

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA DEL URANIO EN ARGENTINA

ABRIL DE 1973

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA DEL URANIO EN ARGENTINA

ABRIL DE 1973

Punto 2. ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA DEL URAHIO EN LA ARGENTINA

2.1. Texto completo corregido

Punto 3. DEMANDA

3.1. }
3.2. } Texto nuevo a considerar

Punto 4. PLAN GENERAL PARA SATISFACER LA DEMANDA

4.1. ACCIONES PROGRAMADAS

4.1.1. }
4.1.2. } Texto nuevo a considerar

TEMARIO

1. INTRODUCCION

2. ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA DEL URANIO EN LA ARGENTINA

2.1. MATERIAS PRIMAS NUCLEARES

A. YACIMIENTOS MINERALES

- 2.1.1. ANTECEDENTES
- 2.1.2. SELECCION DE AREAS
- 2.1.3. TECNICAS DE PROSPECCION
- 2.1.4. EXPLORACION
- 2.1.5. DISTRITOS Y YACIMIENTOS URANIFEROS ARGENTINOS
- 2.1.6. RECURSOS Y POTENCIAL URANIFERO ARGENTINOS

B. PRODUCCION DE CONCENTRADOS Y DE REFINADOS DE URANIO

- 2.1.7. CARACTERISTICAS
- 2.1.8. METODOS DE OBTENCION DE CONCENTRADOS
- 2.1.9. INSTALACIONES INDUSTRIALES DE CONCENTRACION
- 2.1.10. PRODUCCION DE CONCENTRADOS
- 2.1.11. METODOS DE PURIFICACION NUCLEAR
- 2.1.12. INSTALACIONES INDUSTRIALES DE PURIFICACION

2.2. ELEMENTOS COMBUSTIBLES NUCLEARES

2.3. REPROCESAMIENTO

2.4. *Aspecto sobre mercado internacional.*

3. DEMANDA

3.1. PROGRAMA TENTATIVO DE CENTRALES NUCLEARES

3.2. DE URANIO

3.3. DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES NUCLEARES

3.4. *Aspecto sobre mercado internacional.*

4. PLAN GENERAL PARA SATISFACER LA DEMANDA

4.1. ACCIONES PROGRAMADAS

- 4.1.1. PROSPECCION Y EXPLORACION
- 4.1.2. EXPLOTACION MINERA Y PRODUCCION DE CONCENTRADOS
- 4.1.3. PURIFICACION DE CONCENTRADOS
- 4.1.4. FABRICACION DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES
- 4.1.5. REPROCESAMIENTO
- 4.1.6. AGUA PESADA Y ZIRCALOY

4.2. IMPLEMENTACION Y FUNCION INDUSTRIAL.

4.3. REQUERIMIENTOS

5. CONCLUSIONES

2. ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA DEL URANIO EN LA ARGENTINA

2.1. MATERIAS PRIMAS NUCLEARES

A. YACIMIENTOS MINERALES

2.1.1. ANTECEDENTES

Los primeros estudios sobre yacimientos uraníferos se iniciaron en el país a partir de 1938, con la revisión de algunas pegmatitas radiactivas de Córdoba y San Luis, cumplidas por varias entidades estatales.

A partir de 1950, la Universidad Nacional de Cuyo, en colaboración con la entonces Dirección Nacional de Energía Atómica, continuó luego con la exploración más intensiva de yacimientos de discreto interés, hasta que en 1956, el total de la actividad se concentró en la Comisión Nacional de Energía Atómica, la cual durante 1957 y 1958 integró el plantel de profesionales y técnicos e inició la adquisición de los equipos y el instrumental básico destinados a tales trabajos. Desde 1958 se comenzó con la etapa de perfeccionamiento avanzado de los geólogos e ingenieros de minas en el exterior, la que se intensificó a partir de 1961, incorporándose también un buen número de electrónicos, químicos, ingenieros químicos e hidrometalurgistas, a los efectos de constituir un grupo homogéneo y completo de técnicos vinculados a la industria del uranio.

El año 1961 señala el comienzo de los trabajos orgánicos y amplios de prospección, exploración, evaluación y desarrollo de técnicas de beneficio de minerales, realizados con un criterio económico, teniendo fundamentalmente en cuenta el costo final del concentrado a producirse de cada yacimiento.

La consolidación de este ciclo se concreta en 1970, cuando la CNEA asume la responsabilidad del abastecimiento de uranio para el programa de centrales nucleares, el que se inicia con la entrega de la primera partida de 50 t de U_3O_8 (42,5 t U)(*), destinado a la elaboración del combustible para la carga inicial del Reactor de Atucha. A la fecha, ya se entregó la segunda partida de 50 t U_3O_8 y se dispone de concentrados para cumplir con el tercer libramiento. Con anterioridad, entre 1960 y 1967, se exportaron más de 100 t U_3O_8 , a la vez que entre 1955 y la fecha se cumplieron los requerimientos internos de varios sectores de la CNEA (Tecnología, Metalurgia, Investigaciones, etc.

(*) Nota: En la industria del uranio es costumbre mundial utilizar como unidades las toneladas en U_3O_8 dentro del campo minero y de concentración. En cambio, cuando se trata de productos refinados y de elementos combustibles, se usan las toneladas de U. Los factores de conversión son:

$$1 \text{ t U} = 1 \text{ t } U_3O_8 \times 1,18$$

$$1 \text{ t } U_3O_8 = 1 \text{ t U} \times 0,85$$

Estas actividades, cumplidas en el campo de las materias primas nucleares, han hecho colocar a la Argentina como el país más avanzado de todos los latinoamericanos en dichas disciplinas y uno de los pocos del mundo que cubren en forma orgánica el cuadro completo, desde la prospección de minerales nucleares hasta la producción de UO_2 .

2.1.1. SELECCION DE AREAS

La primera etapa para planificar la prospección general en todo el país consistió en la selección previa de las áreas con posibilidades uraníferas.

Dicha selección se realizó sobre la base de todos los antecedentes geológicos disponibles, los que orientaron acerca de la composición de las formaciones más favorables, tanto como posibles fuentes proveedoras del uranio como receptoras del mismo; las estructuras, contactos o superficies de erosión capaces de controlar la circulación de soluciones; las características superficiales y/o topográficas (relieve, suelo, vegetación, etc) las que en su conjunto influyen también en el método de prospección a utilizar.

Al conocimiento geológico se asoció el análisis y evaluación de todos los antecedentes uraníferos disponibles para la región, así como los distintos conceptos que rigen sobre la génesis de yacimientos de uranio.

Se valorizaron, igualmente, aspectos puramente prácticos como las condiciones o facilidades operativas; ubicaciones geográficas; distancias a las bases regionales (~~las que determinan parcialmente el equipo auxiliar a utilizar~~); factores climáticos (~~los que pueden incidir en la elección del período más favorable para la campaña y en el método de prospección que conviene aplicar~~), etc.

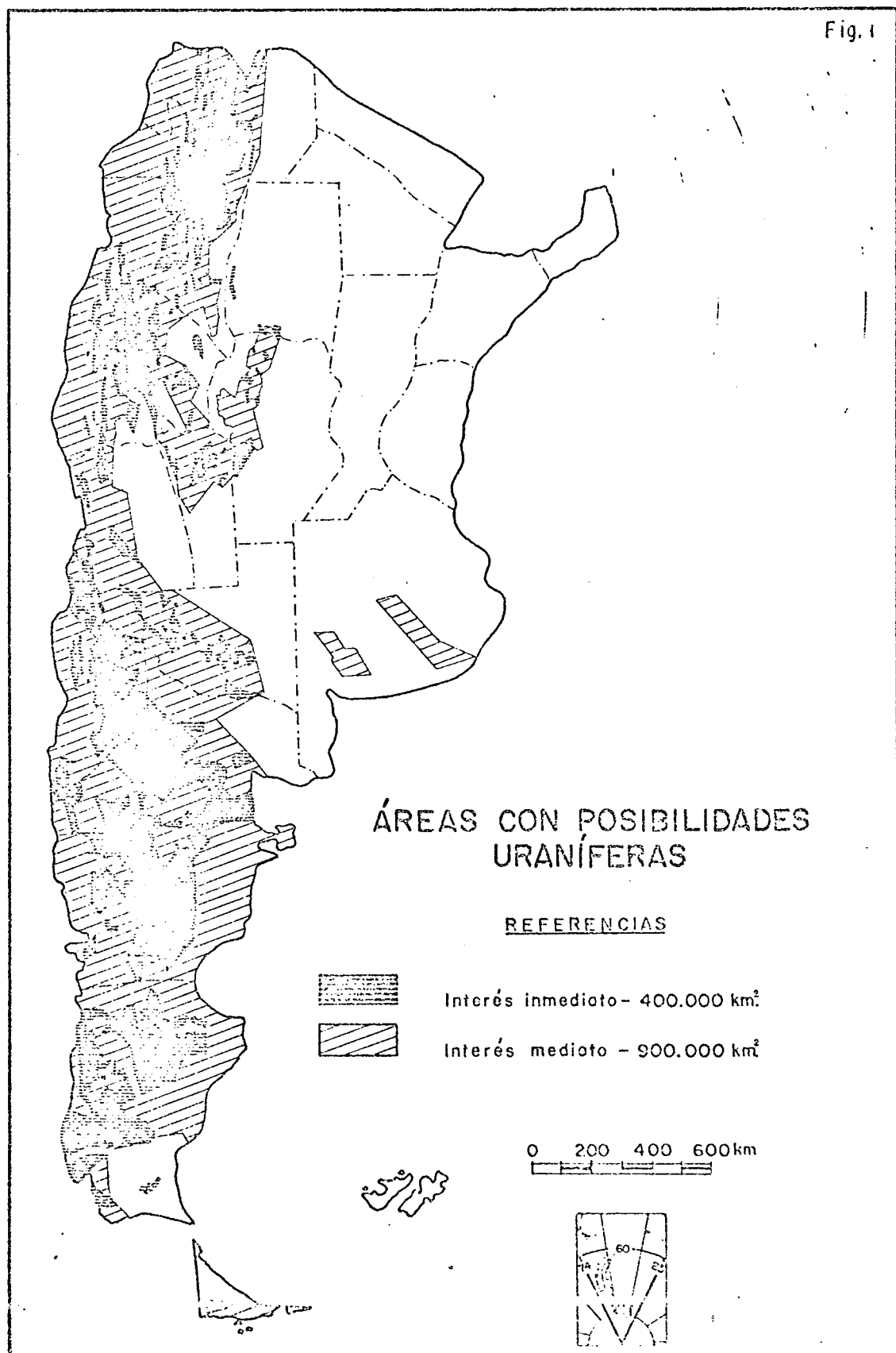
En la Argentina, siguiendo tales lineamientos, pudo establecerse que 1.300.000 km² de su territorio continental presentan posibilidades uraníferas, entre los que con una selección más estricta, se delimitaron áreas con "interés inmediato" (las que totalizan 400.000 km²) y que a su vez se clasifican en sectores con "Prioridad I, II y III" (Fig. 1).

2.1.3. TECNICAS DE PROSPECCION

La CNEA aplicó todos los métodos e instrumental de prospección que se fueron desarrollando en los principales países poseedores de recursos uraníferos.

La mayor parte de los métodos de prospección se fundan en la propiedad de los minerales uraníferos de emitir radiaciones, capaces de ser detectadas por instrumentos provistos de

Fig. 1



elementos sensibles: tubos Geiger-Muller, centelleómetros con cristales de INa (activados con Tl), fluoruro de cinc, "cristales plásticos", etc.

Las técnicas de prospección radimétrica tradicionalmente se denominan de acuerdo con el medio portante del detector.

2.1.3.1. Prospección terrestre

El trabajo lo realiza un equipo de prospectores, los que se desplazan a pie portando detectores, supervisados por un geólogo o técnico.

El bajo rendimiento del método (200-300 km² y 40-50 km²/mes, en prospección expeditiva y detallada, respectivamente), en relación con las superficies de interés a cubrir en Argentina, han hecho que en los últimos años el mismo ha sido casi completamente reemplazado por las prospecciones aérea y/o geoquímica.

2.1.3.2. Prospección autotransportada

Se utiliza instrumental de gran sensibilidad, acoplado a un registrador gráfico continuo y/o alarma sonora, sincronizados con la marcha del automotor, de doble tracción, el que se desplaza a velocidades de 15 a 20 km/hora.

En la Argentina se lo utilizó en muy pequeña escala, ya que aún en la Patagonia, que sería el área más favorable, la escasa red vial atenta contra su aplicación, resultando más efectiva la prospección aérea.

2.1.3.3. Prospección aérea

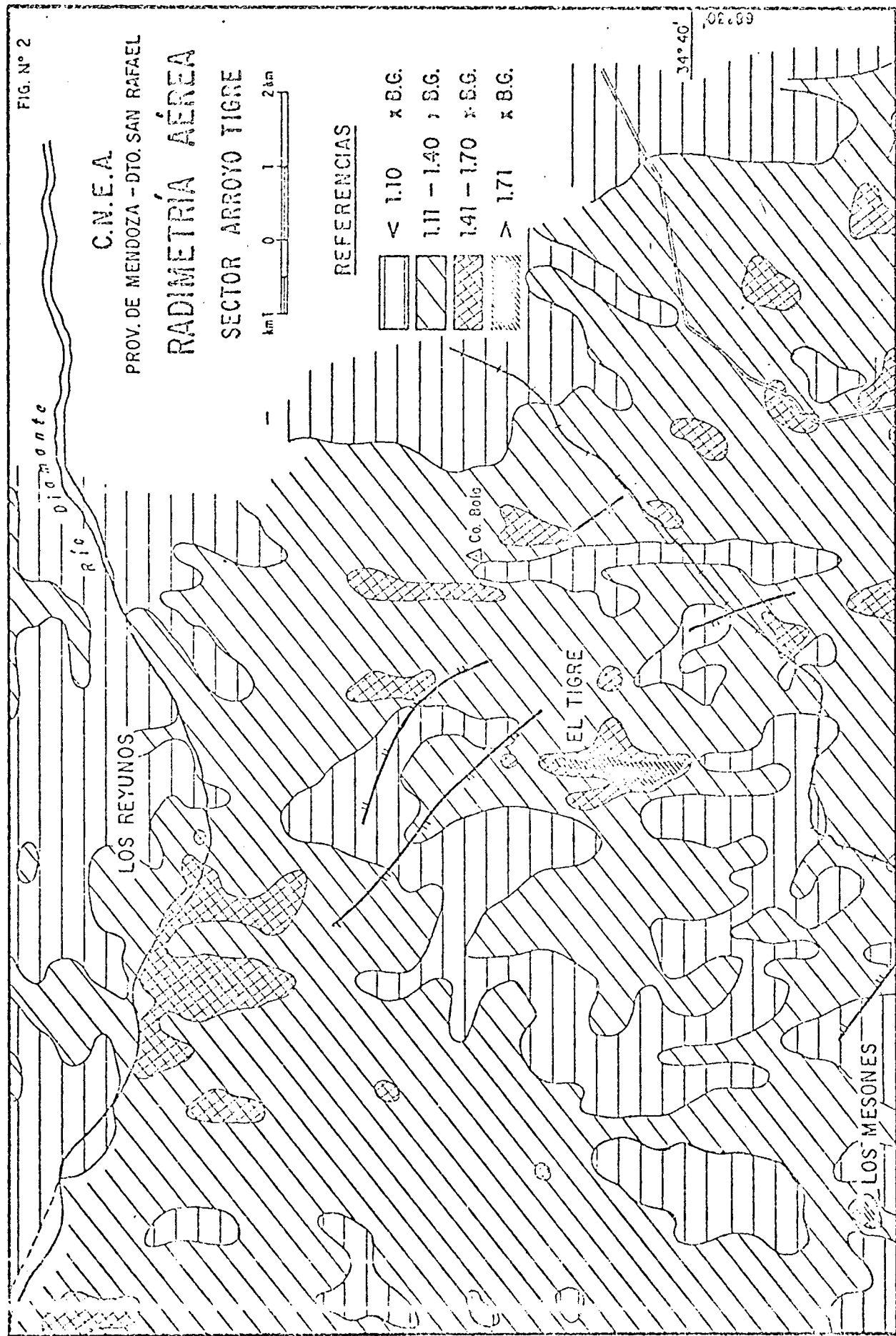
Es el método más utilizado en el país y en esencia, consiste en el sobrevuelo del área a baja altura (50-90 m), a relativa poca velocidad (150-160 km/hora), en aviones livianos, los que aseguran gran agilidad de maniobra, fuertes índices de trepada y gran versatilidad de operación en pistas irregulares, existentes o fáciles de construir, dentro o próximas a las zonas de trabajo.

Sobre ellos se instalan centelleómetros de alta sensibilidad, ambos con registradores gráficos, sincronizados con una cámara de fotografiado continuo de posición ("strip camera").

Los vuelos se realizan en forma sistemática, según mallas de cobertura determinadas, de las cuales se usan en el país:

- i) Prospección expeditiva, sobre áreas de gran superficie, con vuelos distanciados del orden de 1 km y cobertura efectiva del 15 al 20%. Se aplica en zonas vírgenes, tendiente a ob

FIG. N° 2



tener un reconocimiento general y a la individualización de las formaciones de mayor interés uranífero, en cuyo caso se pasa a la

- ii) Prospección regular, con distanciamiento de vuelos de 400 a 500 m, que asegura una cobertura efectiva de hasta el 50%. Se aplica sobre zonas con antecedentes positivos, con formaciones de interés uranífero, o bien como resultante y en substitución de la malla anterior, ante la aparición de condiciones geológicas favorables o anomalías que permitan inferir la presencia de minerales nucleares.
- iii) Prospección detallada, con malla de 200 a 250 m, la que asegura una cobertura efectiva de hasta el 80%. Se aplica sobre áreas con reconocido interés uranífero, documentado por una buena densidad de anomalías. Los registros obtenidos permiten la elaboración de las curvas isoanómalas (o de isoradiactividad), las que reflejan la morfología e importancia relativa de las anomalías (Fig. 2; B.G. = "back ground" = fondo radiactivo normal del área).
- iv) Verificación terrestre. La verificación sobre el terreno de las principales anomalías, se desarrolla casi simultáneamente con la prospección aérea, a fin de proveer información asimilable durante la ejecución de la campaña y facilitar la correcta ubicación en el terreno de las anomalías con interés.

La Gerencia de Materias Primas de la CNEA asignó prioridad a este método para el desarrollo de sus programas de prospección general, habiendo cubierto ya una superficie superior a 150.000 km² (Fig. 3), con distintas mallas de vuelo (expeditiva, normal, detallada), lo que permitió la localización de más de 1.000 anomalías, de las cuales alrededor de 400 fueron recomendadas para verificación y reconocimiento posterior.

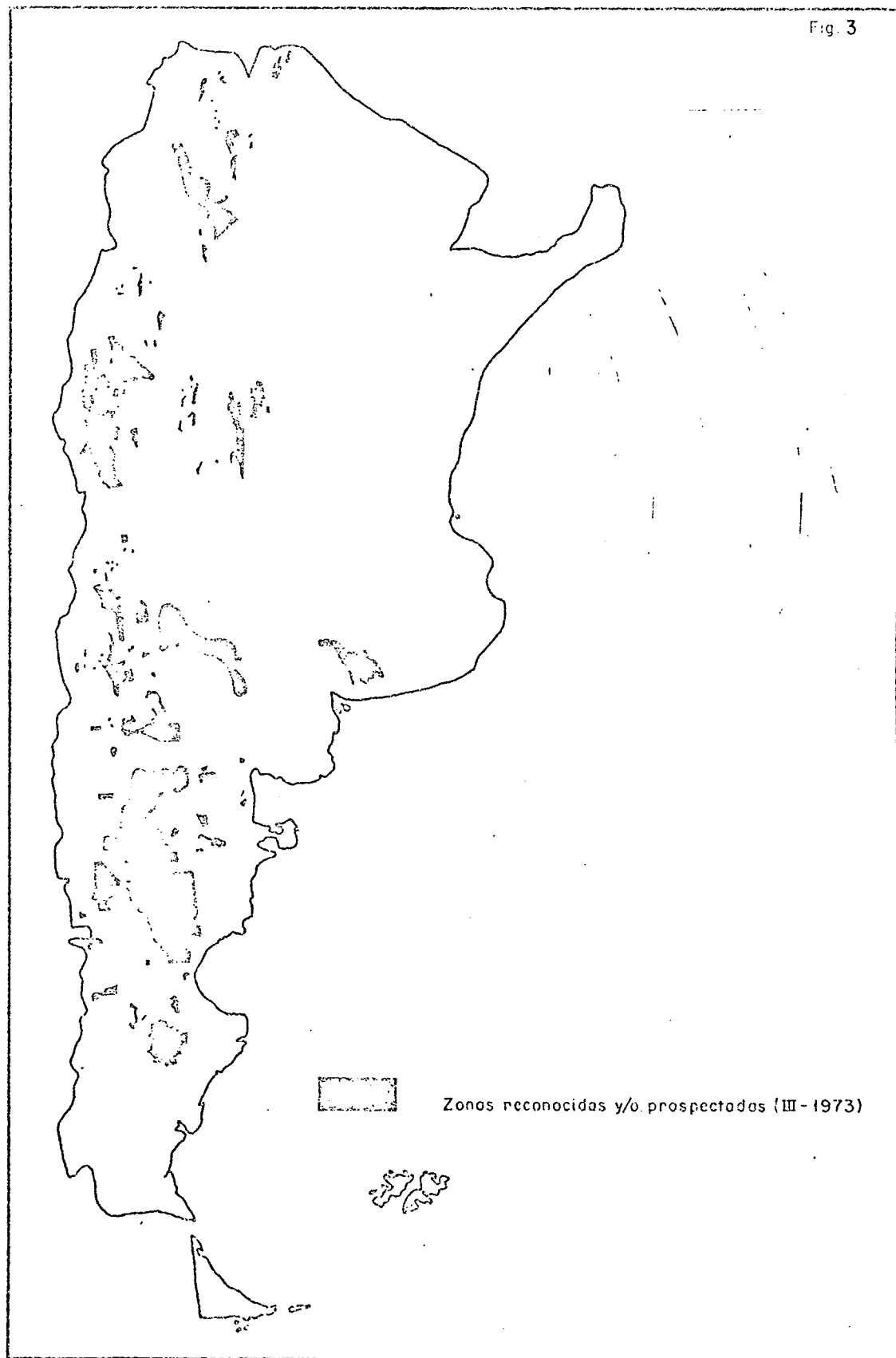
Este método resultó altamente rendidor, y a él se debe el descubrimiento de los yacimientos uraníferos del Distrito Tonco-Amblayo (Salta), Guandacol (La Rioja), Sierra Pintada (Mendoza) y Los Adebos (Chubut).

2.1.3.4. Prospección geoquímica

La prospección geoquímica del uranio se apoya en la gran movilidad de este elemento y en la posibilidad de localizar concentraciones del mismo, a través de las variaciones en su contenido o "halos de dispersión", a partir de las fuentes de emisión.

Este método se vió favorecido por el desarrollo de nuevas técnicas analíticas, las que permiten una mayor precisión y sensibilidad; una simplificación de las manipulaciones y una reducción considerable en el volumen de la muestra necesaria, los que posibilitan mayor rapidez y economía.

Fig. 3



La CNEA aplica este método regularmente, sea en regiones con cubiertas aluvionales o de suelos muy potentes, donde queda excluida la radimetría o en aquellas con alturas superiores a 3.000 m.s.n.m., o con relieves muy accidentados, donde no tiene cabida la prospección aérea o la misma se hace muy riesgosa o costosa.

La aplicación de la prospección geoquímica permitió la localización de interesantes acumulaciones uraníferas en las Sierras de Comechingones (San Luis).

En prospección geoquímica, la CNEA actúa en estrecha vinculación con Fabricaciones Militares (Planes Cordilleranos) y con el Servicio Nacional Minero Geológico (Plan Cordillerano, Plan Valcheta, etc), intercambiándose muestras e informaciones.

2.1.3.5. Geofísica

Los métodos geofísicos aplicables a la investigación geológica-minera del uranio pueden ser directos o indirectos. Entre los primeros se cuenta la radimetría (ya descripta) y la ionometría. Los segundos se apoyan en la posibilidad de determinar condiciones físicas particulares de las rocas portantes o de los cuerpos mineralizados no aflorantes, capaces de ser puestas en evidencia por métodos eléctricos: resistividad, potenciales naturales, conductividad eléctrica, polarización espontánea, perfilajes eléctricos, etc, debido a la tendencia de los minerales de uranio de enclavarse en zonas de debilidad o discontinuidad del subsuelo y en líneas de deformación tectónica.

En el caso de yacimientos con control sedimentario, se utiliza el perfilaje o sondeo eléctrico, sea para la determinación del "water table" (por su implicancia en las condiciones de la mineralización), sea para la investigación de factores estructurales o discontinuidades en la sucesión estratigráfica ("bed rocks", superficies de erosión, fallas, etc).

Los métodos geofísicos se aplican con intensidad en la CNEA.

2.1.3.6. Ionometría (Emanometría)

La desintegración natural del uranio y del torio produce radioelementos gaseosos (radón y torón, respectivamente), parte de los cuales son susceptibles de difundirse a través de las rocas o el suelo y migrar hasta la superficie, constituyéndose así en trazadores radiactivos, indicadores directos de la presencia de aquellos elementos.

Las condiciones óptimas para la utilización del método se relacionan con la presencia de cuerpos subprofundos, no detectables por radimetría. La precisión de la respuesta es función de la permeabilidad del subsuelo y de la profundidad a que se encuentra la fuente emisora.

En la Argentina dió resultados ampliamente positivos, permitiendo la solución de problemas estructurales o la localización y/o ampliación de varios yacimientos ("Rodolfo", "Los Adobes", "Dr. Bauliés" y "Distrito Comechingones").

2.1.4. EXPLORACIÓN

Certificada la presencia de mineral de uranio corresponde definir la importancia de su acumulación, a través de la determinación del orden de magnitud de sus principales parámetros. Entre ellos cuentan los factores geológicos que controlan la presencia de la mineralización, dimensiones del cuerpo (desarrollo, longitud, espesores y tenores medios), morfología, etc, a fin de orientar las sucesivas etapas de exploración física.

La cantidad de etapas en que puede dividirse la exploración de un yacimiento, responde a múltiples causales (técnicas, de urgencia en disponer de reservas de mayor volumen pero con menos seguridad de conocimiento, etc).

En la Argentina, aceptando una incidencia equilibrada de los factores mencionados, generalmente se la divide en 3 etapas:

1a. Reconocimiento preliminar

Orientado a certificar la presencia de mineral de uranio, mediante la ejecución de trincheras, calicatas, pozos, sondeos poco profundos, etc.

Se alcanza una estimación cualitativa de la zona superficial del yacimiento.

2a. Reconocimiento subprofundo

Tendiente a poner de manifiesto el yacimiento de uranio, mediante la ejecución de programas de sondeos o laboreos mineros, en áreas parciales favorecidas por la accesibilidad, a profundidades de hasta 50 a 100 m.

Los resultados obtenidos condicionan la prosecución de los trabajos siguientes de

3a. Exploración, desarrollo y evaluación regular del yacimiento, orientada al conocimiento de las reservas del mineral y valor económico del depósito, mediante:

- a) Determinación exacta de la posición y geometría del cuerpo mineralizado.
- b) Determinación de las leyes medias del depósito.
- c) Idem de las características de la mena y ganga o materiales acompañantes.

d) Cálculo de las reservas de mineral.

La exploración física se cumple mediante laboreos mineros o perforaciones, o la combinación de ambos métodos.

La CNEA realizó hasta el presente, mediante la operación con equipos y personal propios o con contrataciones con terceros, más de 25.000 metros de laboreos mineros subterráneos de exploración y 110.000 de sondeos, hasta profundidades de 300 m, de los cuales una tercera parte fueron con recuperación de testigos.

La CNEA es la institución (oficial o privada) que cumplió el más extenso programa de exploración minera por perforaciones en el país (excluyendo la industria del petróleo).

2.1.5. DISTRITOS Y YACIMIENTOS URANIFEROS

Mediante la aplicación de las técnicas descriptas, se localizaron en el país varios distritos y yacimientos uraníferos, los que se distribuyen desde la provincia de Jujuy hasta la de Santa Cruz y entre los que se destacan los de Tonco-Amblayo (Salta); Guandacol y Sañogasta (La Rioja); Cosquín y Los Gigantes (Córdoba); Comechingones (San Luis); Malargüe y Sierra Pintada (Mendoza); Los Chihuidos (Neuquén) y Sierra Cuadrada, Los Adobes y Pichiñán (Chubut) (Fig. 4).

La Gerencia de Materias Primas cumple actualmente trabajos de exploración física, mediante perforaciones y laboreos mineros en los siguientes: Tonco, Comechingones, Sierra Pintada, Pichiñán y Los Adobes.

Las características de los principales distritos desarrollados son las siguientes:

2.1.5.1. Distrito Tonco-Amblayo (Salta)

Se encuentra a 150 km al OSO de la ciudad de Salta y comprende una serie de cuerpos uraníferos, alojados en sedimentos arenosos y arcillosos, distribuidos en una zona de 90 km de extensión N-S y 60 km E-O, la mayoría de los cuales fueron descubiertos mediante prospección aérea en 1959 (Fig. 5).

El mayor de ellos es el de "Don Otto", que presenta una mineralización continua en superficie a lo largo de 2.500 m, con espesores útiles de 1 m y leyes medias de 1 a 1,5% U_3O_8 (Fig. 6).

Se realizaron hasta el presente 10.000 m de labores subterráneas que documentan la mineralización hasta 200 m de profundidad.

Del yacimiento "Don Otto" ya se extrajeron 140.000 t de mineral del sector oxidado por encima del Nivel "0", para ser tratado por el método de lixiviación en pilas por vía ácida (sulfúrica).

Fig. 4

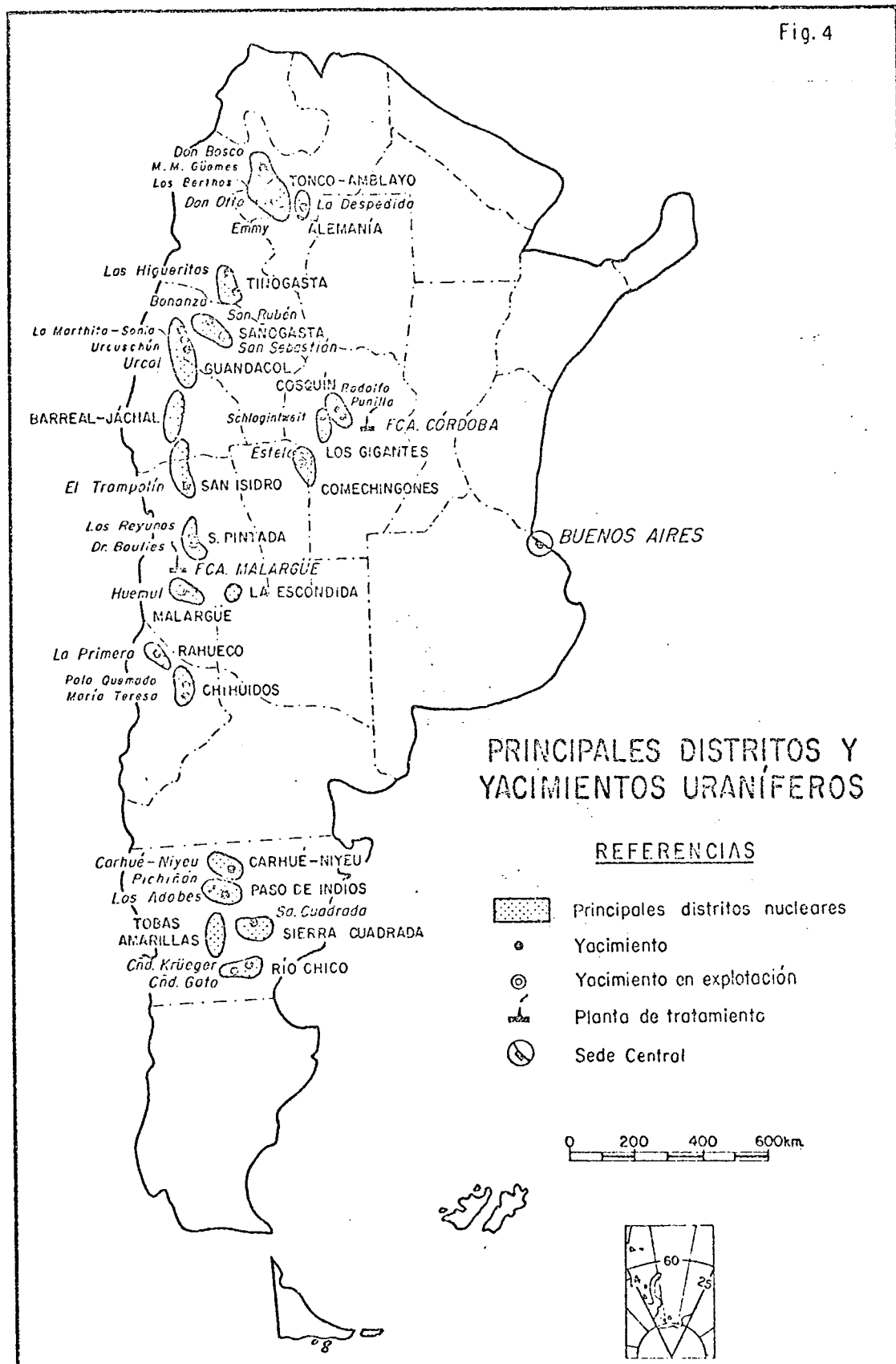
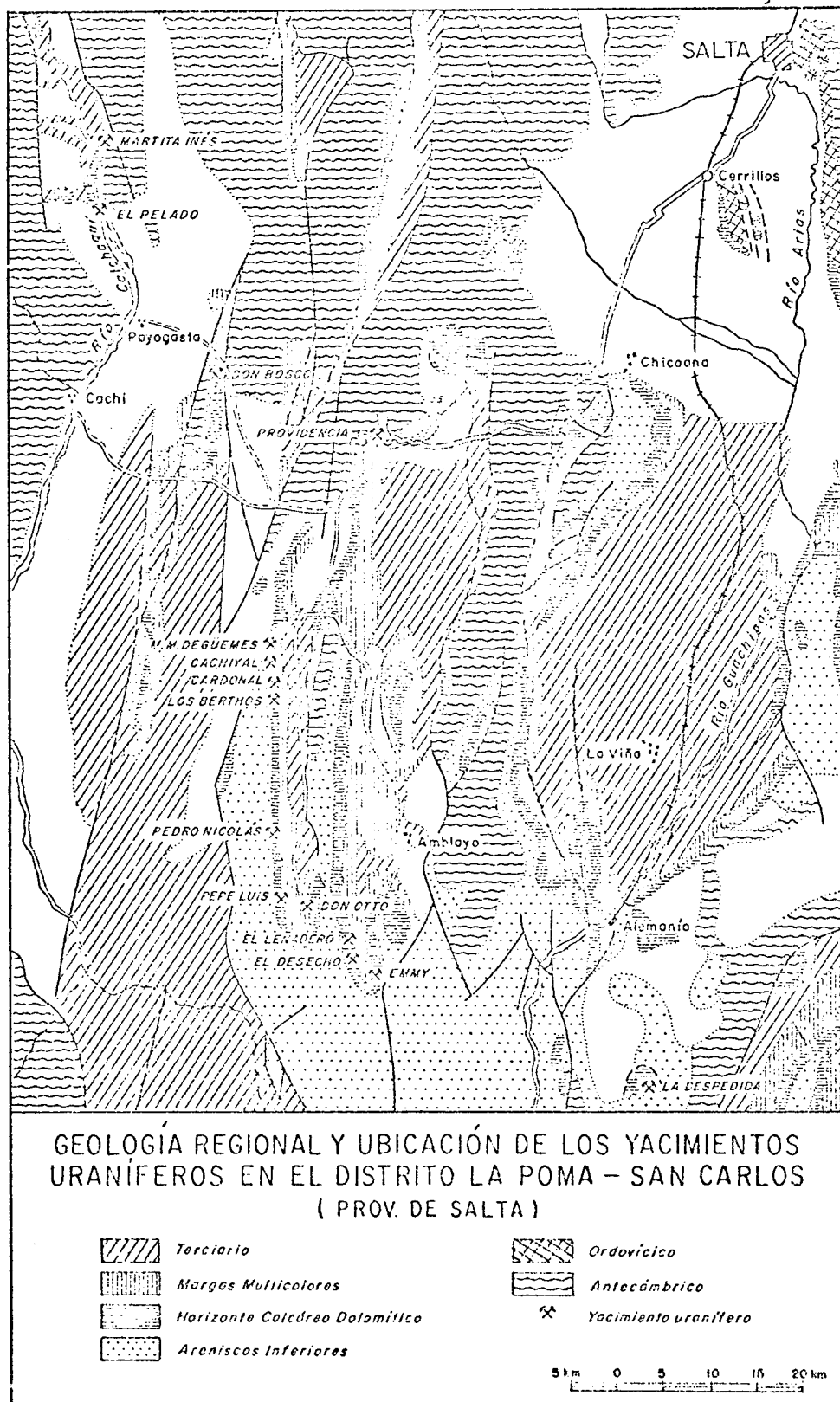


Fig. 5

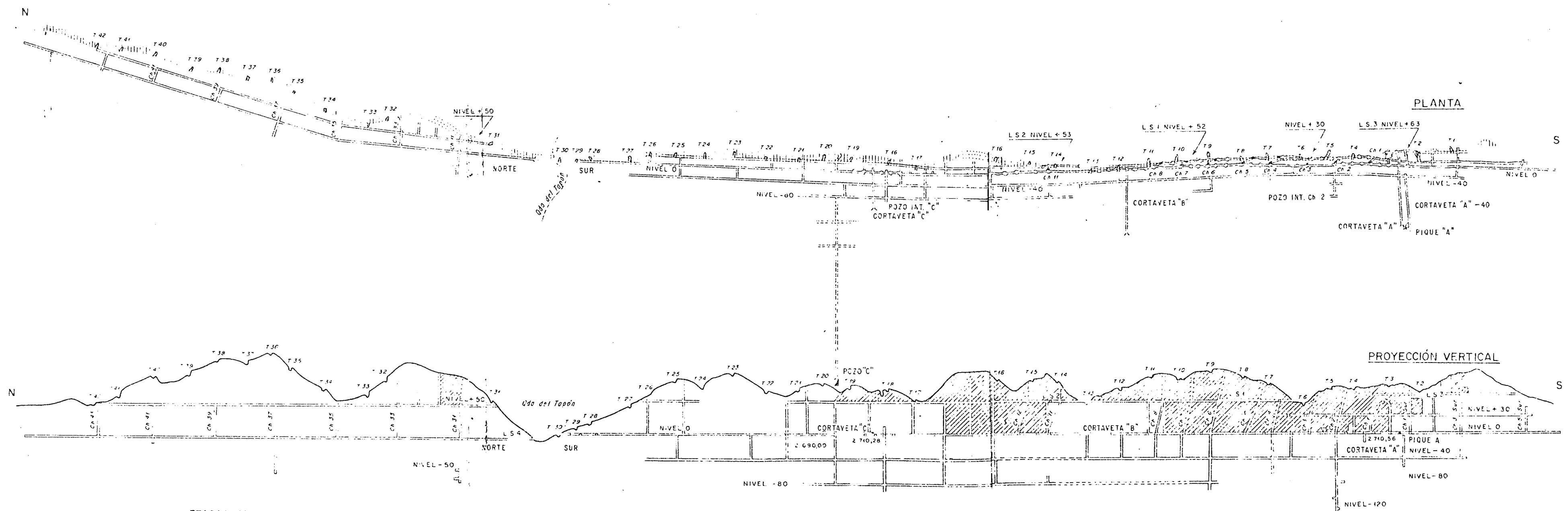


MINA NUCLEAR "DON OTTO"

SAN CARLOS - PROVINCIA DE SALTA

ESTADO DE LOS TRABAJOS DE EXPLORACIÓN, PREPARACIÓN Y EXPLOTACIÓN

MARZO 1973

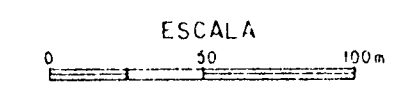


ETAPAS DE DESARROLLO

- 1a — Trincheras superficiales cada 50m
- 2a — Labores subterráneas subprofundas (L.S.I, etc.)
- 3a — Cortavetas (A, B y C) y labores sobre Nivel 0
- 4a — Niveles -40m y -80, desde pozos internos

REFERENCIAS

- T — Trinchera
- Ch — Chimenea
- ||||| — Afloramiento banco mineralizado
- ▨ — Zonas explotadas



Le sigue en importancia el yacimiento "Los Berthos", de 2.000 m de desarrollo superficial, en el que se realizaron cerca de 5.000 m de labores mineras y se cumple actualmente un programa de sondeos. Contiene numerosos cuerpos mineralizados, con leyes superiores a 1.5%, aunque con características distintas a las de "Don Otto" (cemento calcáreo).

En el extremo norte del valle del Tonco, se encuentra el yacimiento "Martín M. de Güemes", con un desarrollo de 300 m, el que se exploró mediante sondeos hasta 50 m de profundidad. Tiene espesores útiles superiores a 1 m y leyes medias de 1.3% de U_3O_8 y 5% V_2O_5 .

Otros yacimientos del Distrito ("Pedro Nicolás") se reconocieron con escasos laboreos o simplemente con trincheras superficiales ("Pepe Luis", "Emmy", "Providencia", etc)'

Las reservas certificadas alcanzan unas 1.000 t de U_3O_8 (850 t U).

2.1.5.2. Distrito Cosquín (Córdoba)

Se encuentra en el valle de Punilla, entre las Sierras Grande y Chica, desde el Lago San Roque hasta las cercanías de La Cumbre, con un desarrollo superior a 30 km.

Los cuerpos uraníferos se localizan en un paquete de sedimentos areno-limosos, de 9 a 12 m de espesor (Figuras 7 y 8).

El depósito fué reconocido en superficie a lo largo de 10 km. Se exploró su extremo sur, en un tramo de 5 km, con unos 10.000 m de sondeos, hasta profundidades máximas de 150 m.

La mineralización, con un espesor del orden de 6 m en superficie y leyes de 0.4 a 0.6% U_3O_8 , se continúa y enriquece en profundidad, constituyendo de 2 a 3 cuerpos superpuestos, con espesores de 1 a 2 m cada uno y leyes próximas a 1% U_3O_8 .

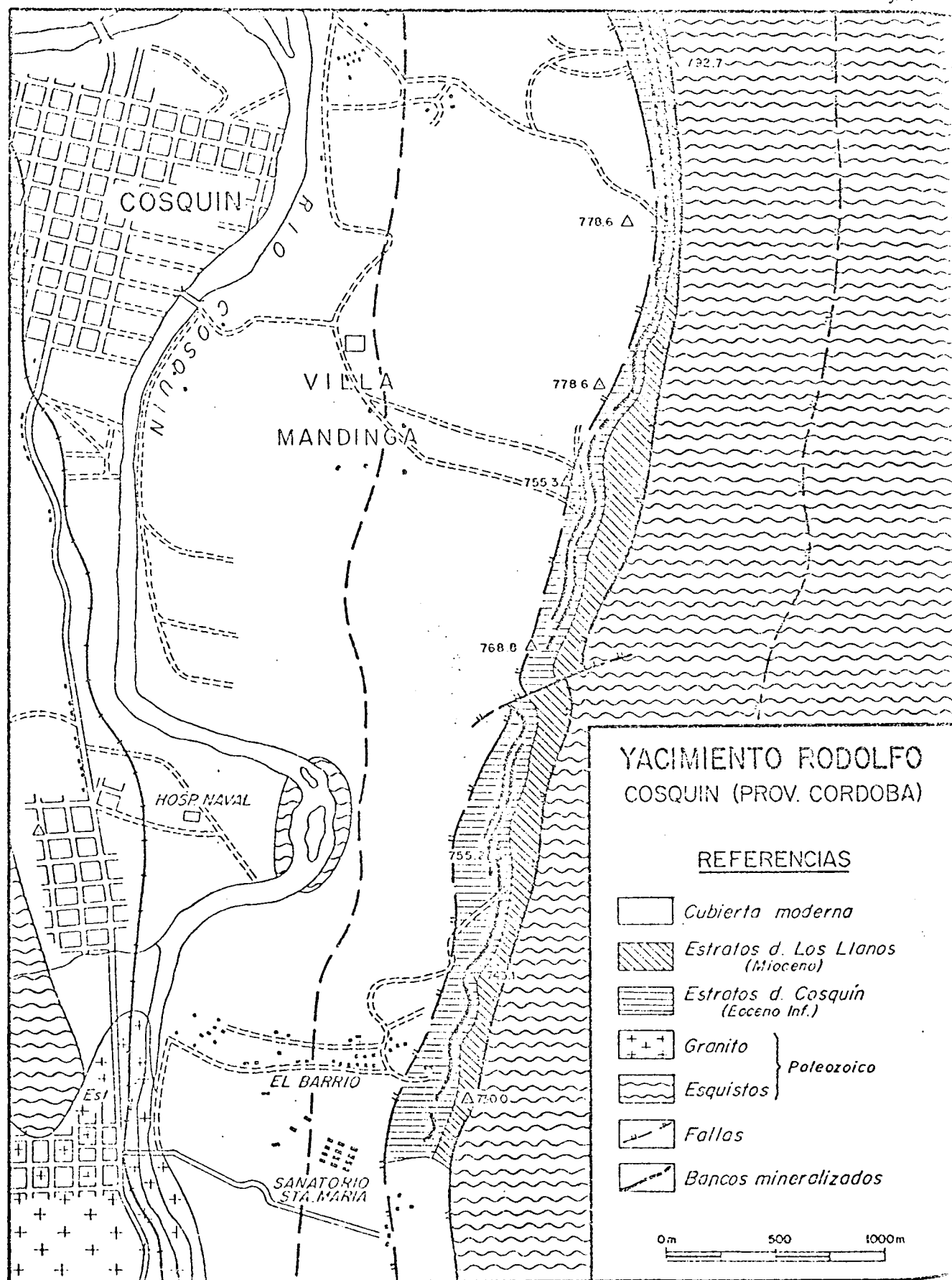
Las reservas certificadas superan las 3.000 t U_3O_8 (2.550 t U), de las cuales 1.400 t U_3O_8 (1.190 t U) alcanzan un tenor de 0,90% U_3O_8 .

El potencial del Distrito a pesar de la reducida exploración cumplida al presente, se estima que puede alcanzar el orden de las 15.000 t U_3O_8 (12.750 t U).

2.1.5.3. Distrito Tinogasta (Catamarca)

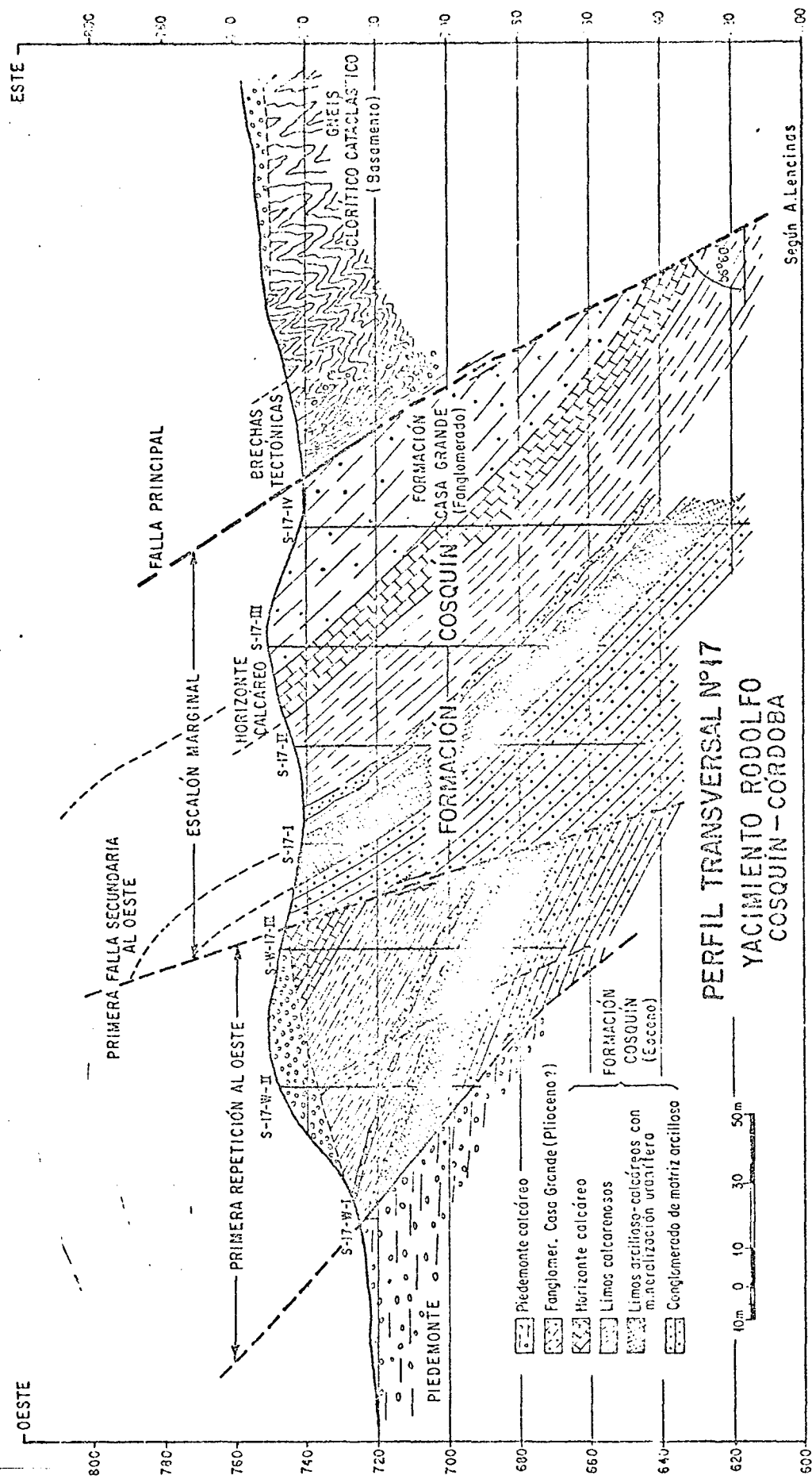
Comprende una serie de manifestaciones uraníferas de discreto interés, las que se alojan en sedimentos arcillosos.

Las mineralizaciones no son continuas, los cuerpos raramente alcanzan los 200 m de extensión, y si bien los espesores medios son de interés (del orden de 1 m o superiores), las leyes medias son bajas y oscilan entre 0,05 y 0,06% U_3O_8 .



Corrida de los bancos mineralizados en sedimentos continentales eocénicos (Según Stiponicic, et al, 1962).

Fig. 8



Según A. Lencinas

Los principales yacimientos, reconocidos parcialmente con perforaciones, son "Helios", "La Flecha", "Las Higueritas", "Bonanza", etc.

2.1.5.4. Distrito Sañogasta (La Rioja)

Comprende varios depósitos ("San Sebastián", "Santa Brígida", etc), alojados en esquistos, en los que la mineralización de uranio, con buenas leyes medias (0,85% de U_3O_8), aparece asociada con cobre. De ellos proceden 2.500 t de mineral de alto tenor, los que ya se procesaron en Planta Córdoba.

2.1.5.5. Distrito Guandacol (La Rioja)

Situado unos 30 km al O de Guandacol, comprende 3 tipos de depósitos:

- a) Mineral de uranio diseminado en areniscas, asociado con troncos y restos carbonosos fósiles (Minas "Sonia", "La Marthita", etc). Constituyen cuerpos de poco volumen, pero de muy alta ley. Se extrajo una partida de mineral con 85% de U_3O_8 , la que constituye una rareza mundial.
- b) Mineral de uranio uniformemente diseminado en gruesos bancos de areniscas. En C° Urcuschun, se documentó su continuidad por unos 900 m de longitud, con espesores superiores a 1 m y ley media de 1,5% de U_3O_8 .

Este depósito fué descubierto mediante prospección aérea, no obstante estar emplazado a casi 3.500 m de altura.

- c) Mineral de uranio relleno de fracturas o zonas de discontinuidad dentro de calcáreos. Constituyen cuerpos de dimensiones moderadas (hasta 50 m de longitud), con leyes medias elevadas (hasta 5,5% de U_3O_8).

En 1963 fué suspendida la exploración de este Distrito, dadas las dificultades de infraestructura y acceso a la zona y los volúmenes sólo discretos de los cuerpos.

2.1.5.6. Distrito Comechingones (San Luis)

En la vertiente occidental de la Sierra de Comechingones se presentan numerosas vetas fluoríticas, alojadas en granitos, las que a veces contienen minerales de uranio, con leyes variables.

Las mejores conocidas son las minas "La Estela" y "Bella Vista". La primera de ellas (concesionario privado), entregó más de 3.000 t de mineral con leyes medias superiores a 5% U_3O_8 .

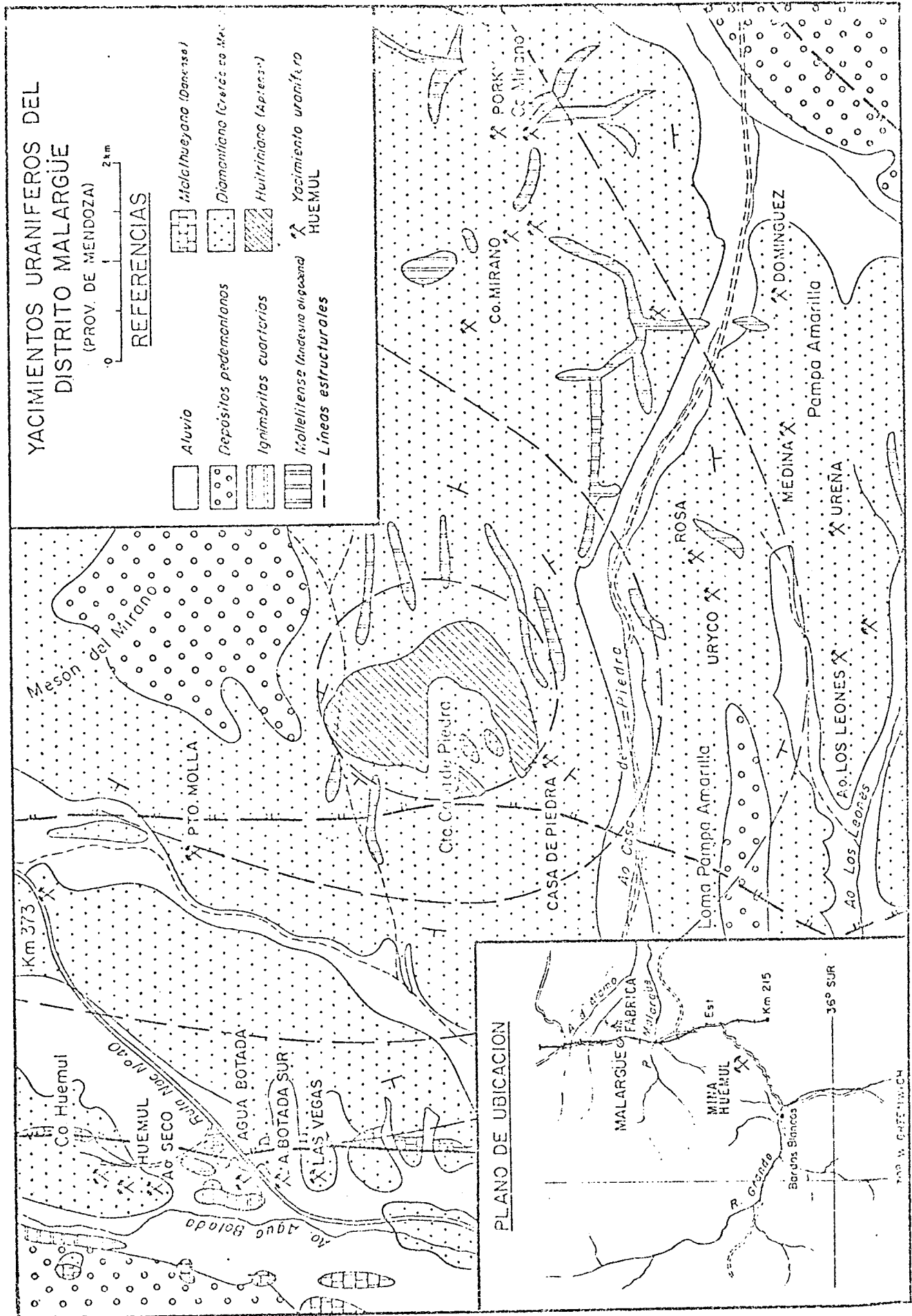
Recientemente se reanudaron actividades en el Distrito localizándose mediante prospección geoquímica nuevos cuerpos mineralizados de interés sobre los que se realiza una campaña de exploración, mediante sondeos, la que arroja interesantes crecimientos de reservas y que refuerza las perspectivas del Distrito.

2.1.5.7. Distrito Malargue (Mendoza)

En un área de 150 km², situada 45 km al SO de Malargue, se ubican varios depósitos cuprouraníferos, alojados en distintos niveles de sedimentos arenoso-conglomerádicos (Fig. 9).

En Mina Huemul se localizó un cuerpo, con 100 m de longi-

Fig. 9



tud en el afloramiento y 360 m en profundidad, con un espesor medio de 1,5 m (Fig. 10).

En "Arroyo Seco", existen 2 cuerpos, el mayor con 300 m de largo. En "Agua Dotada", se localizaron 5 cuerpos superpuestos en distintos niveles, de los cuales el 4° es el más importante, con un desarrollo de 600 m y espesores de 1 m (Figura 11). La ley media del mineral es de 1.8% de U_3O_8 y 9% de Cu.

La mina Huemul, que pertenece a la CNEA, abasteció durante varios años de materias primas a Fábrica Malargue, a un ritmo de 20.000 t/anales. Restan reservas económicas para 3 años, las que podría incrementarse si se recurre a minerales de mayor costo de beneficio.

Se presume que otros depósitos del distrito, pertenecientes a particulares y ricos en cobre, podrán ser desarrollados para abastecer igualmente a Planta Malargue.

2.1.5.8. Ambiente del Chubut Central

Agrupar varios distritos uraníferos, con unos 50 indicios mineralizados, descubiertos mediante prospección aérea.

Distrito Sierra Cuadrada: Con los yacimientos "Sierra Cuadrada E y O", etc.

Distrito Paso de Indios: Yacimientos "Los Adobes", "Pichiñán", "C° de los Chivos", "C° Cóndor", "Carhué Niyeu", etc.

Distrito Río Chico: Yacimientos "Cañadón Gato", "Cañadón Krueger", etc.

El depósito mejor conocido es el de "Los Adobes", 40 km al N de la localidad de Paso de Indios, en el valle del Río Chubut.

El principal cuerpo mineralizado, explorado mediante perforaciones, consiste en un depósito leticular, de 150 m de diámetro y 10 m de espesor máximo, alojado en sedimentos arenosos y conglomerádicos, con una ley media de 1,5% de U_3O_8 .

Si bien las reservas certificadas al presente en todo el Distrito no son de envergadura (200 t U_3O_8 = 170 t U), el hecho de que las correspondientes al cuerpo principal de "Los Adobes" sean de muy fácil beneficio, ha llevado a encarar su inmediata recuperación.

De este cuerpo, con 145 t U_3O_8 , en explotación minera se recuperarán 130 t U_3O_8 , las que procesadas (con recuperación del orden del 80%), brindarán cerca de 110 t U_3O_8 .

Actualmente se cumplen trabajos de exploración y desarrollo en el Distrito Pichiñán, próximo a "Los Adobes".

2.1.5.9. Distrito Sierra Pintada (San Rafael, Mendoza)

La aplicación de modernas técnicas de prospección aérea, sobre la base de una evaluación actualizada de la constitución geológica del área y la interpretación de varias pequeñas manifestaciones uraníferas, permitieron el descubrimiento de importantes yacimientos de uranio, en la Sierra Pintada, de la provincia de Mendoza (Fig. 12).

MINA NUCLEAR HUEMUL

(MALARGÜE - PROVINCIA DE MENDOZA)

INSTALACIONES Y ESTADO DE LOS TRABAJOS DE EXPLORACIÓN Y PREPARACIÓN

(JUNIO DE 1972)

Fig. 10

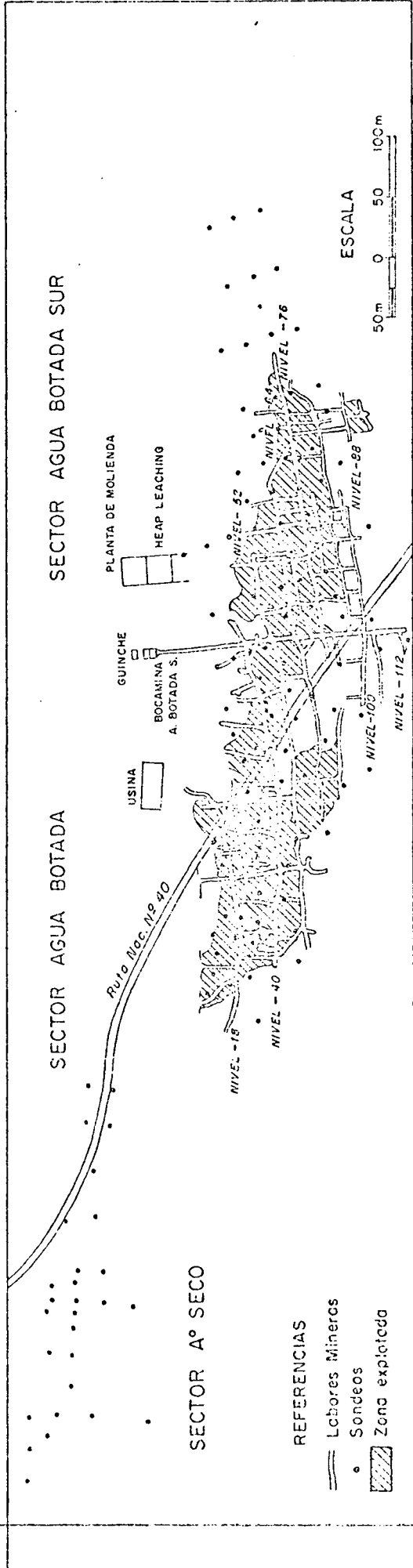
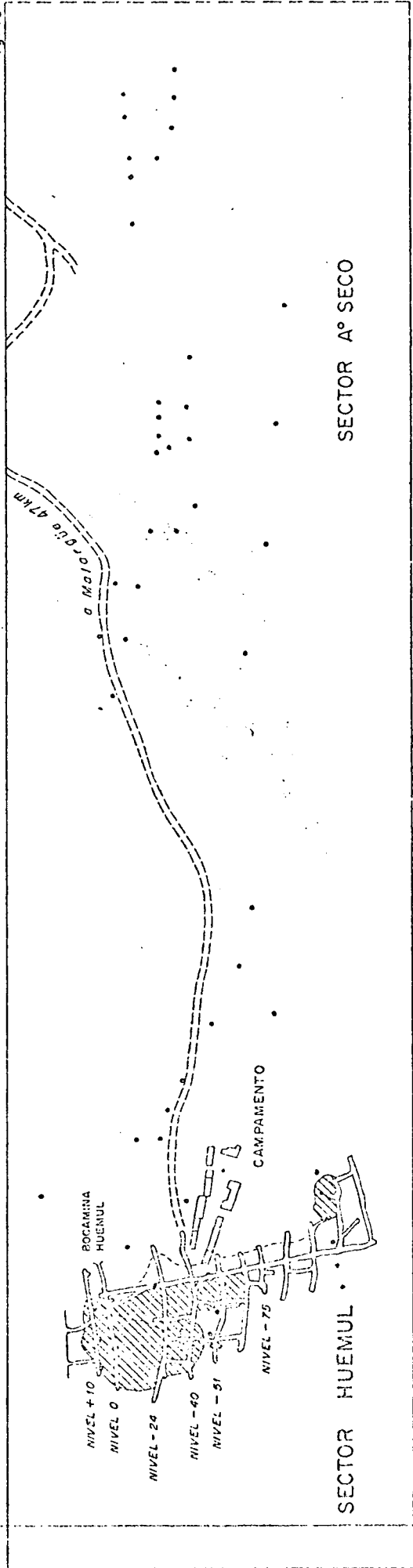
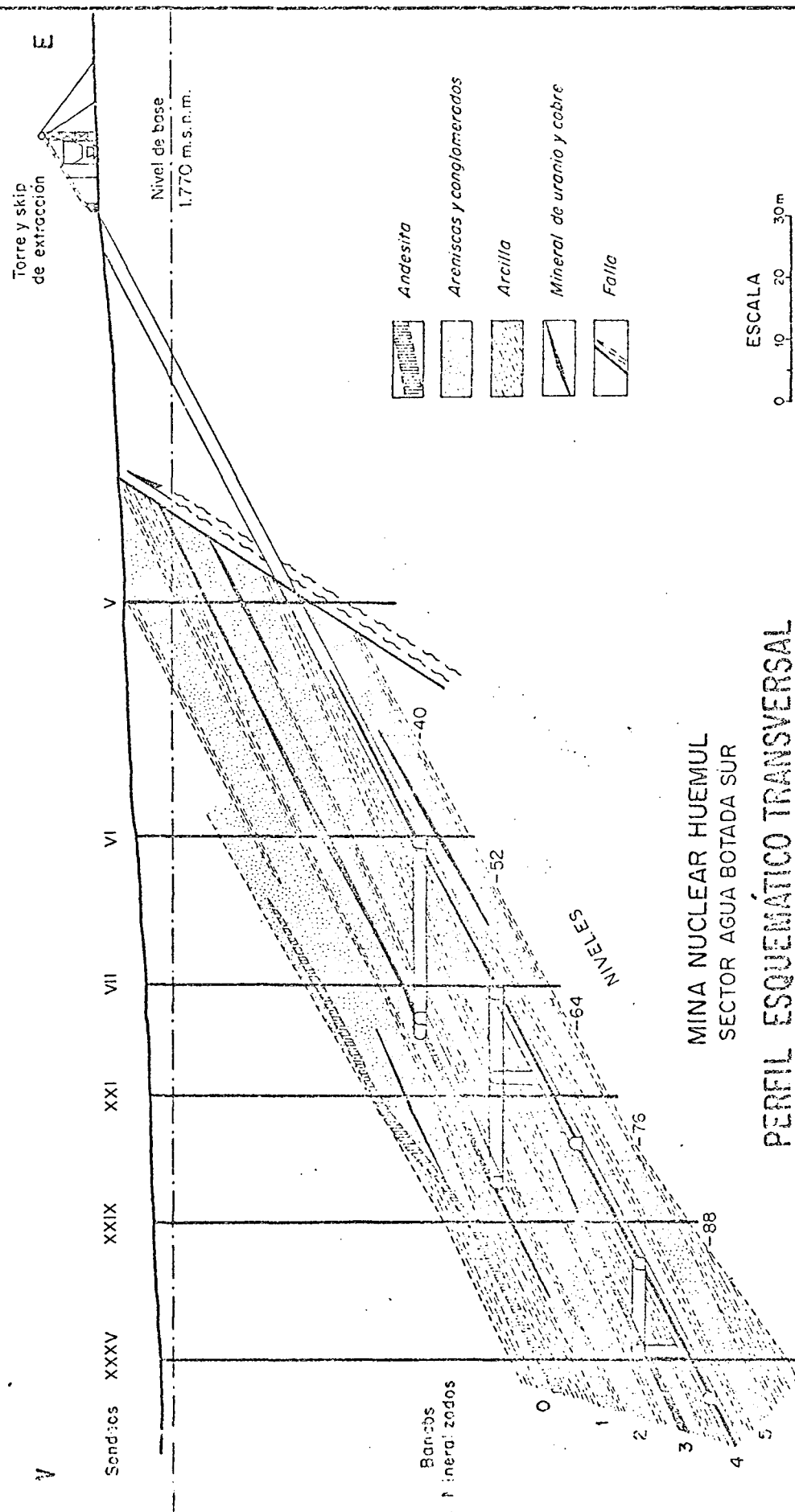
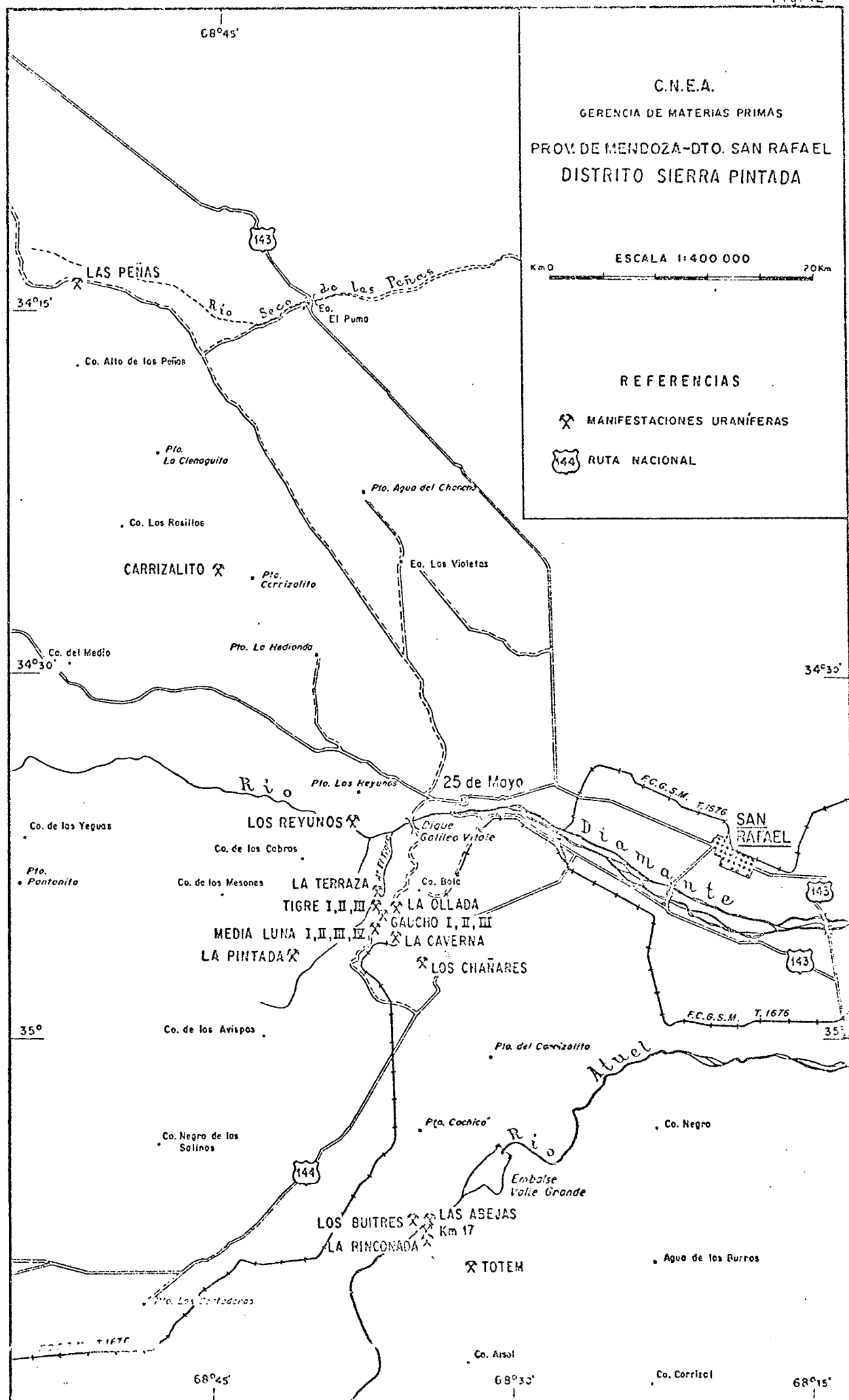


Fig. 11





La casi totalidad de los mismos se alojan en areniscas que afloran desde Sierra de Las Peñas, Arroyo del Tigre-Cuesta de los Terneros, Los Mesones, hasta El Nihuíl.

La constelación más densa de cuerpos mineralizados ("Tigre I, II y III", "Los Chañares", "La Caverna" y "La Olla da"), se agruparon como yacimiento nuclear "Dr. Bauliés".

La mineralización se distribuye en varios niveles preferenciales portadores, los que pueden integrar espesores útiles desde 3 hasta más de 15 m. Las leyes medias fluctúan desde 1,5 a 2,5% U_3O_8 , en los niveles más ricos; en cambio si se consideran los espesores totales citados, la ley media resulta del orden de 1.50% U_3O_8 .

La exploración física cumplida al presente (200 m de labores subterráneas y 35.000 m de perforaciones), documentan una continuidad regular de la mineralización hasta más de 200 m de profundidad en "Tigre I", "La Terraza" y hasta más de 100 m en "Tigre III", "Media Luna II" y "Los Chañares" (Figura 13).

La estimación de las reservas certificadas hasta la fecha, factibles de aprovechamiento económico inmediato a costos del orden de 10 U\$S/lb U_3O_8 asciende a más de 5.000 t de U_3O_8 (4.250 t U), lo que sumado a su favorable ubicación (proximidad a vías troncales de comunicación y a la ciudad de San Rafael, 30 km), confiere a este Distrito indudable valor.

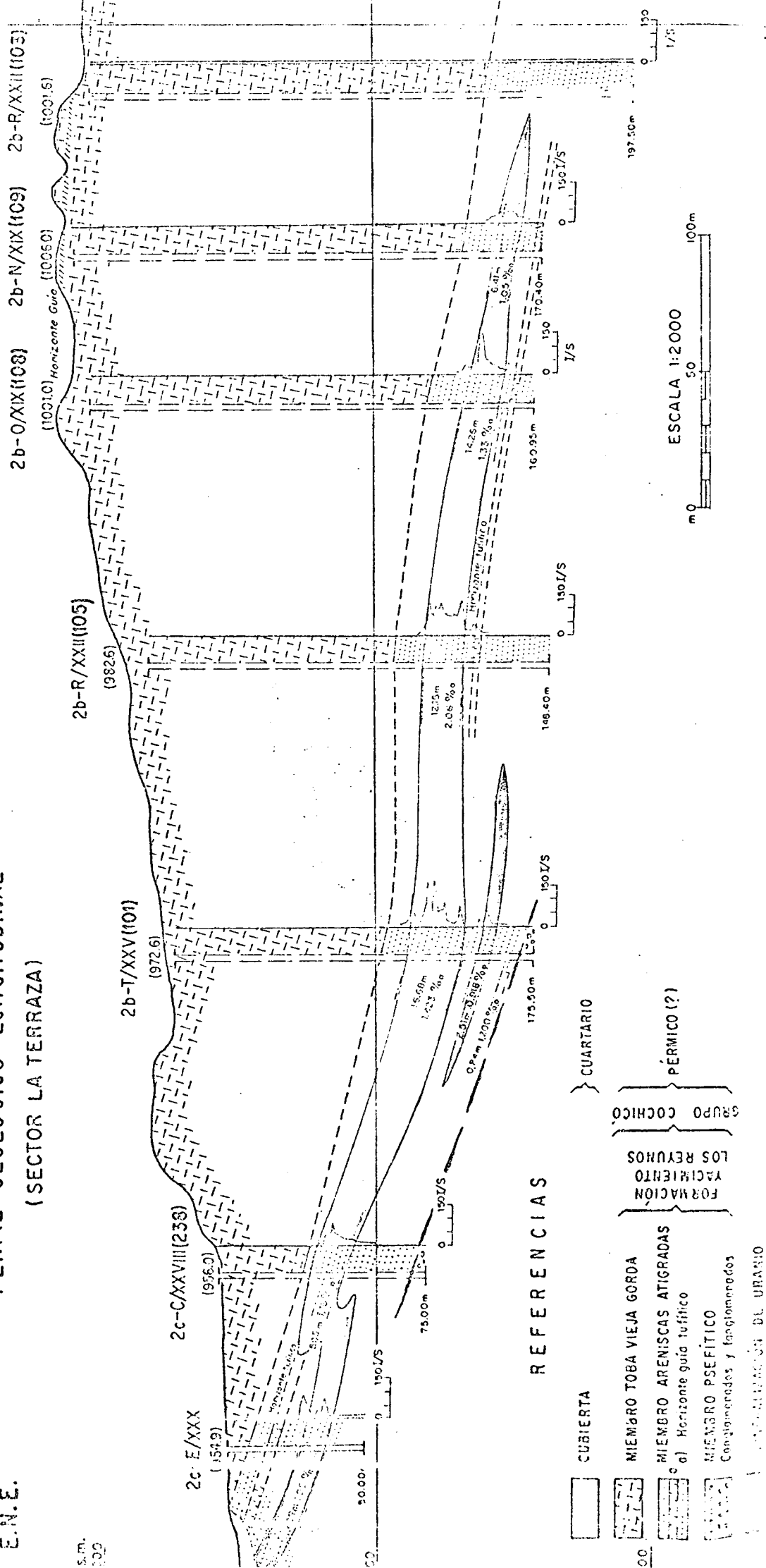
Si se considera, en cambio los recursos razonablemente asegurados, factibles de alcanzar con una densificación de los trabajos de exploración, las cifras ascienden a 12.000 t de U_3O_8 (10.200 t U).

La morfología, posición espacial y dimensiones del cuerpo principal ("Tigre I" - "La Terraza"), harían posible su explotación minera total o parcial a cielo abierto, lo que aseguraría condiciones económicas de beneficio más convenientes (Fig. 14).

La regularidad de los depósitos reconocidos, las características favorables de las areniscas portadoras, la segura evidencia de circulación de soluciones fértiles, el control estratigráfico que parece privar en la depositación del uranio y las condiciones topográfico-estructurales adecuadas a la posibilidad de una sencilla exploración física mediante sondeos, certifican para este Distrito un potencial de primer orden y de rápido desarrollo.

2.1.6. RECURSOS Y POTENCIAL URANÍFERO ARGENTINOS

A partir del Simposio Internacional sobre Recursos y Posibilidades uraníferas, celebrado en Buenos Aires en 1960,

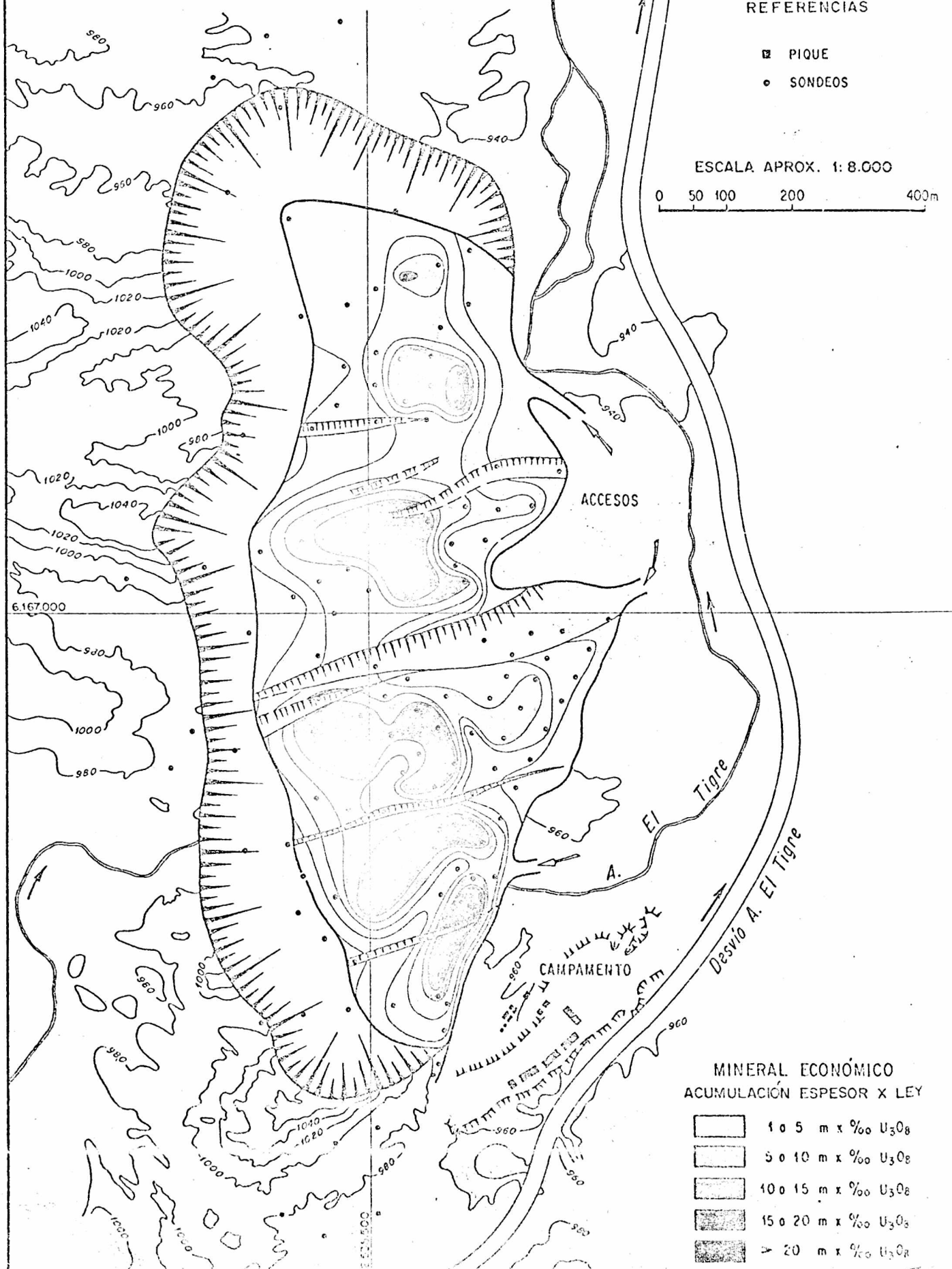


REFERENCIAS

- PIQUE
• SONDEOS

ESCALA APROX. 1: 8.000

0 50 100 200 400m



con asistencia de los principales países productores y consumidores, se hizo necesaria la adopción de una limitación técnico-económica, al realizar la estimación de las reservas de cada país.

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 años, se ha impuesto en el mundo el concepto de agrupar los recursos uraníferos de acuerdo con los costos de producción del "yellow cake", resultando las siguientes categorías:

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)

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.

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 en los últimos años también se han impuesto en el campo de las materias primas nucleares nuevos conceptos sobre las categorías de los recursos uraníferos, reconociéndose tres grupos principales:

1°) Reservas

2°) Recursos razonablemente asegurados

3°) Recursos adicionales posibles

Como "reservas" se considera el mineral certificado en el sentido clásico, con una adecuada densidad de trabajos mineros o sondeos de exploración, con sus 4 parámetros totalmente conocidos (longitud, ancho y espesor del cuerpo y tenor medio en U_3O_8 del mismo), y en condiciones de ser explotado de inmediato, según la tecnología de procesamiento desarrollada para dichos minerales.

Como "recursos razonablemente asegurados" (categoría

adoptada por el Organismo Internacional de Energía Atómica y por el Organismo Europeo de Energía Atómica), se comprenden aquellas menas contenidas en depósitos ya conocidos, sobre los cuales se han cumplido ciertos trabajos de exploración que permiten disponer de su ley media, morfología del o los cuerpos mineralizados, etc, pero que no revisten la densidad y total seguridad de información como los correspondientes a la categoría anterior, de "reservas".

De cualquier manera, las estimaciones sobre tonelaje y tenores se basan sobre muestreos específicos, medidas de los depósitos y conocimiento del hábito de los mismos, etc, y en líneas generales, esta categoría comprende lo que en minería se designa como "mineral medido, indicado e inferido".

La misma sirve para basar anteproyectos y proyectos de planes inmediatos, requiriéndose luego trabajos adicionales de exploración para delimitar más exactamente los valores consignados y pasarlos a la categoría de "reservas". El plazo que demandaría dicha exploración complementaria depende de los cuerpos uraníferos a considerar: 2-3 años en Sierra Pintada; 4-5 años en Valle de Punilla; etc).

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 los 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.

Esta categoría 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", "Comechingones", "Sierra Pintada", "Pichiñán", etc); frecuencia de la aparición de cuerpos o niveles mineralizados satélites de los mayores ("Dr. Bauliés", "Los Reyunos", "La Estela", "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 presentan 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 con-

cretas y para certificar las estimaciones respectivas, se requieren trabajos de exploración de gran volumen, que para el caso de la Argentina se estima demandarían entre 6 y 8 años, a partir de la fecha.

Las reservas y los recursos totales y globales de la República Argentina se sintetizan en el cuadro de la figura 15, a la vez que en el de la figura 16 se los discrimina según los principales distritos geográficos.

En el cuadro de la fig. 17 se consignan las reservas, pero reconociéndose entre ellas las de aprovechamiento inmediato y las de aprovechamiento mediano. Las primeras comprenden aquellos depósitos que podrían ser puestos en producción en menos de 5 años, a la vez que la segunda incluye los que recién podrían operar a partir de 5 años.

En síntesis, se destaca que las cifras a tener en cuenta, como recursos uraníferos que pueden ser aprovechados de inmediato y de los cuales se obtendrían concentrados a costos inferiores a U\$S 10/lb U_3O_8 , alcanzan a 8.700 t U_3O_8 (= 7.400 t U).

B. PRODUCCION DE CONCENTRADOS Y DE REFINADOS DE URANIO

2.1.7. CARACTERISTICAS

Como concentrados uraníferos ("yellow cake"), se entienden a productos que contienen del 60 al 80% de U_3O_8 y que cumplen con ciertas especificaciones con respecto a las impurezas que lo acompañan. Las especificaciones más aceptadas mundialmente son las de la Atomic Energy Commission de E.U.A. (1968), las que también adoptó la CNEA de la Argentina.

TIPO A			
U_3O_8	min.	75.00%	
V_2O_5	max.	2.00"	del contenido en U_3O_8
PO_4	"	4.00"	"
Mo	"	0,60"	"
B	"	0,20"	"
Cl, Br, I (como Cl)	"	0,30"	"
F	"	0,10"	"
As	"	2.00"	"
$CO_3=$	"	4.00"	"
$SO_4=$	"	10.00"	"
Ca	"	1.50"	"
Th	"	2.00"	"
Zr	"	2.00"	"
Sm	"	0.015"	"
Eu	"	0.015"	"
Gd	"	0.015"	"
Dy	"	0.015"	"

Figura 15

RESERVAS Y RECURSOS URANIFEROS ARGENTINOS

en t U₃₀₈

AL 31/3/73

CATEGORIAS	COSTOS U\$S/lb U ₃₀₈	8-10	10-15	15-30	TOTALES PROGRESIVOS
R RESERVAS (Incluyen "M. Inferido")	SUBTOTALES PROGRESIVOS	11.100	4.900	5.000	21.000
		11.100	16.000	21.000	
RRA RECURSOS RAZONABLEMENTE ASEGURADOS	SUBTOTALES PROGRESIVOS	3.800	7.000	5.000	36.800
		3.800	10.800	15.800	
RAP RECURSOS ADICIONALES POSIBLES	SUBTOTALES PROGRESIVOS	9.200	13.200	29.500	88.700
		9.200	22.400	51.900	
SUBTOTALES SEGUN COSTOS		24.100	21.300	43.300	88.700
		45.400			

RECURSOS URANÍFEROS ARGENTINOS

EN $\frac{1}{2}$ U₃O₈

AL 30/3/73

REGIÓN		U\$S/lb U ₃ O ₈	8-10		10-15		15-30		SUBTOTALES
DISTRITOS			RRA	RAP	RRA	RAP	RRA	RAP	
NOROESTE	TONCO - AMBLAYO		1.500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	ALEMANÍA		—	—	1.200	1.500	3.000	5.000	
	TINOGASTA		—	—	500	1.500	1.500	2.000	
	SUBTOTALES		1.500	1.000	2.700	4.000	5.500	8.000	22.700
CENTRO	PUNILLA		2.200	2.000	2.000	3.000	2.000	5.000	
	SIERRAS CÓRDOBA-SAN LUIS		500	1.000	500	1.000	1.000	2.000	
	SW LA RIOJA - N SAN JUAN		100	100	300	500	500	500	
	SUBTOTALES		2.800	3.100	2.800	4.500	3.500	7.500	24.200
CUYO	SIERRA PINTADA		10.000	4.000	1.000	3.000	1.000	3.000	
	BARREAL-RODEO-JÁCHAL		—	—	—	—	1.500	5.000	
	MALARGÜE		100	100	200	200	300	500	
	SUBTOTALES		10.100	4.100	1.200	3.200	2.800	8.500	29.900
PATAGONIA	RÍO CHUBUT		500	500	1.000	1.000	1.000	2.000	
	SIERRA CUADRADA		—	300	200	300	500	1.000	
	RÍO CHICO		—	200	200	200	—	500	
	TOBAS AMARILLAS		—	—	—	—	500	2.000	
	SUBTOTALES		500	1.000	1.400	1.500	2.000	5.500	11.900
RRA	RECURSOS RAZONABLEMENTE ASEGURADOS		14.900		8.100		13.800		36.800
RAP	RECURSOS ADICIONALES POSIBLES			9.200		13.200		29.500	51.900
SUBTOTALES SIN COSTOS			24.100		21.500		45.300		88.700
TOTALES ACUMULADOS			24.100		45.400		88.700		

RESERVAS DE MINERAL DE URANIO

Fig. 17

EN U_3O_8

(VALORES ACUMULADOS)

Al 31/3/73

DISTRITO URANÍFERO	CATEGORÍA COSTOS : Hasta U\$S / lb U ₃ O ₈	APROVECHAMIENTO INMEDIATO (1)						APROVECHAMIENTO MEDIATO (2)						TOTALES			
		MEDIDO-INDICADO		INFERIDO		SUBTOTALES		MEDIDO-INDICADO		INFERIDO		SUBTOTALES					
		40	15	40	15	40	15	40	15	40	15	40	15	40	15	40	15
TONCO AMBLAYO (Salta)		150	200	20	20	170	220	580	580	130	180	710	760	880	980		
COSQUÍN (Córdoba)		—	—	—	—	—	—	1.470	1.810	210	390	1.680	2.200	1.680	2.200		
LOS GIGANTES (Córdoba)		—	—	—	70	—	70	—	—	—	—	—	—	—	70		
VARIOS (La Rioja)		—	—	—	—	—	—	30	100	30	40	60	140	60	140		
COMECHILIGONES (San Luis)		160	180	100	100	260	280	—	—	—	—	—	—	260	280		
MALARGÜE (Mendoza)		50	70	20	30	70	100	—	—	—	—	—	—	70	100		
SIERRA PINTADA (Mendoza)		5.000	7.000	3.000	5.000	8.000	12.000	—	—	—	—	—	—	8.000	12.000		
RÍO CHUBUT (Chubut)		200	220	—	20	200	240	—	—	—	—	—	—	200	240		
SA. CUADRADA - R. CHICO (Chubut)		—	—	—	—	—	—	—	30	—	10	—	40	—	40		
TOTALES		5.560	7.670	3.140	5.240	8.700	12.910	2.080	2.520	370	620	2.450	3.140	11.150	16.050		

(1) Producción o puesta en operación en menos de cinco años

(2) Producción o puesta en operación en más de cinco años

Insoluble en HNO_3 máx.	0.10% del contenido en U_3O_8
Pérdida a 110°C "	0.10" "
Materia Orgánica "	0.10" "
$\phi <$	1/4 de pulgada

Como materiales "nuclearmente puros" se entienden productos purificados hasta tal grado que pueden ser usados en la fabricación de elementos combustibles para los reactores de potencia. Las impurezas se miden en partes por millón (p.p.m.)

Uno de los compuestos más difundidos en tal sentido es el bióxido de uranio (UO_2), el que además debe cumplir ciertas condiciones de carácter físico, relacionadas con su densidad, grado de sinterabilidad, etc.

Las características del UO_2 sinterizable para ser usado en reactores son:

Composición: $\text{UO}_{2,05} - \text{UO}_{2,12}$

IMPUREZA	LIMITE MAXIMO p.p.m.
Ag	2
Al	100
B	0,2
C	100
Ca	50
Cd	1
Cl	20
Co	10
Cr	100
Cu	20
Dy	0,1
Eu	0,1
F	50
Fe	100
Gd	0,1
In	10
Ir	10
Li	1
Mg	100
Mn	50
Mo	50
N	100
Na	100
Ni	50
P	50
Pb	50
Si	200
Th	500
Ti	100
V	20
W	50
Zn	100
Zr	100
H_2O	0,5%

El total de impurezas expresadas como equivalentes de Boro no deben sobrepasar las 0,9 p.p.m. Boro.

Características:

Tamaño partícula	menor 100 μ
Densidad aparente	2,1 g/cm ³
Densidad "Tap"	2,7 g/cm ³
Fluidez	50 g en 4 minutos en fluidómetro Hall
Superficie específica	5,0 $\pm$ 1,0 m ² /g

Sinterabilidad: pasar ensayo específico.

2.1.8. METODOS DE OBTENCION DE CONCENTRADOS

La obtención de concentrados uraníferos a partir de las menas minerales se realiza según técnicas generales que consideran:

- las características de la mena
- la preparación física del mineral
- la puesta en solución del uranio
- la separación del uranio de la solución
- la recuperación del uranio como concentrado.

Los aspectos anteriores, corresponden al campo de la metalurgia extractiva y dentro de ella, los tres últimos pertenecen a la hidrometalurgia. La CNEA implementó la formación en el país y en el exterior de los sectores técnicos que se abocaron por un lado al estudio y puesta a punto de los métodos para el aprovechamiento de los distintos minerales nucleares argentinos, así como al proyecto de las instalaciones necesarias, y por otro, a los sectores fabriles, responsables de la producción de esos concentrados.

Dichos grupos se estructuraron en sectores que responden a las etapas antes mencionadas, contando con personal especializado en cada una de las ramas, con laboratorios, equipos e instalaciones en escala piloto, las que permiten definir en cada caso la metodología a aplicar. El personal abocado a estas tareas cumplió intensas prácticas en el exterior: E.U.A., Francia, España, Portugal e Inglaterra.

En general, las dos primeras etapas señaladas son semejantes a las que se cumplen en el beneficio de otros minerales.

El proceso de lixiviación es, en cambio, el eje de todas las operaciones de recuperación del uranio.

Para ello el mineral previamente preparado y/o beneficiado físicamente es puesto en contacto con un reactivo lixivante. De ellos, los más utilizados son el ácido sulfúrico y el carbonato de sodio, los que se emplean según las características de la mena. El primero se usa en más del 90% de los casos.

Las técnicas empleadas se dividen en:

Convencionales: lixiviación por agitación
lixiviación por percolación

No convencionales: lixiviación "en pila"
lixiviación "in situ"
lixiviación bacteriana.

Ellas fueron estudiadas por los grupos técnicos de la CNEA y fundamentalmente han sido empleadas las tres primeras. En la lixiviación por agitación, el mineral molido es atacado por el reactivo en cubas agitadas mecánicamente (Planta Malarque). En la lixiviación por percolación, el lixivante inunda una pileta donde se encuentra el mineral, hasta lograr la disolución del uranio (Planta Córdoba). Finalmente el método de lixiviación "en pila" requiere el acomodamiento del mineral, según una geometría determinada, sobre una superficie impermeable, siendo "regado" por la solución extractante, que lo empapa sin inundarlo y que se la recicla continuamente hasta lograr la solubilización máxima del uranio (Planta Don Otto).

La elección de cada metodología está condicionada por varios factores, donde los fundamentales son los económicos y las características del mineral, del yacimiento y de su ubicación geográfica con respecto a los centros de abastecimiento.

La separación del uranio de la solución es una etapa especial y sobre ella se fundan los conceptos de la moderna hidrometalurgia. Lograda la disolución del uranio, se realiza la separación del líquido portante con respecto al mineral estéril, mediante técnicas ortodoxas de filtración y clarificación; luego el uranio se recupera por separación selectiva de los otros elementos que también se encuentran en la solución. Como extractantes selectivos se emplean intercambiadores iónicos, sólidos o líquidos (resinas de intercambio iónico o solventes aminados). Los mismos extraen "selectivamente" al uranio de la solución y permiten por reextracción recuperarlo como una solución pura y concentrada.

La recuperación final del uranio a partir de las soluciones recién mencionadas, se efectúa con reactivos precipitantes (amoníaco, soda cáustica, etc) y se obtiene un producto que filtrado y secado constituye el concentrado o "yellow cake".

2.1.9. INSTALACIONES INDUSTRIALES DE CONCENTRACION

La CNEA cuenta con dos plantas de concentración situadas en Malarque (Mendoza) y Valle del Tonco (Salta), además de la tercera existente en la ciudad de Córdoba, la que operó como tal durante 20 años y que en la actualidad está siendo transformada en planta de purificación de concentrados.

Planta Malarque (Mendoza)

Situada en el departamento del mismo nombre en la provincia de Mendoza, inició su producción en 1965. En el mismo

sitio operó desde 1953 a 1961 una instalación primitiva, la que en una escala reducida producía concentrados por un método obsoleto, pero que permitió en su momento satisfacer las necesidades de la CNEA.

La ~~actual~~ planta opera con los minerales cuprouraníferos de los yacimientos Huemul y Agua Botada, superando su capacidad de tratamiento las 100 t mineral/día.

Emplea un método convencional o clásico: la mena es reducida de tamaño por trituración y molienda, para favorecer el posterior ataque con ácido sulfúrico, el que se realiza en continuo en cubas con agitación mecánica. Finalizado el ataque se efectúa la separación sólido-líquido, que permite obtener la solución portante del uranio clarificada, separándola del mineral tratado (estéril). De dicha solución el uranio es recuperado por extracción selectiva con solventes aminados y luego es reextraído y precipitado como diuranato sódico (Leyes superiores a 80% U_3O_8).

Dado que la mena es cupro-uranífera, la solución remanente de la extracción del uranio contiene cobre, metal que recupera como "cobre-cemento" (>70% Cu), el que beneficia económicamente al proceso.

La capacidad de producción de la planta es de 30 t U_3O_8 /año (25,5 t U) y de 120 t Cu/año, habiendo producido hasta la fecha 140 t de U_3O_8 (120 t U) y 300 t de Cu.

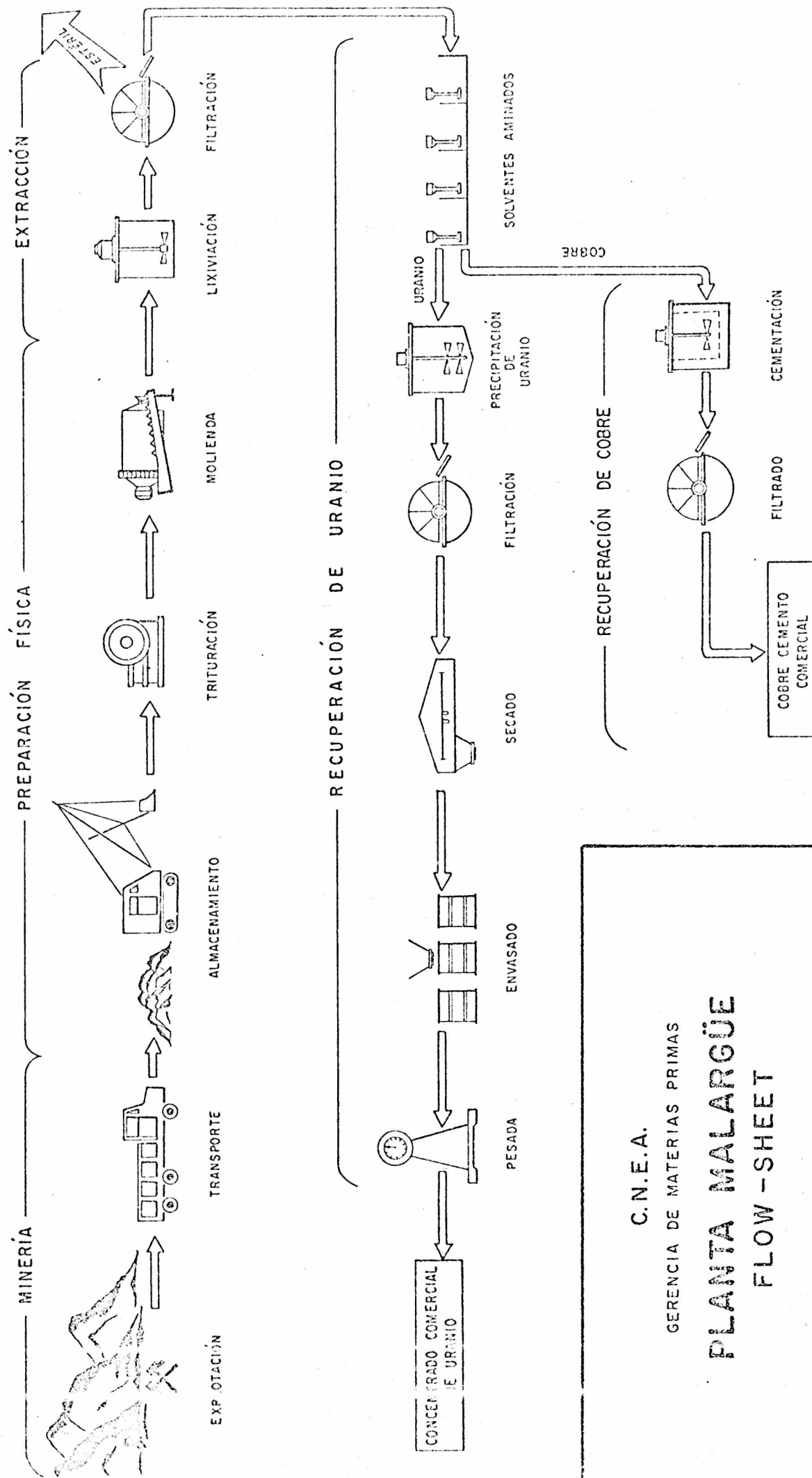
En la figura 18 se ilustra el esquema general de funcionamiento.

Planta Don Otto (Valle del Tonco, Salta)

Se sitúa en el distrito minero Tonco-Amblayo, en el departamento de San Carlos (Salta), a 150 km al OSO de la capital provincial. Dadas las características especiales del yacimiento, de la mena y de la región, se utiliza el método de lixiviación "en pila". El mineral se coloca en pilas de 36 m de largo, 8 de ancho y 4 de alto. La solución de ácido sulfúrico diluido se bombea a la parte superior o espejo, desde donde escurre hasta las cisternas de recuperación, en las que se reajusta en acidez y se recicla a la pila de mineral. Una vez finalizado el proceso de solubilización del uranio, se realiza su concentración en una planta de resinas de intercambio iónico, obteniéndose como producto final un concentrado amónico (ley superior al 70% U_3O_8) (Figura 19).

El sector de lixiviación "en pila", comenzó a operar en 1963, llevando ya tratadas más de 150.000 t de mineral. Desde dicha fecha hasta 1970, la recuperación del uranio se realizó con el método de precipitación integral con cal, que rendía un preconcentrado, el que luego era refinado en Córdoba. En 1971, para optimizar el proceso, se puso en marcha la planta de resinas. Su capacidad es de 20 t U_3O_8 /año (17 t U).

Fig. 18



C.N.E.A.
GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS
PLANTA MALARGÜE
FLOW-SHEET

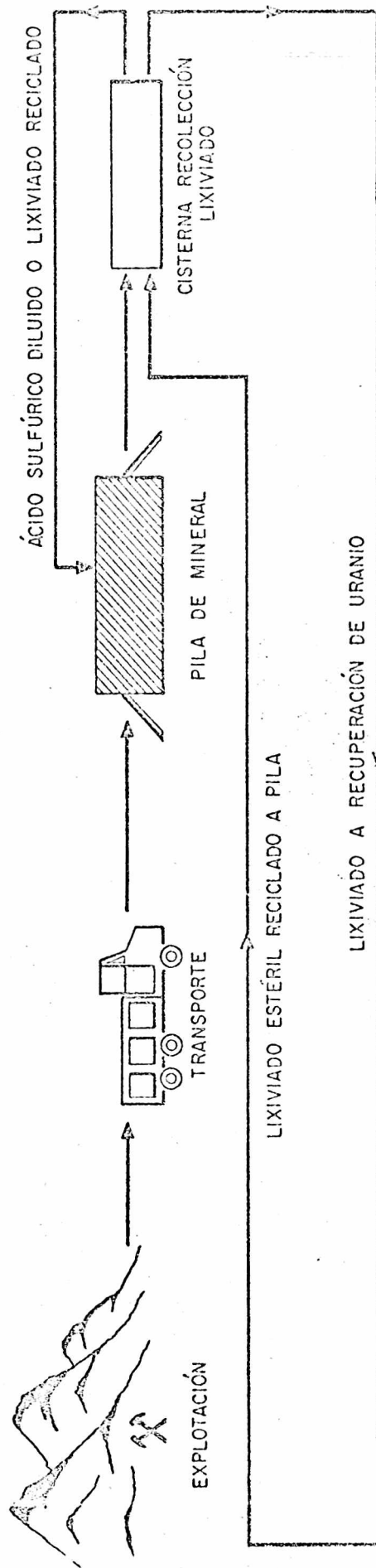
C.N.E.A.
GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS

PLANTA DON OTTO

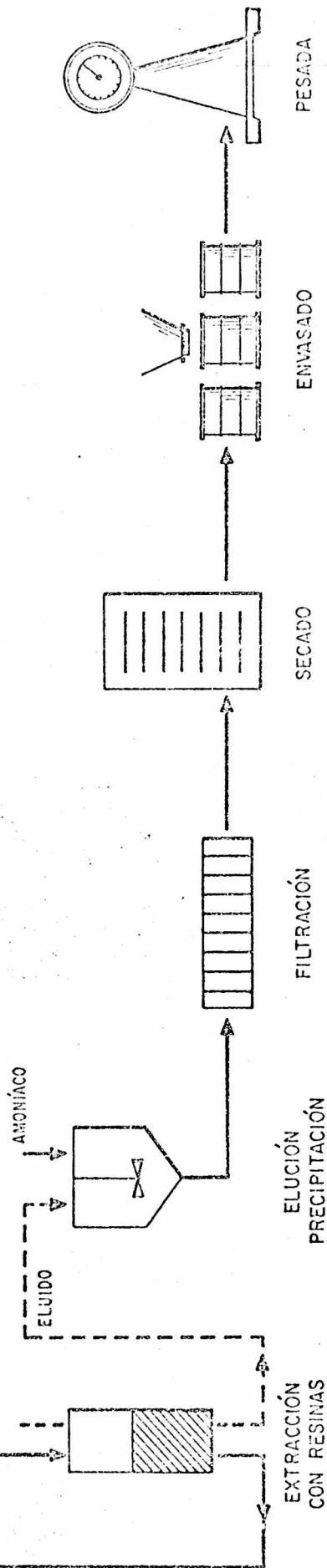
ESQUEMA DE PROCESO

MINERIA

LIXIVIACIÓN



LIXIVIADO A RECUPERACIÓN DE URANIO



RECUPERACIÓN DE URANIO

Hasta la fecha, en las instalaciones de Don Otto se produjeron 95 t de U_3O_8 (80 t U), como preconcentrado, los que se terminaron de refinar en Planta Córdoba.

Planta Córdoba

Simultáneamente con la iniciación de los estudios de laboratorio en la CNEA sobre hidrometalurgia de minerales de uranio, se instaló en Córdoba una pequeña planta experimental para el tratamiento de las primeras menas uraníferas provenientes de diversos yacimientos argentinos. Las metodologías empleadas en la planta y su capacidad de producción marcharon paralelas con el logro de los adelantos técnicos en la hidrometalurgia nuclear, cumpliendo tres finalidades fundamentales:

- estudio y aplicación de métodos en escala piloto,
- aprovisionamiento para las necesidades de la CNEA o de venta de concentrados,
- formación de personal.

Su capacidad ~~fué~~^{era} de 20 t mineral/día (limitada por su ~~ubicación, la distancia a los yacimientos y el origen heterogéneo de los minerales~~). Luego fué adaptada para afrontar compromisos contractuales, tanto para tratar minerales como para retratar los pre-concentrados provenientes de Don Otto, hasta llegar al "yellow cake".

El esquema empleado fué el de lixiviación por percolación y por agitación. Los lixiviados soportaban inicialmente un tratamiento de refinación y precipitación por medio de complejantes, lo que permitía lograr el producto final deseado.

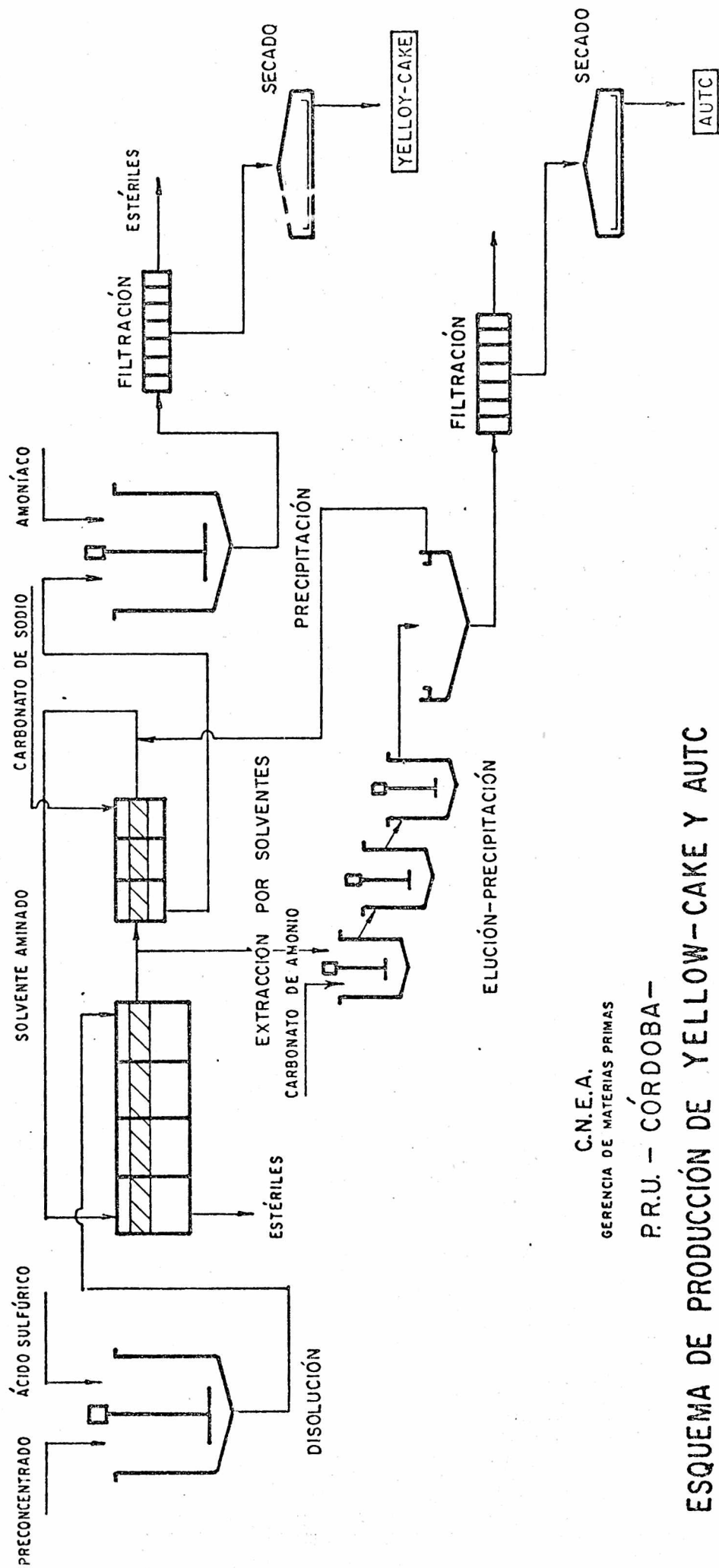
Al constituirse en 1961 la Gerencia de Materias Primas, superada la etapa inicial de formación y preparación y con vistas a la formación de una estructura industrial se revieron métodos y se modificaron instalaciones. Con ese fin se instaló una planta de reextracción de uranio con solvente aminado, que se constituyó en la primera en su género en Latinoamérica (Fig. 20).

El esquema fué entonces:

- lixiviación por percolación o por agitación
- extracción del uranio con solvente aminado
- recuperación final del uranio como diuranato sódico

El mismo permitió dar la base teórica y práctica para realizar el proyecto e instalación de la planta industrial de Malargue.

En Planta Córdoba se introdujo luego la recuperación del uranio como un compuesto intermedio, el uranil carbonato



C.N.E.A.
GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS
P.R.U. - CÓRDOBA -

ESQUEMA DE PRODUCCIÓN DE YELLOW-CAKE Y AUTC

de amonio, el que es un producto de alta pureza y que permite obviar otras etapas del procesamiento.

Durante 8 años (a partir de 1963), esta instalación tuvo una producción promedio de unas 10 t U_3O_8 /año (8,5 t U), que totalizan desde su origen 110 t U_3O_8 (93,5 t U).

Teniendo en cuenta las futuras necesidades de abastecimiento y conservando el objetivo de planta experimental, se están montando actualmente nuevas instalaciones de tratamiento de lixiviados, con equipos de desarrollo superior a los anteriores, a la par que fundamentalmente se operará como planta de refinación de concentrados, con un esquema que se explica más adelante.

2.1.10. PRODUCCION DE CONCENTRADOS

Hasta la fecha, la producción argentina de concentrados de uranio alcanza la cifra de 242,5 t U_3O_8 (= 222,5 t U) y la evolución de la misma se indica en la figura 21.

2.1.11. METODOS DE PURIFICACION NUCLEAR

El correcto funcionamiento de un reactor exige muy alta calidad o pureza en el uranio que lo alimenta. Para ello, los concentrados deben ser rigurosamente refinados para lograr esas características. En 2.1.7. se expusieron las especificaciones para un óxido de uranio que pueda ser empleado como combustible. La presencia de las impurezas se mide por su capacidad absorbidora de neutrones, y si se expresara la suma de impurezas tolerables en función de la presencia de uno solo de ellos, tomando como base el Boro, sólo se admite una concentración inferior a una parte de boro por millón de partes de uranio.

Métodos de refinación: se recurre a técnicas hidrometalúrgicas:

- Disolución del concentrado de uranio en condiciones específicas, con ácido nítrico.
- Refinación por extracción con disolventes selectivos (fosfato de tributilo), desde el cual se lo reextrae y se lo recupera como diuranato de amonio o bien uranil carbonato de amonio extremadamente puro.

Transformación en óxido: al uranio se lo utiliza en los reactores normalmente como óxido de uranio sinterizado, por lo que alguno de los dos productos mencionados (diuranato o carbonato de uranio y amonio), debe ser transformado en UO_2 . Para eso se recurre a procesos de tratamiento a temperatura y atmósfera controlada, en condiciones tales que rinda un producto de características físicas muy críticas, que permitan su posterior sinterización y transformación en "pastillas", las que integrarán el elemento combustible del reactor.

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN ARGENTINA DE URANIO

(Expresado en t U_3O_8 contenido en el concentrado comercial: "yellow cake")



2.1.12. INSTALACIONES INDUSTRIALES DE PURIFICACION

Para los requerimientos iniciales de la CNEA, se instaló en 1954 una pequeña planta experimental para producir uranio metálico ó UO_2 .

El esquema de elaboración partía de nitrato de uranilo proveniente de la Planta Córdoba. El mismo era disuelto y refinado por extracción en "torre" con éter dietílico. Luego el nitrato de uranilo refinado era reextraído y precipitado en medio ácido con peróxido de hidrógeno como óxido de uranio (UO_4).

Este producto se lo transformaba por tratamiento térmico en UO_3 y finalmente se lo reducía con hidrógeno a UO_2 , para después ser fluorado hasta tetrafluoruro de uranio (UF_4), el que por calciotermia era llevado a uranio metálico.

La capacidad de la planta era de unas 10 t U/año, como UO_2 ó de 5 como U metálico. Dado lo obsoleto del método y lo antieconómico de su explotación se decidió su cierre en 1961.

La CNEA estudió entonces, por medio de los grupos técnicos las condiciones operativas para concretar la instalación de una planta que permita cumplimentar los requerimientos futuros del país.

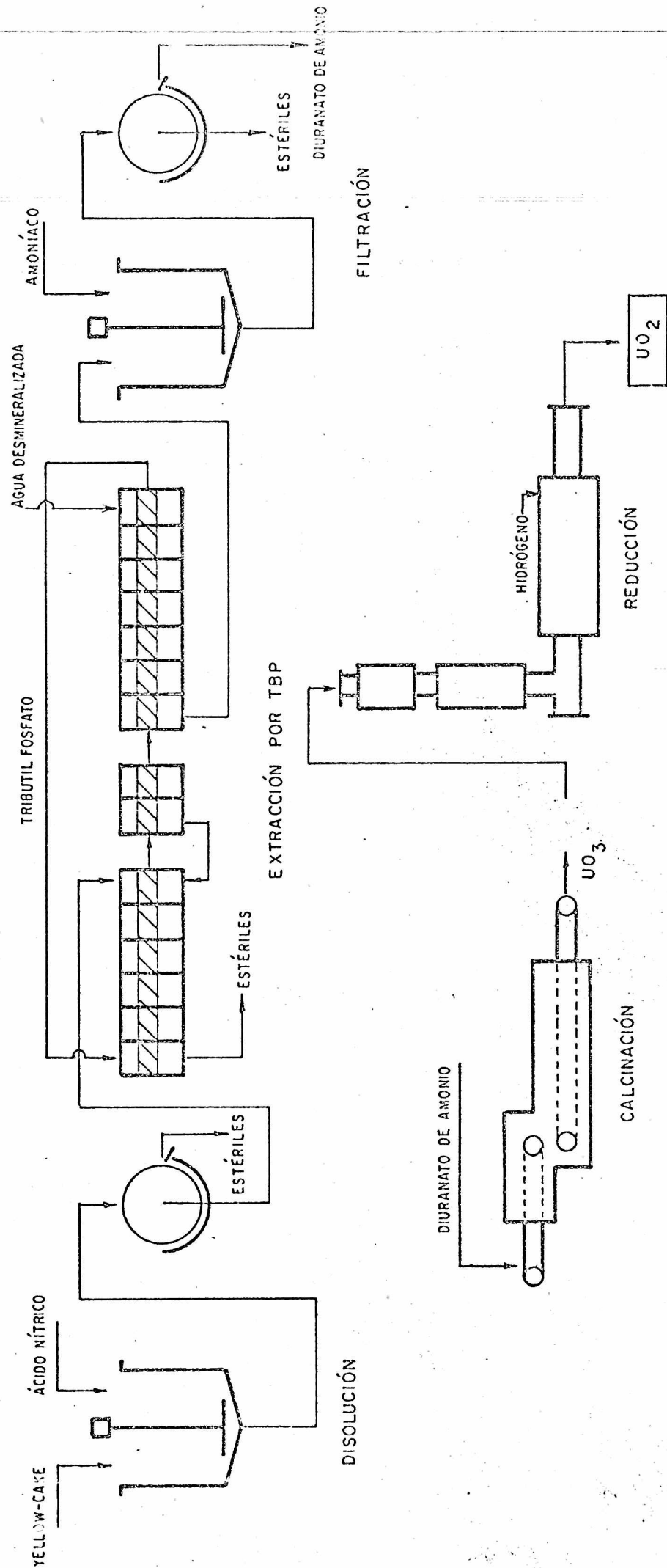
PLANTA DE REFINACION DE URANIO EN CORDOBA:

Conducentes a los fines señalados, se comenzó a adecuar las instalaciones de Planta Córdoba, transformándola en "Planta de Refinación de Uranio", con una capacidad inicial de 100 t de UO_2 /año.

La Planta tiene en vías de instalación todas las etapas correspondientes a la "refinación del concentrado", es decir a la vía química, disolución nítrica, clarificación, extracción con solvente y reextracción (Fig. 22).

Resta sólo la adquisición de los hornos de transformación del producto intermedio en óxido de uranio sinterizable.

Cuenta ya con personal que suma a la experiencia anterior de tratamiento de minerales, la adquirida en purificación en el país y en el exterior.



C.N.E.A.

GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS

P.R.U.-CÓRDOBA-

ESQUEMA DE PRODUCCIÓN DE UO_2 SINTERIZABLE

3. DEMANDA

3.1. PROGRAMA TENTATIVO DE CENTRALES NUCLEARES

La Central Nuclear sita en Atucha, de 340 MWe totales, entrará en operación a fines del corriente año. Ya hay decisión tomada por parte de las autoridades nacionales de instalar otra central de 600 MWe en Córdoba, la que deberá ser habilitada en 1979. De acuerdo con las necesidades de la demanda energética local, puede estimarse como segura la instalación de otra central nuclear de 600 MWe para que opere en 1980.

Después de esa fecha, las estimaciones se hacen menos concretas, pues dependen del momento de habilitación de las usinas hidroeléctricas de Apipé y Corpus.

De cualquier manera, y tomando una postura conservativa, puede esperarse que la siguiente participación nucleoelectrica debe producirse en 1981 con 600 MWe, en 1983 con 600 MWe y entre 1984 y 1985 con 2 de 600 MWe.

	MWe	Año
CENTRAL NUCLEAR I (ATUCHA)	340	1974
" " II (CORDOBA)	600	1979
" " III (?)	600	1980

" " IV	600	1981
" " V	600	1983 1982
" " VI y VII	2 x 600	1984-85

3.2. DEMANDA DE URANIO

Si bien la demanda en uranio varía según el tipo de combustible a usar (uranio natural o enriquecido), este Comité Asesor entiende que por el momento no se justifica presentar el cuadro de requerimientos para dos líneas, sino sólo para la de uranio natural. Si decisiones posteriores establecen que una o varias de las futuras centrales sean de uranio enriquecido, las previsiones actuales deberán adecuarse, ya que inclusive el consumo básico de uranio para el caso de reactores con combustibles enriquecidos, varía según el tipo de equipamiento.

Los requerimientos netos de uranio, anuales y acumulados, a partir de 1973, se indican en el cuadro de la figura 23, el que se calculó sobre las siguientes bases:

- quemado de 9.000 MWe d/t por núcleo en equilibrio,
- factor de utilización de las centrales: 0,75 a 0,80,
- posibilidad de completar el quemado con la incorporación de reactores convertidores avanzados en 1985,

Figura 23

RESUMEN DE LA DEMANDA DE URANIO

CENTRAL N°	POTENCIA MWe	FECHA	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
I ATUCHA	340		51	51	62	62	51	61	51	61	61	51	61	51	61
II CORDOBA	600	1.3.79 ✓				1	125	13	77	77	77	77	77	77	77
III	600	1.3.80 ✓					1	125	13	77	77	77	77	77	77
IV	600	1.3.81 ✓						1	125	13	77	77	77	77	77
V	600	1.3.83 14-11-1982							1	125	13	77	77	77	77
VI	600	30.6.84										100	25	64	77
VII	2 x 600	1.3.85										1	125	12	77
TOTALES ANUALES			51	51	62	63	177	200	267	353	305	460	519	435	523
TOTALES ACUMULADOS			51	102	164	227	404	604	871	1.224	1.529	1.989	2.508	2.943	3.466

- d) idem de incorporar reactores reproductores rápidos en 1990-91, lo que permitirá alcanzar el óptimo rendimiento del combustible nuclear.

En resumen, las demandas anuales y acumuladas serían, en cifras redondeadas:

<u>Año</u>	<u>t U anual</u>	<u>t U acum.</u>
1973	51	51
1974	51	102
1975	62	164
1976	63	227
1977	177	404
1978	200	604
1979	267	871
1980	353	1.224
1981	305	1.529
1982	460	1.989
1983	519	2.508
1984	435	2.943
1985	533	3.466

Debe destacarse que este Cuadro presenta la demanda neta de uranio por parte de los reactores de potencia, pero no comprende la formación de ningún "stock" de seguridad durante los primeros años. En los países que ya tienen planes nucleoelectrónicos bien definidos (E.U.A., Inglaterra, Canadá, Francia, etc), el "stock" mínimo de concentrados de uranio cubre requerimientos del orden de 2 años.

De acuerdo con las condiciones enumeradas más arriba, las "reservas comprobadas" actuales, beneficiables a costos del orden de 10 U\$S/lb U₃O₈ y factibles de un aprovechamiento inmediato, serían suficientes para satisfacer los requerimientos hasta 1987 (Figura 24).

Si se considerase el total de las "reservas", incluidas las de yacimientos de desarrollo menos avanzado, los que requerirían un lapso adicional para su puesta en explotación, las mismas podrían alcanzar hasta 1990, a los costos citados, o hasta 1991, si se agregan las de U\$S 15/lb U₃O₈.

Si aún se añadieran los "recursos razonablemente asegurados" recuperables a costos de U\$S 10/lb U₃O₈, cuyos yacimientos requerirían de una exploración complementaria, los mismos alcanzarían hasta 1992, y si se agregasen los de U\$S 15/lb U₃O₈, hasta 1997.

Cualquier eventual incremento del programa podría aún ser soportado por los "recursos adicionales posibles", los que pre

DEMANDA DE URANIO EN ARGENTINA PARA REACTORES DE POTENCIA REACTORES CON COMBUSTIBLE DE URANIO NATURAL

SITUACIÓN AL 31/3/73

t U₃O₈

30.000

20.000

10.000

ESTIMACIONES:

NORMAL BÁSICA
 c/ REPRODUCTORES RÁPIDOS

ALTERNATIVA MÍNIMA
 c/ CONVERTIDORES AVANZADOS Y
 REPRODUCTORES RÁPIDOS

CATEGORÍAS DE COSTOS

HASTA U\$S 10/Ib U₃O₈

HASTA U\$S 15/Ib U₃O₈

* RESERVAS COMPROBADAS DE
 APROVECHAMIENTO INMEDIATO

RESERVAS

RECURSOS RAZONABLEMENTE ASEGURADOS

AÑOS

2000

1995

1990

1985

1980

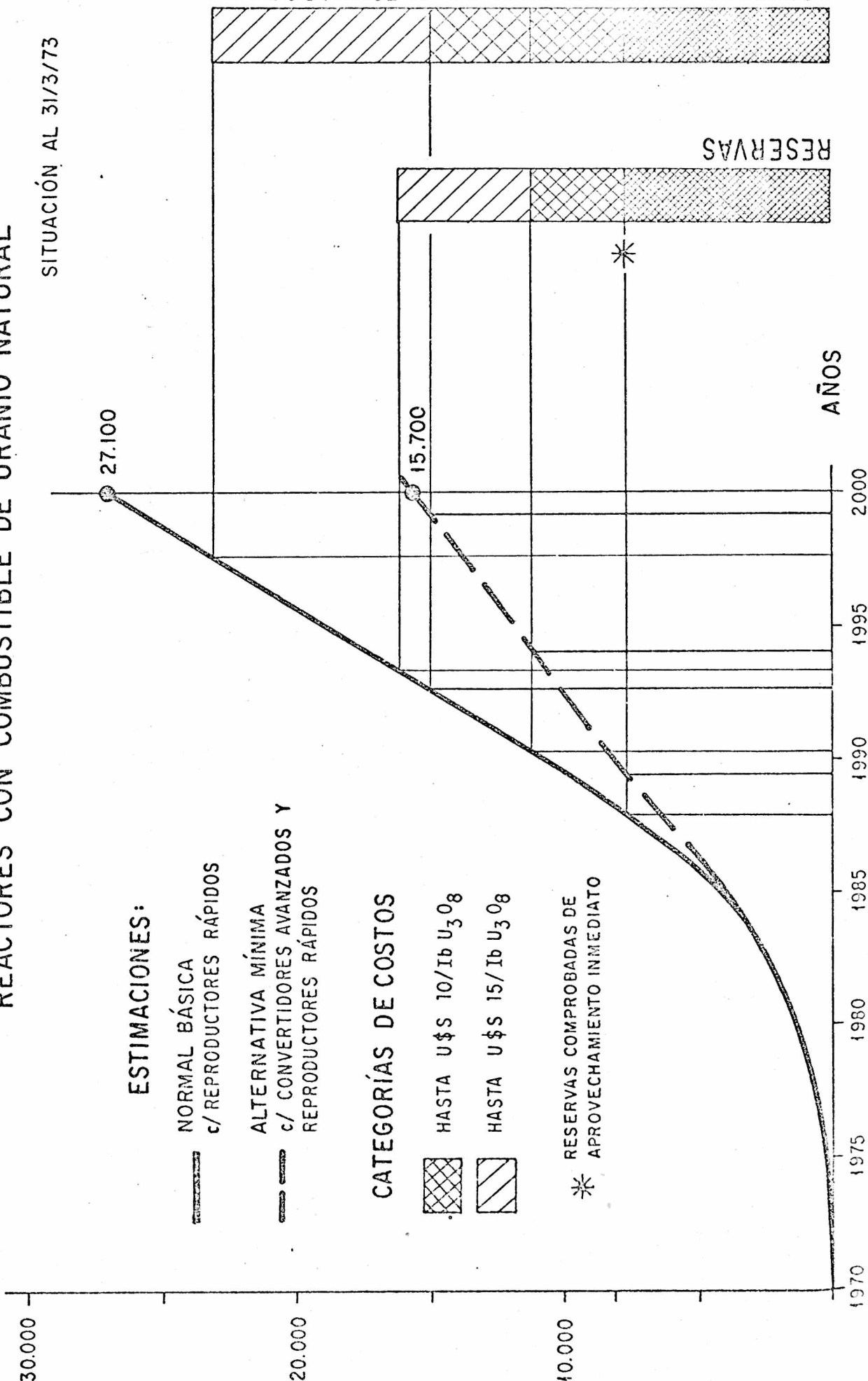
1975

1970

27.100

15.700

*



vio un vigoroso programa de desarrollo para su concreción definitiva, podrían duplicar las cifras expuestas y soportar los requerimientos de la primera década del año 2000.

4. PLAN GENERAL PARA SATISFACER LA DEMANDA

4.1. ACCIONES PROGRAMADAS

4.1.1. PROSPECCION Y EXPLORACION

El objetivo fundamental del programa tenderá a desarrollar los recursos uraníferos necesarios -en la categoría de reservas certificadas de aprovechamiento inmediato, beneficios a costos de hasta US\$ 10/lb U₃O₈- compatibles con el Plan Nuclear hasta el año 2000.

Teniendo en cuenta las variaciones derivadas de las diferentes líneas de combustibles posibles, los razonables stocks que en todo momento deberá contar el país y los lapsos de desarrollo desde el descubrimiento de un yacimiento hasta la producción de concentrados (12 años), dicho programa, el que debe cumplirse con suficiente antelación, se sintetiza de la manera siguiente:

AÑO	OBJETIVOS RESERVAS CERTIFICADAS	
	t U ₃ O ₈	equiv. t U
1980	18.000	15.250
1990	30.000	25.400
2000	50.000	42.400

Para el período 1973-80 se dispone ya del orden de 8.000 t U₃O₈, por lo que deberán desarrollarse nuevas reservas, a razón de 1.300 t U₃O₈/año, e incrementar los "recursos razonablemente asegurados", los que servirán de base para la expansión de la década siguiente.

El crecimiento hasta 1980 deberá apoyarse en un vigoroso programa de prospección destinado a evaluar las posibilidades uraníferas del país, del que sólo se reconoció (a veces en forma muy expeditiva), menos del 20% de las áreas potencialmente favorables y a la ejecución de los trabajos de exploración física necesarios.

El programa inmediato de acción sería el siguiente:

- 1º) Intensificar la exploración en Sierra Pintada (Mendoza), a fin de pasar la estimación de 5.000 t de U₃O₈ como "Recursos Razonablemente Asegurados" y otras 3.000 t U₃O₈ como "Recursos Adicionales Posibles" a la categoría de "Reservas", e intentar un correspondiente incremento del potencial del Distrito.
- 2º) Incrementar los trabajos de prospección, exploración y desarrollo en las Sierras de Córdoba y San Luis, en especial en el Distrito Comechingones, el que está en condiciones de aportar minerales de fácil e inmediata explotación y

beneficio, por el método de lixiviación en pilas.

- 3°) Proseguir la prospección en amplios sectores favorables de la Patagonia.
- 4°) Continuar con la prospección y exploración en diversas áreas de Salta, La Rioja y San Juan, con antecedentes positivos.
- 5°) Consolidar el conocimiento del Distrito Cosquín (Córdoba), el que dispone ya de reservas de importancia, con inmejorables perspectivas de rápido crecimiento, aún cuando las condiciones de beneficio hacen prever costos comprendidos entre 12 y 15 U\$S/lb U₃O₈.
- 6°) Iniciar el desarrollo de áreas nuevas, con estudios geológicos, prospección aérea y geoquímica, etc, a efectos de poner en evidencia nuevos distritos uraníferos, sobre los que deberán apoyarse los trabajos de las décadas siguientes.

Los trabajos citados y los objetivos previstos demandarán la ejecución de unos 60.000 m de sondeos por año o su equivalente en laboreos mineros, o sea del orden de 50 m de sondeos por cada t de U₃O₈ como reservas.

Tanto para la estimación de las inversiones como de los trabajos de exploración necesarios para el desarrollo de recursos uraníferos, se dispone de información internacional que permitirá fijar los parámetros correspondientes.

En E.U.A., por ejemplo, el ritmo de crecimiento de reservas hasta 1965 requirió de 150 m sondeos/t U₃O₈ y desde 1967 a la fecha se incrementó a 250-300 m/t U₃O₈. En el país citado, los costos totales de prospección y exploración, hasta el establecimiento de cifras de reservas beneficiables a U\$S 8-10/lb U₃O₈ oscilaron alrededor de U\$S 3/kg U₃O₈. En Francia metropolitana fueron del orden de U\$S 3.40/kg U₃O₈ y considerablemente mayores para las reservas desarrolladas por este país en naciones africanas.

Para el caso del territorio argentino, se estima prudente adoptar para esta planificación valores del orden de U\$S 3/kg U₃O₈, destacándose que la existencia de una infraestructura y personal especializado, posibilitaría estimar una respuesta inmediata en la evolución de las reservas.

4.1.2. EXPLOTACION MINERA Y PRODUCCION DE CONCENTRADOS

La CNEA, por medio de la Gerencia de Materias Primas, ha planificado el siguiente programa de producción de concentrados, para atender los requerimientos de las centrales nucleares:

1.- Mina Huemul-Planta Malargüe (Mendoza)

Continuar con la explotación del yacimiento minero (Mina Huemul), hasta agotamiento de sus reservas, estimándose que ello ocurrirá a fines de 1974. Todos los materiales extraídos se procesarán en Planta Malargüe, la que dejaría de operar en 1975, si sigue tratando minerales de ley "normal".

De este complejo minero-fabril debe esperarse la siguiente producción de concentrados (cifras redondeadas):

	t U ₃ O ₈	t U
1973	24	20
1974	21	18
1975	18	15
Total	63 t U ₃ O ₈	53 t U

La vida operativa de ambos establecimientos podría ampliarse en dos años, si es que se resuelven aprovechar los minerales "marginales" del yacimiento (ley media 1% U₃O₈), con lo que se obtendría una producción extra de concentrados de 25 t U, según el siguiente ritmo:

	t U ₃ O ₈	t U
1975	5	4
1976	15	13
1977	10	8
Total	30 t U ₃ O ₈	25 t U

Estos concentrados, obtenidos a partir de minerales "marginales", de menor ley en U₃O₈ que los "normales", resultarían a un costo superior del 30% con respecto a los últimos.

2.- Distrito Tonco (Salta)

Se continuaría con la explotación minera del yacimiento Don Otto y se iniciaría la del depósito uranífero "Güemes". Las menas se procesarán en la instalación de lixiviación y el uranio se recuperará en la planta de resinas, obteniéndose concentrados con ley superior al 70% U₃O₈.

El ritmo de producción sería (en cifras redondas):

	t U ₃ O ₈		Totales	t U
	"Don Otto"	"Güemes"		
1973	15	-	15	13
1974	17	-	17	14
1975	17	5	22	19
1976	15	9	24	20
1977	15	9	24	20
1978	11	7	18	16
	90	30	120 t U ₃ O ₈	102 t U

Se destaca que de las 1.000 t de U_3O_8 certificadas para el Distrito sólo se pueden aprovechar por el momento las arriba indicadas ($120 \text{ t } U_3O_8 = 102 \text{ t U}$), pues éstas corresponden a "minerales oxidados", capaces de ser beneficiados con las instalaciones disponibles, es decir con lixiviación en pilas y concentración selectiva por resinas.

Las demás menas de los distintos depósitos del Distrito presentan minerales de composición variable, cuyo tratamiento sólo podría encararse con una planta del tipo convencional (con trituración y molienda), la que además debería poner una doble línea de ataque químico (ácido y alcalino), factores que elevarían sensiblemente el costo de los concentrados a obtener.

3.- Distrito Paso de Indios (Chubut) - Mina "Los Adobes"

El distrito posee reservas totales del orden de 200 t U_3O_8 repartidas en varios cuerpos, de los cuales el principal, "Los Adobes", integra 140 t U_3O_8 . El mineral del mismo es fácilmente beneficiable (estudios y ensayos ya cumplidos exhaustivamente), por lo que desde este ejercicio se comenzaron a construir las instalaciones necesarias para su recuperación en Paso Berwin (situado sobre el río Chubut medio, a 40 km del yacimiento). Las menas serán lixiviadas en pilas y se obtendrá un preconcentrado amónico, con más del 20% en U_3O_8 .

Como el rendimiento total de los procesos de beneficio será del 80%, el ritmo de producción se ha fijado:

	<u>t U_3O_8</u>	<u>t U</u>
1975	27	23
1976	40	34
1977	40	34
Total	107 t U_3O_8	91 t U

Es posible que del distrito se puedan recuperar entre 10 y 20 t U_3O_8 adicionales, a partir de los cuerpos menores, por lo que debe esperarse una producción total del orden de 120-125 t U_3O_8 .

4.- Distrito Comechingones (San Luis)

Este distrito uranífero, en el estado actual de su desarrollo explorativo (el que aún continúa), puede brindar unas 125 t U, mediante la fácil lixiviación de sus minerales en pilas y la obtención de un preconcentrado amónico, con ley superior al 20%. Todos los estudios y ensayos hidrometalúrgicos al respecto ya fueron cumplidos en la Gerencia de Materias Primas.

Se ha programado que este distrito comience a entregar

preconcentrados en 1975, por lo que la producción minera, la instalación de planchadas para lixiviación y equipos de concentración deben cumplirse indefectiblemente en 1974.

El ritmo de producción sería (en cifras redondas):

	<u>t U₃O₈</u>	<u>t U</u>
1975	7	6
1976	20	17
1977	29	24
1978	29	24
1979	30	26
1980	30	26
Total	145 t U ₃ O ₈	123 t U

5.- Distrito Sierra Pintada (Mendoza)

La satisfacción de la demanda de concentrados para las centrales nucleares argentinas a partir de 1978, deberán ser cubiertas por el Distrito Sierra Pintada, situado al oeste de San Rafael, en la Provincia de Mendoza.

En el mismo deberá instalarse en principio una planta de concentración, debiéndose adoptar la decisión de su construcción por lo menos 4,5 años antes de que su producción sea requerida, pues deberán cumplirse las siguientes etapas previas:

- Terminación ensayos hidro-metalúrgicos	0,5-1 año
- Licitación y adjudicación	0,5 "
- Proyecto y construcción	3,0 "
- Puesta a punto	0,5 "
Total	4,5-5 años

La Planta de Sierra Pintada debería estar terminada a fines de 1977; en la primera mitad de 1978 se pondría a punto y en el resto del año produciría 200 t U. Por ende, la decisión de su instalación debe tomarse indefectiblemente a fines del presente ejercicio, o como máximo, a principio de 1974.

Al ritmo señalado, de 400 t U/año, las reservas hoy certificadas alcanzarán para casi 13 años, pero debe anotarse que para satisfacer la demanda interna total en uranio, la producción local deberá elevarse a 600 t a partir de 1983 y a 800 t a partir de 1985.

Por dichos motivos, deberán intensificarse los traba

jos de perforación en el Distrito Sierra Pintada, a los efectos de elevar sus reservas al orden de 12.000 t U₃₀₈ (= 10.250 t U) y posibilitar así la instalación de un módulo fabril semejante al anterior, el que ya debería entrar a producir en 1983.

La decisión de construir esta ampliación de Planta Sierra Pintada debe adoptarse antes de que la misma opere, para cumplir las siguientes etapas:

- Licitación y adjudicación	0.5 años
- Proyecto y construcción.	2.0 "
- Puesta a punto	0.5 "
Total	3.0 años

Es decir que la futura ampliación de Planta Sierra Pintada debe decidirse antes de finalizar 1980.