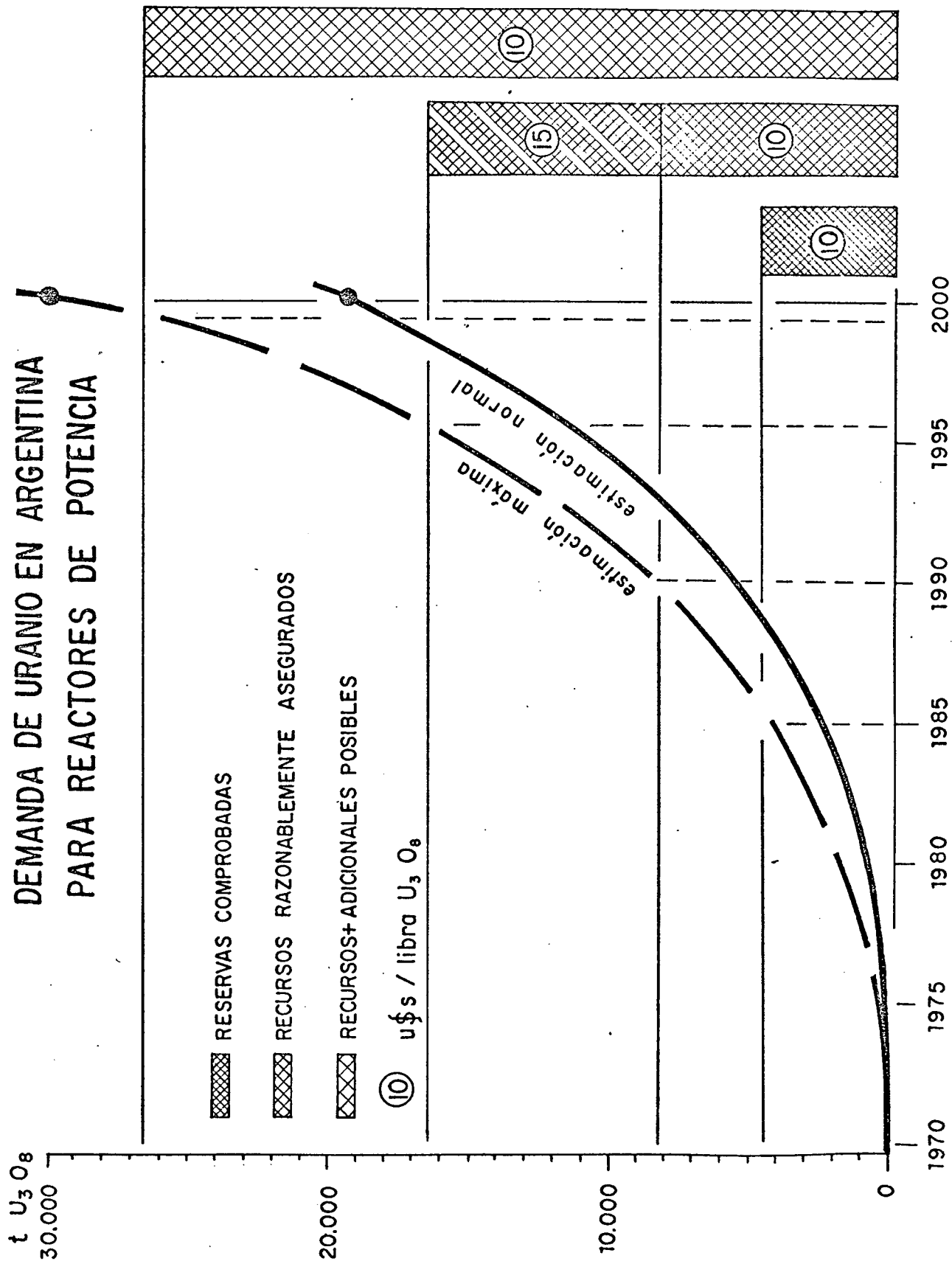


RECURSOS Y POTENCIAL URANIFEROS DE LA ARGENTINA

AL 31/VII/71



DEMANDA DE URANIO EN ARGENTINA PARA REACTORES DE POTENCIA



ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA MUNDIAL* DE URANIO (SEGÚN ENEA Y OIEA 1970)

