

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS

Departamento Delegaciones

LA MINERIA DEL URANIO EN ARGENTINA

Por FELIX RODRIGO

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS

LA MINERIA DEL URANIO EN ARGENTINA

Por FELIX RODRIGO

I . ANTECEDENTES	1
II . PROSPECCION	2
II.1. Selección de áreas de interés	2
II.2. Prospección radimétrica	3
II.2.a. Prospección terrestre	4
II.2.b. Prospección autotransportada	5
II.2.c. Prospección aérea	5
II.3. Prospección geoquímica	7
III. PROSPECCION DETALLADA	8
III.1. Radimetría	8
III.2. Geofísica	9
III.3. Ionometría (Emanometría)	9
IV . EXPLORACION	10
V . PRINCIPALES DISTRITOS URANIFEROS	12
V.1. Distrito Tonco Amblayo (Salta)	12
V.2. Distrito Cosquín (Córdoba)	13
V.3. Distrito Tinogasta (Catamarca)	14
V.4. Distrito Sañogasta (La Rioja)	15
V.5. Distrito Guandacol (La Rioja)	15
V.6. Distrito Comechingones (San Luis)	15
V.7. Distrito Malargüe (Mendoza)	16
V.8. Ambiente del Chubut Central	17
V.9. Distrito Sierra Pintada (Mendoza)	18
VI . RECURSOS Y POTENCIAL URANIFERO ARGENTINOS	19
VII. DEMANDA DE URANIO	24
VIII. BIBLIOGRAFIA	27

15 Láminas y figuras fuera de texto.

LA MINERIA DEL URANIO EN ARGENTINA

Por FELIX RODRIGO

I. ANTECEDENTES

La responsabilidad de la evaluación de los recursos uraníferos es uno de los objetivos fundamentales de la Comisión Nacional de Energía Atómica, Organismo que con mucha prelación, comprendió el rol que esta nueva fuente energética debía desempeñar en el desarrollo del país.

La primera mención sobre el hallazgo de minerales de uranio en la Argentina data de 1874 (7), pero los primeros estudios sobre yacimientos uraníferos, se iniciaron en 1945, por cuenta de la Dirección General de Fabricaciones Militares, con la revisión de algunas pegmatitas radiactivas en Córdoba y San Luis.

A partir de 1950 la Universidad Nacional de Cuyo, en colaboración con la entonces Dirección Nacional de Energía Atómica, continuó la exploración de algunos yacimientos de discreto interés, hasta que en 1956, el total de la actividad en este sentido se concentró en la actual Comisión Nacional de Energía Atómica.

Durante los años 1957 y 1958 se integró el plantel de profesionales y técnicos y se inició la adquisición de los equipos y el instrumental básico. A partir de 1958 se comenzó la etapa de perfeccionamiento avanzado en el exterior, de los geólogos e ingenieros de minas, la que se intensificó desde 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.

Puede decirse que 1961 señala en la Argentina el comienzo de los trabajos orgánicos de prospección, exploración, evaluación y desarrollo de técnicas de elaboración, realizados con un

./2.-

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, asignándose a la GMP 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 , destinado a la elaboración del combustible para la primera carga del Reactor de Atucha.

Las actividades destinadas a la prospección, evaluación y producción de minerales nucleares se concentran en los Departamentos Recursos Minerales y Delegaciones, los que junto con el de Elaboración integran la Gerencia de Materias Primas.

Esta tiene asignado los dos objetivos básicos siguientes:

- 1º) Evaluación del monto de los recursos en minerales nucleares del país, posibilitando con su correcto inventario a que el Superior Gobierno de la Nación pueda definir la política atómica más conveniente para la Argentina.
- 2º) Sostener en forma adecuada, mediante el aprovisionamiento de materias primas nucleares los planes de reactores de potencia de la CNEA y del país.

II. PROSPECCION

El primer enfoque de la prospección de uranio (o de cualquier otro elemento), consiste en determinar las áreas susceptibles de contener acumulaciones o yacimientos de interés, lo que debe apoyarse en un adecuado conocimiento geológico.

II.1. Selección de áreas de interés

Una selección previa de las áreas con posibilidades uraníferas resulta indispensable antes de la planificación de cualquier trabajo, ya que siendo improbable cubrir en forma masiva y simultánea un país o región determinada, son obvias las ventajas de iniciar la prospección por los sectores más favorables.

./

Dicha selección debe realizarse sobre la base de todos los antecedentes geológicos disponibles, los que orientarán acerca de la composición de las formaciones más favorables, tanto como posibles fuentes de 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, las que en su conjunto influirán también en el método de prospección a utilizar.

Al conocimiento geológico debe asociarse el análisis y evaluación de todos los antecedentes uraníferos disponibles para la región, así como tener presentes los distintos conceptos que rigen sobre génesis de yacimientos de uranio, sin exclusión de ninguno.

Deben valorizarse, 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 tanto en la elección del período más favorable para la campaña, como en el método mismo de prospección que conviene aplicar, (40).

En la Argentina, siguiendo tales lineamientos, pudo establecerse que 1.300.000 km² de su territorio 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), (20), (48), (49).

II.2. Prospección Radimétrica

Una vez efectuada la selección y clasificación de las áreas de interés uranífero, se inicia la prospección general.

La radimetría continua siendo el método básico y principal en la prospección del uranio, fundado en la propiedad de sus

./4.-

minerales de emitir radiaciones, capaces de ser detectadas por instrumentos provistos de elementos sensibles: tubos Geiger-Müller o scintillómetros con cristales de INa (Tl), fluoruro de cinc, "cristales plásticos", etc.

La única limitación del método estriba en el escaso poder de penetración de las radiaciones gamma, lo que restringe su aplicación a la búsqueda de cuerpos mineralizados prácticamente aflorantes.

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

II.2.a. Prospección Terrestre

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

La CNEA aplicó el método con dos variantes: la prospección expeditiva (con malla irregular del orden de 1 Km) y la prospección detallada (con mallas de 100 a 200 m), con o sin registración de los itinerarios.

Si bien en ambos casos el índice de cobertura es aparentemente bajo, en la práctica resulta notoriamente incrementado, por la posibilidad de que la información geológica que se obtiene simultáneamente, permita una orientación más efectiva, en concordancia con los factores favorables para la mineralización, desechando las áreas cubiertas, o reajustando la densidad de la malla, cuando así se requiere.

El principal inconveniente de este método es el de su bajo rendimiento (200-300 y 40-50 km²/mes, respectivamente).

Justamente debido a ello, el que resulta desproporcionado y lentísimo en relación con las superficies de interés a cubrir en Argentina, es que en los últimos años ha sido casi completamente reemplazado por las prospecciones aérea y/o geoquímica.

./

II.2.b. Prospección autotransportada

Se utiliza instrumental de gran sensibilidad, acoplado a un registrador gráfico continuo y/o alarma sonora, calibrada a un nivel preseleccionado, sincronizados con la marcha del automotor, preferentemente de tipo liviano y de doble tracción, el que debe desplazarse a velocidades de 15 a 20 km/hora.

En 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.

II.2.c. Prospección aérea

Es el método más utilizado en Argentina, (19), (40), (51)

En esencia, consiste en el sobrevuelo del área a baja altura (45-90 m = 150-300'), a relativa baja velocidad (150-160 km/hora), en aviones livianos (Piper, Cessna 180 o similares), que aseguren 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 scintilómetros, con uno o dos cabezales detectores, provistos de cristales de INa (Tl), de 5" a 7" de ϕ , acoplados a un radioaltímetro (AYF, tipo RT7 APN.1 o similares; o tipo radar: Bonzer), ambos con registradores gráficos, sincronizados con una cámara de fotografiado continuo de posición ("strip camera").

El radioaltímetro permite la corrección de los registros scintilométricos a una altura constante sobre el terreno (250'), a fin de compensar el efecto de la absorción de la radiación gamma por el aire. La cámara fotográfica emite impulsos-señales a los registradores, con intermitencias regulares o a requerimiento, los que permiten la ubicación, sincronización y análisis de la información.

Los valores corregidos de las anomalías se expresan en veces la cuenta de fondo o "background" (xBG), el que se establece en forma diferencial para cada formación geológica.

El apoyo planimétrico y la inscripción o registro de los itinerarios resulta simple, cuando se dispone de cartas topográficas o mosaicos aéreos. En extensas áreas del país, en ausencia de dicha documentación, la CNEA suplió el inconveniente sea incorporando un geólogo-navegante adicional, el que se encarga de la elaboración de un bosquejo cartográfico, sea mediante el auxilio de radiofaros móviles -cuya ubicación se dispone y replantea en tierra, a lo largo de caminos-, los que emiten señales para la orientación del avión.

Las técnicas de prospección han ido evolucionando con el tiempo. A la primitiva, denominada "perro de presa", que consistía en vuelos con itinerarios no fijos, han ido sucediendo otras cada vez más regulares y sistemáticas, las que permiten evaluar con relativa rapidez el interés potencial de una región, con un razonable margen de seguridad.

Los tipos de malla de vuelo utilizados en Argentina son los siguientes:

- i. Prospección expeditiva, se desarrolla en forma sistemática, sobre áreas de gran superficie, con vuelos distanciados del orden de 1 km, lo que supone una cobertura efectiva del 15 al 20 %. Se aplica en zonas vírgenes, tendiente a obtener 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, lo que asegura una cobertura efectiva de hasta el 50%. Se aplica sobre zonas con antecedentes positivos, con formaciones de interés uranífero; o 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 y requiere de muy buen apoyo cartográfico y/o fotográfico, necesario para la inscripción y registro de los itinerarios y de los resultados, previa corrección por altura de vuelo. El replanteo de dichos valores permite la elaboración de las curvas isoanómalas (o de isoradiactividad), las que reflejan la morfología e importancia relativa de las anomalías (Figura 2).

iv. Verificación terrestre. La verificación sobre el terreno de las principales anomalías, debe desarrollarse 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 de interés.

La GMP asignó prioridad a este método para el desarrollo de sus programas de prospección general, habiendo cubierto ya una superficie superior a 150.000 km², con distintas mallas de vuelo, lo que permitió la localización de más de 1.000 anomalías, de las cuales alrededor de 400 fueron recomendadas para verificación y reconocimiento posterior. (8), (13), (14), (19), (20), (51).

La prospección aérea reconoce como únicas limitaciones las derivadas de las condiciones topográficas, la altura absoluta de la zona y capacidad operativa de los aviones. En general se la utiliza en regiones de relieve no excesivamente accidentado, con alturas no mayores de 2.500-3.000 m.s.n.m.

II.3. PROSPECCION GEOQUIMICA

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 presenta limitaciones para una aplicación sistemática general, debido a la incidencia de numerosos factores:

./8.-

constitución geológica, espesor de la cubierta, clima, relieve, red hidrográfica, etc, los que condicionan el tipo y grado de alteración de las "rocas madres", la liberación del uranio y su dispersión y/o transporte a los suelos, aluviones y/o aguas.

La prospección geoquímica del uranio, se ha visto favorecida por el desarrollo de nuevas técnicas analíticas, 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.

Si bien existen diversas técnicas de preparación y extracción del uranio de las muestras, todas coinciden en la utilización de fluorímetros para el dosaje del mismo, los que permiten determinar tenores inferiores a 0,5 ppm (partes por millón), en los aluviones y suelos y 0,1 ppb (partes por billón) en aguas.

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.

III. PROSPECCION DETALLADA

Una vez verificada la anomalía o indicio corresponde certificar la existencia de mineral de uranio y circunscribir la extensión del fenómeno en superficie, a fin de orientar las sucesivas etapas de reconocimiento.

Las técnicas a que recurre la prospección detallada son las siguientes:

III.1. Radimetría

Es el método preferible en los casos de formaciones aflorantes o con débiles espesores de cubierta, ya que permite una excelente delimitación de la dispersión y morfología de la mineralización y la selección de los cuerpos más convenientes a explorar fí-

. /9.-

sicamente, mediante relevamientos de las cartas de isoanomalías (isoradiactividad), a escalas adecuadas.

En trabajos detallados, es frecuente recurrir a mallas de 5 a 10 m, o aún más densas.

III.2. 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 descrita 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.

Los más empleados, sobre todo en los casos de yacimientos vetiformes o filonianos; 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: fallas, fracturas, diaclasas, brechas, etc.; son los de la carta de resistividad o su variante, el método de los rectángulos .

En el caso de yacimientos con control sedimentario, se utiliza en cambio el perfilaje o sondeos eléctricos, 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).

III.3. Ionometría (Emanometría)

La desintegración natural del uranio y 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 aque-

llos elementos.

Las posibilidades de aplicación del método han evolucionado enormemente desde el empleo de los primeros equipos, constituidos por cámaras de ionización (tipo electrómetro de Ambronn, o similares), los que requerían de un intervalo muy largo de lectura, a los equipos actuales basados en scintilometría, con un elemento detector constituido por un frasco recubierto interiormente por una sustancia sensible, fluoruro de cinc, acoplado a un fotomultiplicador.

Las condiciones óptimas para la utilización del método se relaciona 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.

Constituye un excelente método de prospección, de gran rendimiento, ya que por las características de las anomalías y debido a la difusión del radón, permite la utilización de una malla más abierta que la de la radimetría. En Argentina dió resultados ampliamente positivos, permitiendo la solución de problemas estructurales o la localización y/o ampliación de varios yacimientos ("Rodolfo", "Los Adobes", "Dr. Baulies", "Listrito Comechingones", etc).

IV. EXPLORACION

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; tanto de orden técnico, derivadas de condiciones particulares del depósito; económicas, por deficiencias presupuestarias o aportes no continua

./11.-

dos de recursos; como en la urgencia en disponer de reservas de mayor volumen, aunque con menos seguridad de conocimiento, etc., o aún de la inmediata puesta en explotación del yacimiento.

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

1a. Reconocimiento preliminar

Orientada 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, con posibilidades de interés económico, 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.

3a. Exploración, desarrollo y evaluación regular del yacimiento

Orientada al conocimiento de las reservas de 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. En ambos casos se tiende a la extracción de la mayor cantidad posible de muestras o testigos representativos del mineral, que responden a distanciamientos sistemáticos y fraccionamientos acordes con las pre-
visibles heterogeneidades del mismo.

./

./12.-

En trabajos de avanzada puede recurrirse a sondeos sin recuperación de testigos, de menor costo y cuya información se extrae de los detritos de la perforación y perfilajes radimétricos.

V. PRINCIPALES DISTRITOS URANIFEROS

Mediante la aplicación de las técnicas descriptas, se han localizado en el país varios distritos y yacimientos uraníferos los que se distribuyen desde la provincia de Jujuy hasta la de Santa Cruz, entre los que se destacan los de Tonco-Amblayo, en Salta; Guandacol y Sañogasta, en La Rioja; Cosquín y Los Gigantes en Córdoba; Comechingones en San Luis; Malargüe y Sierra Pintada, en Mendoza; Los Chihuidos, en Neuquén y Sierra Cuadrada, Los Adobes y Pichiñán, en Chutut. (2), (9), (17), (20), (23), (25) a (36), (39), (41) (43), (44), (47) a (49), (52) a (54).

La Gerencia de Materias Primas cumple actualmente trabajos de exploración física, mediante perforaciones y laboreos mineras en los siguientes: Tonco, en Salta; Comechingones, en San Luis; Sierra Pintada en Mendoza y Pichiñán y Los Adobes en Chubut, (Figura 3).

Las características de los principales distritos desarrollados son las siguientes:

V.1. Distrito Tonco-Amblayo (Salta)

Se encuentra al oeste de la ciudad de Salta, enclavado en los valles Calchaquies, (Figura 4).

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-W, la mayoría de los cuales fueron descubiertos mediante prospección aérea en 1959, (39), (48).

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.5).

./

./13.-

Se realizaron hasta el presente unos 10.000 m de labores subterráneas que documentan la mineralización hasta 200 m de profundidad. Un programa reciente de exploración más profunda, mediante perforaciones, limitó su extensión en el extremo sur, pero restan posibilidades en tal sentido en la mitad norte del yacimiento.-

Del yacimiento "Don Otto" se extrajeron ya 130.000 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).

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), (32), (39).

Los minerales de uranio predominantes en la zona de oxidación son carnotita y tyuyamunita, apareciendo uraninita en profundidad. Las características de la mena, especialmente el cemento, varían de un depósito a otro. Las reservas certificadas alcanzan unas 1.000 t de U_3O_8 .

V.2. Distrito Cosquín (Córdoba)

Se encuentra en el valle de Punilla, entre las Sierras

./

./14.-

Grande y Chica, desde el Lago San Roque, hasta las cercanías de La Cumbre, con un desarrollo superior a 30 kms, (20), (25), (29), (47) a (49), (52) a (55).

Los cuerpos uraníferos se localizan en un paquete de sedimentos areno-limosos, de 9 a 12 m de espesor, provenientes de la destrucción de granitos y pegmatitas uraníferas de la Sierra Grande, (Figuras 6 y 7).

Actualmente la exploración se encuentra interrumpida, pero el depósito fué reconocido en superficie a lo largo de unos 10 kms. Se exploró el 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 .

Hasta la fecha solo se localizaron minerales amarillos, dominando la carnotita y la tyuyamunita.

Las reservas certificadas superan las 3.000 t U_3O_8 , de las cuales 1.400 t U_3O_8 alcanzan un tenor de 0,90 % U_3O_8 .

El potencial del Distrito, dada la escasa exploración cumplida al presente, se estima puede alcanzar el orden de las 15.000 t U_3O_8 .

V.3. Distrito Tinogasta (Catamarca)

Comprende una serie de manifestaciones uraníferas 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 superior), las leyes medias oscilan entre 0,05 y 0,06 % U_3O_8 .

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

V.4. Distrito Sañogasta (La Rioja)

Comprende varios depósitos ("San Sebastián", "Santa Brígida", etc) alojados en esquistos, en los que la mineralización de uranio, con muy buenas leyes medias (0,85 % de U_3O_8), aparece asociada con cobre. Fueron entregadas a Fábrica Córdoba, 2.500 t de mineral de alta ley, (3), (26), (28), (42), (54).

V.5. Distrito Guandacol (La Rioja)

Situado unos 30 kms al W de Guandacol, comprende 3 tipos de depósitos, (5), (20), (27), (29), (31), (49), (54).

- a) Mineral de uranio diseminado en areniscas, asociado con troncos y restos carbonosos fósiles. Minas "Sonia", "La Marthita", etc. Constituye cuerpos de poco volumen, pero de muy alta ley. Se extrajo una partida de mineral (pechblenda) con 84% 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 rellenando fracturas o zonas de discontinuidad dentro de calcáreos. Constituye cuerpos de dimensiones moderadas (hasta 50 m de longitud), con leyes medias excepcionales (hasta 5,5 % de U_3O_8).

En 1968 fué suspendida la exploración de este Distrito, dadas las dificultades de infraestructura y acceso a la zona y los volúmenes solo discretos de los cuerpos.

V.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

./16.-

variables, (20), (29), (47), (54).

Las mejor conocidas son las minas "La Estela" y "Bella Vista", con filones muy ramificados, con pechblenda y minerales secundarios de uranio, los que impregnan estructuras de fallas y discontinuidades en el granito.

La mina "La Estela", de un 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 numerosas anomalías sobre las que se realiza una activa campaña de reconocimientos preliminares.

Algunos cuerpos en exploración mediante sondeos arrojan interesantes crecimientos de reservas, los que refuerzan las perspectivas de este Distrito.

V.7. Distrito Malargüe (Mendoza)

Es un área de 150 km², situada 45 kms al SW de Malargüe se ubican varios depósitos cuprouraníferos, alojados en distintos niveles de sedimentos arenoso-conglomerádicos, (Figura 8), (1), (20), (49).

En Mina Huemul se localizó un cuerpo, con 100 m de longitud en el afloramiento y 360 en dirección del buzamiento a profundidad, con un espesor medio de 1,5 m.

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

La mineralización, asociada con material asfáltico y sulfuros de cobre, está constituida por uraninita y vanadatos de uranio, (24), (54).

./

./17.-

La Mina Huemul que pertenece a la CNEA, abasteció durante varios años a Fábrica Malargüe, a un ritmo de 20.000 t/ anuales. Restan reservas económicas para 3 años, las que podrían duplicarse si se recurre a minerales de mayor costo de beneficio.

Se presume que otros depósitos del distrito, pertenecientes a particulares y muy ricos en cobre, serán desarrollados para abastecer igualmente a Planta Malargüe, (21).

V.8. Ambiente del Chubut Central

Agrupar varios distritos uraníferos; con alrededor de 50 indicios mineralizados, descubiertos mediante prospección aérea, (6), (8), (9).

Distrito Sierra Cuadrada: Con los yacimientos "Sierra Cuadrada E y W", etc, (17).

Distrito Paso de Indios: Yacimientos "Los Adobes", "Pichiñán", "C° de Los Chivos", "Carhué Niyeu", etc. (20), (33), (34), (35).

Distrito Río Chico: Yacimientos "Cañadón Gato", "Cañadón Krueger", etc., (17).

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 lenticular, de 150 m de diámetro y 10 m de espesor máximo, alojado en sedimentos arenosos y conglomerádicos, con una ley media de 0,18 % de U_3O_8 .

Los minerales presentes son silicatos y fosfatos de uranio.

Si bien las reservas certificadas desarrolladas al presente no son de envergadura (200 t U_3O_8), resultan en cambio de muy fácil beneficio y se las pondrá en explotación de inmediato.

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

./

V.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, de escaso interés económico individual, permitieron el descubrimiento de importantes yacimientos de uranio, en la Sierra Pintada, en la provincia de Mendoza, (Fig.2), (14).

La casi totalidad de los yacimientos se alojan en areniscas de la Formación Cochicó que afloran desde Sierra de Las Peñas, Arroyo del Tigre-Cuesta de los Terneros, Los Mesones, hasta El Nihuil, (Figura 10), (30), (41), (43).

La mineralización del principal distrito, aún insuficientemente explorado al presente, circunscripta con prospección de superficie (radimetría) o del subsuelo poco profundo (emanometría) se ubica al oeste del cerro Bola, desde Los Reyunos hasta el pie de la Cuesta de los Terneros.

La constelación más densa de cuerpos mineralizados ("Tigre I, II, y III"; "Media Luna I, II y III"; "Gaucha I, II y III"; "Los Chañares", "La Caverna" y "La Ollada"), agrupados como yacimiento nuclear "Dr. Baulies", en homenaje al distinguido colega desaparecido, y su continuación hacia el norte ("La Terraza"), parecen responder a un típico control sedimentario, alojándose los mismos en el tercio superior del Miembro "Areniscas Atigradas" de la F. Codicó, constituido por areniscas tobáceas y arcósicas, rojizo-amarillentas, de aporte eólico y fuerte estratificación entrecruzada. Su emplazamiento corresponde al flanco occidental de una estructura anticlinal, la que se encuentra profusamente fracturada en bloques, que acusan movimientos diferenciales de variada intensidad.

La mineralización (uraninita y uranofano), aparece en los afloramientos asociada con impregnaciones hematíticas rojo ladrillo, de formas un tanto irregulares, pero en profundidad se documenta un ajustado control litoestratigráfico, individualizándose varios niveles preferenciales portadores, los que pueden inte-

grar 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 1,30 % U_3O_8 .

La exploración física cumplida al presente (200 m de labores subterráneas y 30.000 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 9).

Una estimación grosera de las reservas razonablemente aseguradas 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 , lo que sumado a su excepcional ubicación (proximidad a vías troncales de comunicación y a la ciudad de San Rafael, 30 kms), confiere ya a este Distrito indudable valor, (15)

La morfología, posición espacial y dimensiones del cuerpo principal ("Tigre I" - "La Terraza"), harían posible su explotación minera a cielo abierto, lo que aseguraría condiciones económicas de beneficio más convenientes, (Figura 12), (45).

La regularidad de los depósitos reconocidos, las características altamente favorables de las areniscas portadoras, la segura evidencia de circulación de soluciones fértiles, el control estratigráfico que precede 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, (41).

VI. RECURSOS Y POTENCIAL URANIFERO ARGENTINOS

A partir del Simposio Internacional sobre Recursos y Posibilidades Uraníferas, celebrado en Buenos Aires en 1960, con asistencia de los principales países productores y consumidores;

se hizo necesaria la adopción de una rígida 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 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", resultando las siguientes categorías, (18), (20), (37), (38), (47), (52):

- 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 , (37).

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 convencionales, 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 toma en consideración en aquellos países que no tienen suficien-

tes 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 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, (18), (20), (36),(37),(38).

1°) Reservas

2°) Recursos razonablemente asegurados

3°) 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 desarrollada para dichos minerales.

Como "recursos razonablemente asegurados", categoría impuesta por el OIEA-OEEN, 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, según los métodos 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 (US\$ 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 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.

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 aunque insuficientemente explorados, 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 adiciones 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", "Comechingones", "Sierra Pintada", "Los Adobes", "Pichiñán", etc); frecuencia de la aparición de cuerpos o niveles mineralizados satélites de los mayores ("Dr. Baulies", "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 concretas 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 8 y 10 años.

Las reservas y los recursos uraníferos argentinos, distribuidos en los principales distritos y clasificados de acuerdo al grado de aprovechamiento inmediato y mediano, a la seguridad en su determinación y a las distintas categorías de costos para la obtención del "yellow-cake" se indican en las figuras 13 y 14. La descripción de los principales yacimientos se encuentra en los trabajos publicados o inéditos que se enumeran en la lista bibliográfica que acompaña al presente.

En síntesis, las reservas y recursos uraníferos argentinos, tabulados por costos y categorías, son al 30/6/72, los siguientes:

RESERVAS Y RECURSOS URANIFEROS ARGENTINOS

EN t U₃O₈

Al 30/6/72

CATEGORIAS	COSTOS U\$S/lb U ₃ O ₈	8-10	10-15	15-30	TOTALES PROGRE- SIVOS
R RESERVAS (Incluyen "M. Inferido")		8.300	3.000	5.000	16.300
	SUBTOTALES PROGRESIVOS	8.300	11.300	16.300	
RRA RECURSOS RAZONABLEMENTE ASEGURADOS		3.600	6.100	9.800	35.800
	SUBTOTALES PROGRESIVOS	3.600	9.700	19.500	
RAP RECURSOS ADICIONALES POSIBLES		10.200	13.200	29.500	
	SUBTOTALES PROGRESIVOS	10.200	23.400	52.900	
SUBTOTALES SEGUN COSTOS		22.100	22.300	44.300	88.700
		44.400			

VII. DEMANDA DE URANIO

Los requerimientos de la Central de Atucha (40 a 50 t U/año), constituyen los únicos concretos que tiene a la fecha la CNEA, los que pueden ser abastecidos durante varios años con la capacidad de las instalaciones actuales (Complejos "Don Otto" - Fábrica Córdoba y Mina "Huemul" - "Fábrica Margüé"); las que se encuentran en construcción en "Los Adobes" (Chubut) o la posibilidad de incorporar el Distrito Comechingones (San Luis), (12), (50), (52).

Sobre la base del Plan Nuclear a 10 años y el Programa de Construcción de Centrales Nucleares (una de 600 MW por año, hasta 1980 y una de 1.000 MW durante cada uno de los primeros años de dicha década), el Comité del Programa I elaboró 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 (47). Dichas estimaciones fueron actualizadas en un reciente informe al Poder Ejecutivo Nacional.

De acuerdo con tales hipótesis, las "reservas comprobadas" actuales (Figura 15), beneficiables a costos del orden de 10 U\$S/lb U_3O_8 y considerando solamente las de los yacimientos de mayor volumen, serían suficientes para satisfacer los requerimientos de la última estimación citada hasta 1986.

Si se considerasen en cambio los "recursos razonablemente asegurados", a costos de U\$S 10/lb U_3O_8 , alcanzarían hasta 1989, o hasta 1993, si se agregan los 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, alcanzarían aproximadamente hasta el año 2.000.

La satisfacción de la demanda, a partir de 1977 se centrará en la instalación de una planta en el Distrito Sierra Pintada, cuya capacidad, si se la limita a las reservas razonablemente certificadas hasta el presente, debería ser del orden de 400 t U/año, lo que significaría la extracción de 6.000 t U_3O_8 del yacimiento, en un período de 10 años.

El potencial del Distrito, de obtenerse los recursos necesarios para su exploración y desarrollo, ofrece inmejorables perspectivas para instalar un modulo similar (duplicando la capacidad de la planta), con cinco o seis años de retardo.

Debe advertirse que desde el momento en que se resuelva la construcción de dicha planta, hasta su puesta en operación, a plena capacidad, se requerirá, como mínimo, un plazo de 5 años, de acuer-

do a lo siguiente:

- Ensayos hidrometalúrgicos	1.0 años
- Licitación y adjudicación	0.5 años
- Proyecto y construcción	3.0 años
- Puesta a punto	<u>0.5 años</u>
Total	5.0 años

A fin de asegurar la continuidad del abastecimiento de minerales, a partir de 1986, los programas inmediatos de la GMP tenderán a:

- 1º. Intensificar la exploración en Sierra Pintada (Mendoza), a fin de pasar la estimación de 5.000 t de U_3O_8 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.
- 3º. Proseguir la prospección en amplios sectores favorables de la Patagonia.
- 4º. Continuar con la exploración y explotación en el Distrito Tonco Amblayo (Salta).
- 5º. 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 U_3O_8 .

VIII BIBLIOGRAFIA

- (1) - ACHEN, H. y GUERRERO, F., Informe sobre la prospección de minerales nucleares efectuada en la zona de Ranquil-Co, Malar Güe. Inf. Inéd. Ger. Mat. Prim., CNEA, 1959.
- (2) - ANGELELLI, V., Distribución y características de las manifestaciones y depósitos uraníferos de la República Argentina. Primera Conf. Intern. de las Naciones Unidas sobre la utiliz. de la Energ. Atóm. con Fines Pacíf., 1955.
- (3) - ANGELELLI, V., Características de nuestras manifestaciones y depósitos uraníferos vetiformes. Anal. las. Jorn. Geol. Arg., Vol. 2, San Juan, 1960.
- (4) - ANGELELLI, V. y ORTEGA FURLOTTI, A., Contribución al conocimiento de las lutitas uraníferas de la provincia de San Juan (Argentina). Segunda Conf. Intern. de las Naciones Unidas sobre la Utiliz. de la Energ. Atóm. con Fines Pacíf., 1958.
- (5) - ANTONIETTI, C.E. y PARERA, C.A., Afloramientos radiactivos en areniscas permo-carbónicas entre Jáchal y Guandacol. Su importancia económica. Anales Prim. Jorn. Geol. Argent., San Juan, 1960, III. Buenos Aires, 1962.
- (6) - ANZULOVICH, J. y BELCASTRO, H., Anomalías descubiertas por prospección aérea. Período 1960-62. Zona Río Chubut Norte. Inf. inéd. Ger. Mat. Prim., CNEA, 1963.
- (7) - AVE LALLEMENT, G., Mineralogische Mitteilungen aus der Argentinischen Provinz San Luis, IV. Napp's La Plata Monatschrift, 10, 147, 1874.
- (8) - BELCASTRO, H., Informe sobre la prospección aérea en la zona del río Chubut medio. Inf. Inéd. Ger. Mat. Prim., CNEA., 1961
- (9) - BELCASTRO, H., SALINAS, H.; ANZULOVICH, J. y RASO, M.P., Las manifestaciones uraníferas en los depósitos continentales del chubutense Superior. Anal. Prim. Jorn. Geol. Argent. San Juan III, 1960. Buenos Aires, 1962.
- (10) - BELLUCO, A.E., Informe del Plan de Exploración desarrollado en el yacimiento nuclear "Soberanía". Inf. Inéd. Ger. Mat. Prim. CNEA, 1960.

- (11) - BRODTKORB, M.K. de, Mineralogía y consideraciones genéticas del yacimiento "Huemul", provincia de Mendoza. Rev. Asoc. Geol. Arg. T. 21, B. Aires, 1966.
- (12) - CECCHETTO, A.M.; COPPA, R.C.; DEL BOCA, R.; LICHA, A. y STIPANICIC, P.N.; Aplicación de la lixiviación en pilas ("heap leaching") en el tratamiento de minerales argentinos. Tercera Conf. Intern. de las Naciones Unidas sobre la Utiliz. de la Energ. Atómi. con Fines Pacíf., 1964.
- (13) - COCO, A.L.; Informe sobre prospección aérea zona norte de San Juan-sur de La Rioja. Inf. Inéd. Ger. Mat. Prim. CNEA, 1961.
- (14) - COCO, A.L., Relevamiento sobre áreas anómalas Los Reyunos-El Tigre-Los Chañares. Inf. Inéd. Ger. Mat. Primas, CNEA. Buenos Aires (1968).
- (15) - DAVIDS, N.H., Informe anual de Reservas 1970. Inf. Inéd. Ger. Mat. Prim. CNEA, 1971.
- (16) - DEL VO, A.J.C. y DAVIDS, N.C., Aspectos salientes de las concentraciones uraníferas del Chihuido del Medio, Depto. Añelo (Prov. Neuquén). Anal. Prim. Jorn. Geol. Argent., San Juan, III, Buenos Aires, 1962.
- (17) - 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. Argent., San Juan, III., 1960. Buenos Aires (1962).
- (18) - EUROPEAN NUCLEAR ENERGY AGENCY, Uranium resources. Revised estimates. Rep. ENEA, París, 1967.
- (19) - FRIZ, C.T., GAMBA, J.L., JEMMA, R.J.A., MARINKEFF, K. y MARTINEZ, C.G.; Técnicas de prospección aérea radiométrica y emanométrica terrestre aplicadas en la República Argentina. Tercera Conf. Intern. de las Naciones Unidas sobre la Utiliz. de la Energ. Atóm. con Fines Pacíf., 1964.
- (20) - FRIZ, C.T.; RODRIGO, F.; y STIPANICIC, P.N., Recursos y posibilidades uraníferas de la Argentina. Tercera Conf. Intern. de las Naciones Unidas sobre la Utiliz. de la Energ. Atóm. con fines pacíf. 1964.

- (21) - KROGER, J., Informe sobre los trabajos realizados en la manifestación nuclear "Cerro Mirano". Inf.Inéd.Ger.Mat.Prim. CNEA, 1962.
- (22) - LATORRE, C.O., Los yacimientos cuprouraníferos de Rahue-Có Neuquén, con referencia a la geología de la zona. Rev. Asoc. Geol.Arg.Vol.XVII, Nº 1-2. Buenos Aires, 1962.
- (23) - LATORRE, C.O., Informe preliminar sobre las condiciones geológicas y mineralógicas de las manifestaciones cuprouraníferas de Rahueco-Prov.de Neuquén. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA, 1960.
- (24) - LINARES, E.; El yacimiento Co.Huemul, Malargüe, Prov.de Mendoza, Tesis Inéd.Univ.Buenos Aires, 1956.
- (25) - LINARES, E. y TIMONIERI, A., Informe preliminar geológico-minero del yacimiento "Rodolfo", Cosquín, Córdoba. Inf. Inéd.Ger.Mat.Primas, CNEA, 1960.
- (26) - LUCERO, H.N., Informes (6) sobre las minas Sañogasta, San Sebastián y Santa Brígida. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas, CNEA. 1963.
- (27) - LUCERO, H.N.; Evaluación preliminar de las reservas uraníferas del Distrito Guandacol. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas.CNEA, 1964.
- (28) - LUCERO, H.N. 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.
- (29) - 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.
- (30) - MAZZIERI, G.; PEREZ, E. y PRIETO, A.O.; Informe sobre los resultados de la exploración geológico-minera en el braquianticlinal del Tigre y sus manifestaciones nucleares más importantes. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas.CNEA.Mendoza, 1971.

- (31) - NOYA, J.M., Propuesta de sondeos para perforación de Co. Urcuschum. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas.CNEA, 1965.
- (32) - NOYA, J.M., Informe preliminar sobre la manifestación nuclear "La Despedida", Depto.Guachipas, Prov.Salta.Inf. Inéd.Ger.Mat.Prim., CNEA, 1965.
- (33) - OLSEN, H., Yacimiento "Los Adobes", Departamento Paso de Indios, provincia de Chubut. Anal. IIas.Jorn.Geol.Arg. Vol.I, Salta, 1963.
- (34) - OLSEN, H., Trabajos de evaluación realizados en el yacimiento "Los Adobes", Depto.Paso de Indios (Prov.Chubut).Inf. Inéd.Ger.Mat.Primas. CNEA, 1964.
- (35) - OLSEN, H., Prospección del área "Los Adobes", Depto.Paso de Indios, Prov.Chubut.Inf.Inéd.Ger.Mat.Prim.CNEA, 1964.
- (36) - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, World Uranium and Thorium Resources. European Nuclear Energy Agency, París, 1965.
- (37) - OIEA y AEEN, Uranio, recursos, producción y demanda. Inf. conj.OIEA-AEEN, Viena, 1970.
- (38) - PANEL OF IAEA, Uranium exploration geology, Proceedings, IAEA, Vienna, 1970.
- (39) - PARERA, C.A. e IBAÑEZ, M., Yacimiento uranífero "Don Otto" y demás afloramientos del área Tonco-Amblayo. Segundas Jorn.Geol.Arg., Salta, 1963.
- (40) - RODRIGO, F., La prospección de uranio. Planificación y selección de métodos. Curso Reg.de Capacit.en la Prospec.de uranio. OIEA-CNEA., Buenos Aires, 1969.
- (41) - RODRIGO, F., Descubrimiento de importantes yacimientos de uranio de la Sierra Pintada, San Rafael, provincia de Mendoza. Mundo Geológico, Nº 4, Buenos Aires, 1971.
- (42) - 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.

./31.-

- (43) - RODRIGUEZ, E.J. y VALDIVIEZO, A., Exploración geológica semiregional Sierra Pintada. Inf.Inéd.Ger.Mat.Primas, CNEA. Mendoza, 1970.
- (44) - SACCONE, 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.Prim.CNEA., 1963.
- (45) - SOMARUGA, J.B.; Primer anteproyecto de explotación de los sectores Tigre y La Terraza, en el Distrito Sierra Pintada, Departamento San Rafael, Mendoza, Inf.Inéd.Ger.Mat.Prim. CNEA, Buenos Aires, 1972.
- (46) - STIPANICIC, P.N., Las materias primas nucleares en la Argentina. Ger.Mat.Prim., CNEA, 1962.
- (47) - STIPANICIC, P.N.; Perspectivas sobre los recursos y la demanda de uranio en la Argentina. Inf.Inéd.GMP.CNEA., Buenos Aires, 1972.-
- (48) - STIPANICIC, P.N.; BAULIES, O.L.; RODRIGO, F.; y MARTINEZ, C.G.: Los depósitos uraníferos en rocas sedimentarias de la República Argentina. Prim.Jorn.Geolog.Arg., San Juan, III, 1960. Buenos Aires, 1962.
- (49) - STIPANICIC, P.N.; BAULIES, O.L.; RODRIGO, F. y MARTINEZ, C.G.; Depósitos uraníferos argentinos con control sedimentario. IV.Sim.Interam.Aplic.Pacíf.Energ.Nuclear, México, 1963.
- (50) - STIPANICIC, P.N. y RODRIGO, F.; Nuevas posibilidades de aprovechamiento económico de algunos yacimientos metalíferos. Segundas Jorn.Geol.Arg., Salta, 1963.
- (51) - 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.
- (52) - STIPANICIC, P.N. y RODRIGO, F.; Recursos y Producción de uranio. Inf.Inéd.GMP.CNEA, 1971.

./

- (53) - STIPANICIC, P.N.; RODRIGO, F.; BELLUCO, A.; DAVIDS, N., Estado actual y evolución de los recursos uraníferos argentinos. Inf. Inéd. CNEA, 1965.
- (54) - STIPANICIC, P.N.; RODRIGO, F.; FRIZ, C.J.T.; y LINARES, E., Provincias uraníferas argentinas. XXXIII Cong. Geol. Intern., Praga, 1968.
- (55) - SUGIER, P., Estudio de la posibilidad de tratamiento económico del mineral de Cosquín. Inf. Inéd. Ger. Mat. Prim. CNEA, 1963.

ldbv.

Fig. 1

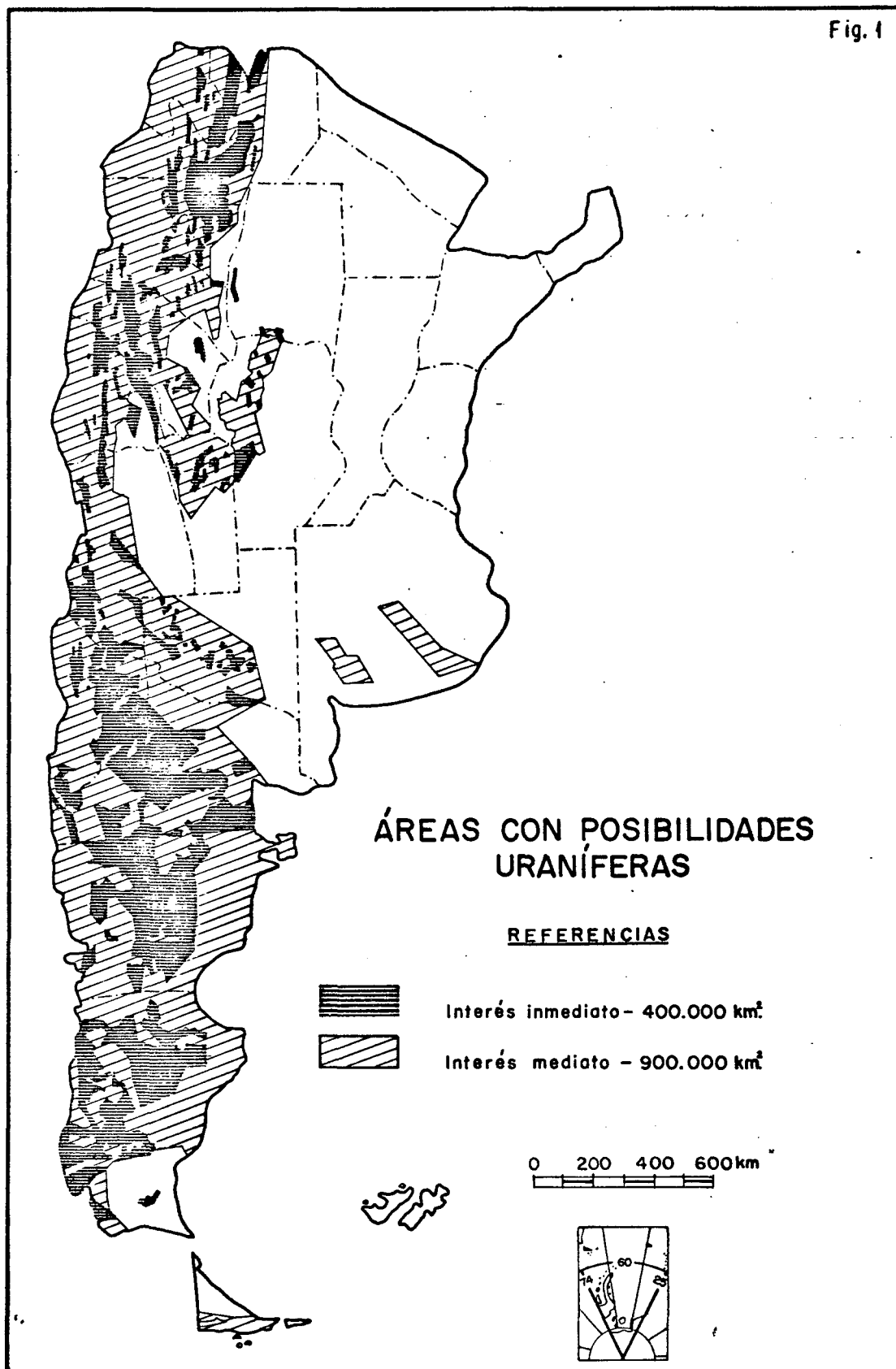


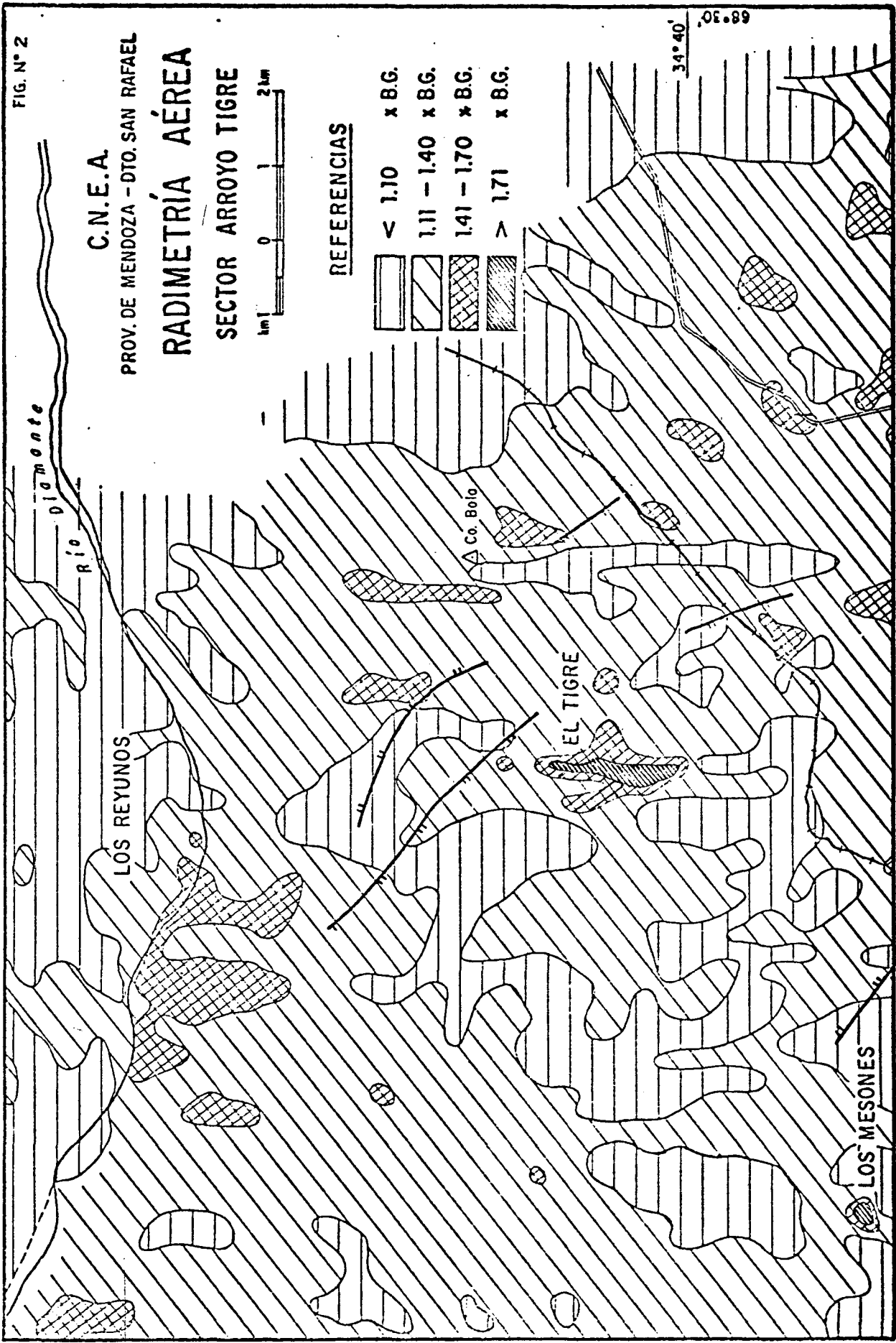
FIG. N° 2

C.N.E.A.
PROV. DE MENDOZA - DTO. SAN RAFAEL
RADIMETRÍA AÉREA
SECTOR ARROYO TIGRE



REFERENCIAS

	< 1.10	x B.G.
	1.11 - 1.40	x B.G.
	1.41 - 1.70	x B.G.
	> 1.71	x B.G.



34° 40'
68° 30'

Fig. 3

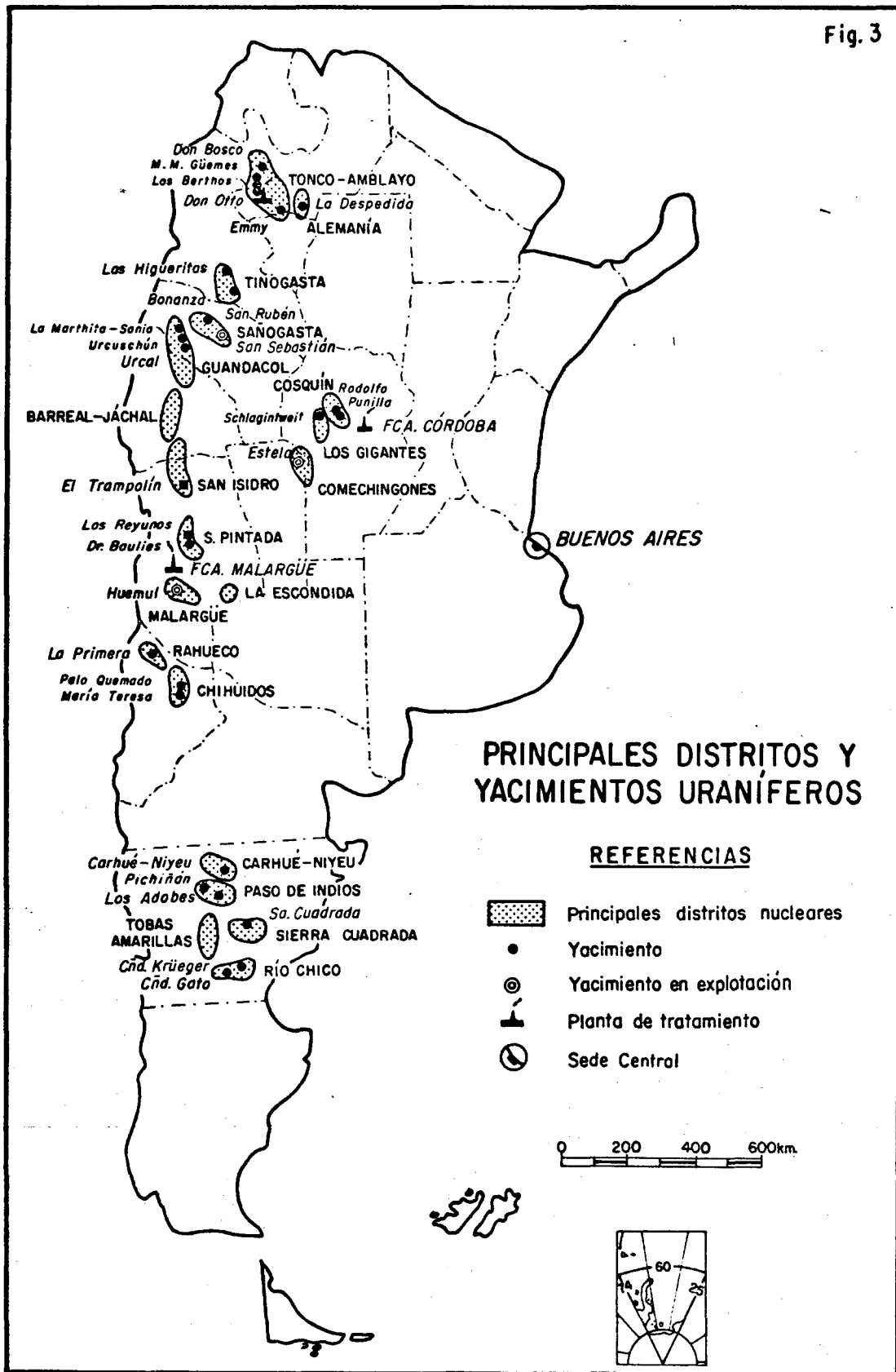
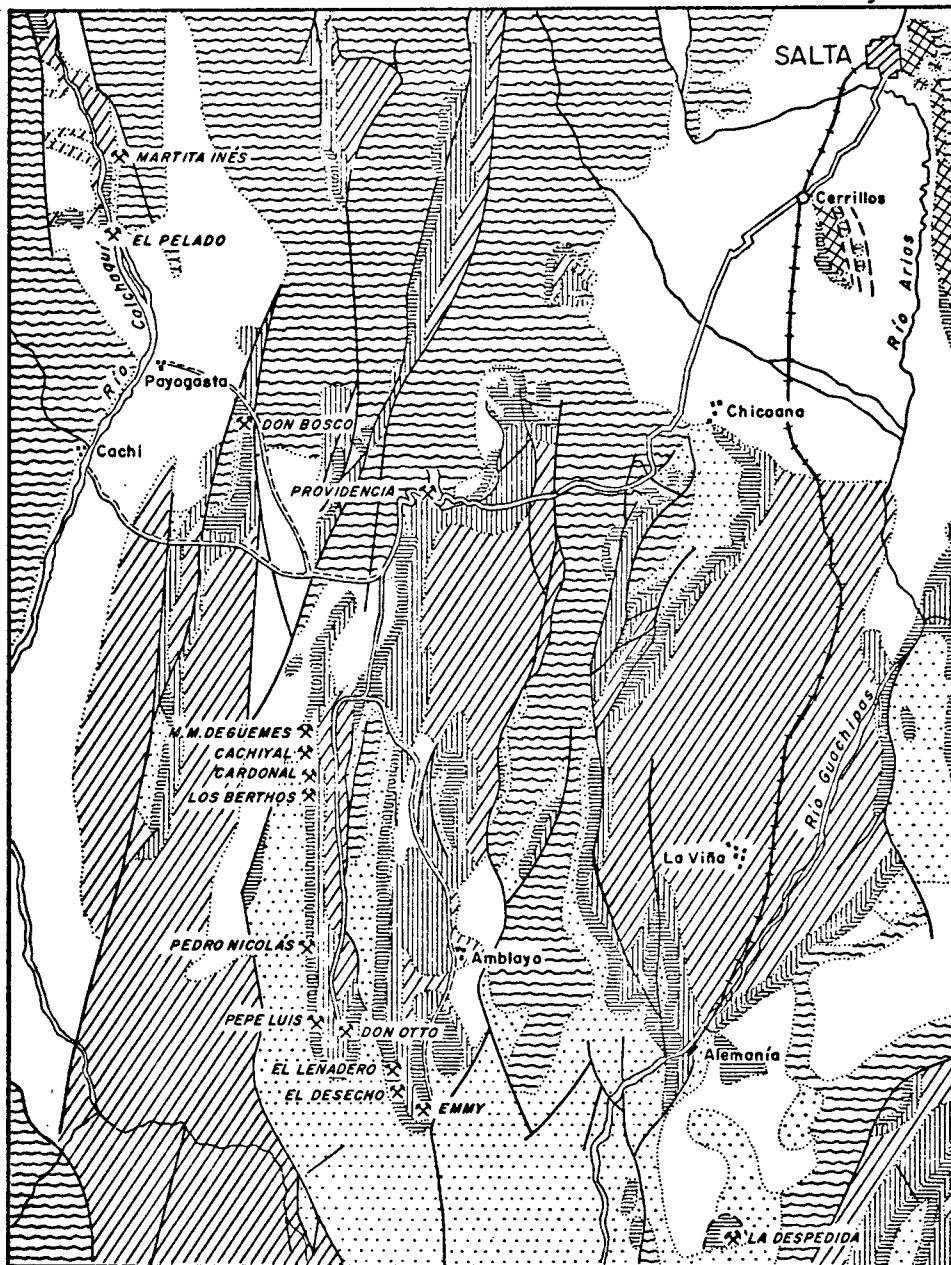


Fig. 4



GEOLOGÍA REGIONAL Y UBICACIÓN DE LOS YACIMIENTOS URANÍFEROS EN EL DISTRITO LA POMA - SAN CARLOS (PROV. DE SALTA)

- | | |
|---|--|
|  Terciaria |  Ordovícica |
|  Margas Multicolores |  Antecámbrico |
|  Horizonte Calcáreo Dolomítico |  Yacimiento uranífero |
|  Areniscas Inferiores | |

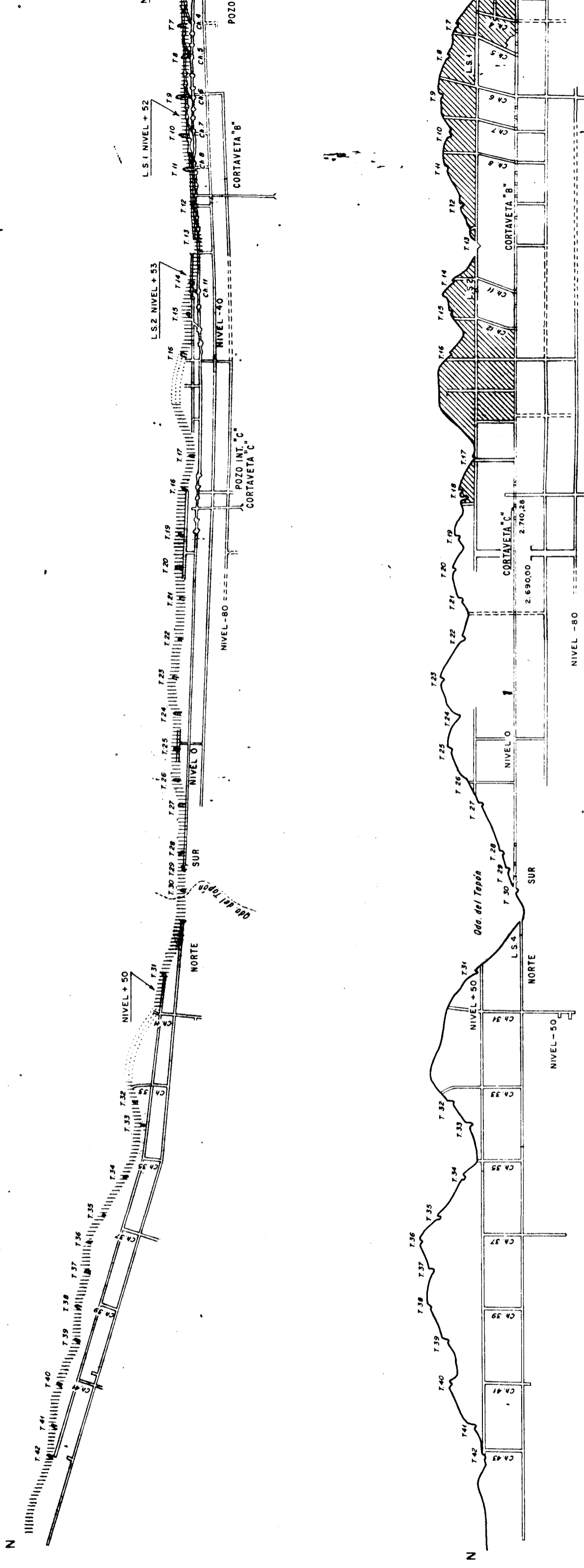
5 km 0 5 10 15 20 km



MINA NUCLEAR
SAN CARLOS - PROVIN

ESTADO DE LOS TRABAJOS DE EXPLORACION

JUNIO 1972



ETAPAS DE DESARROLLO

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

REFERENCIAS

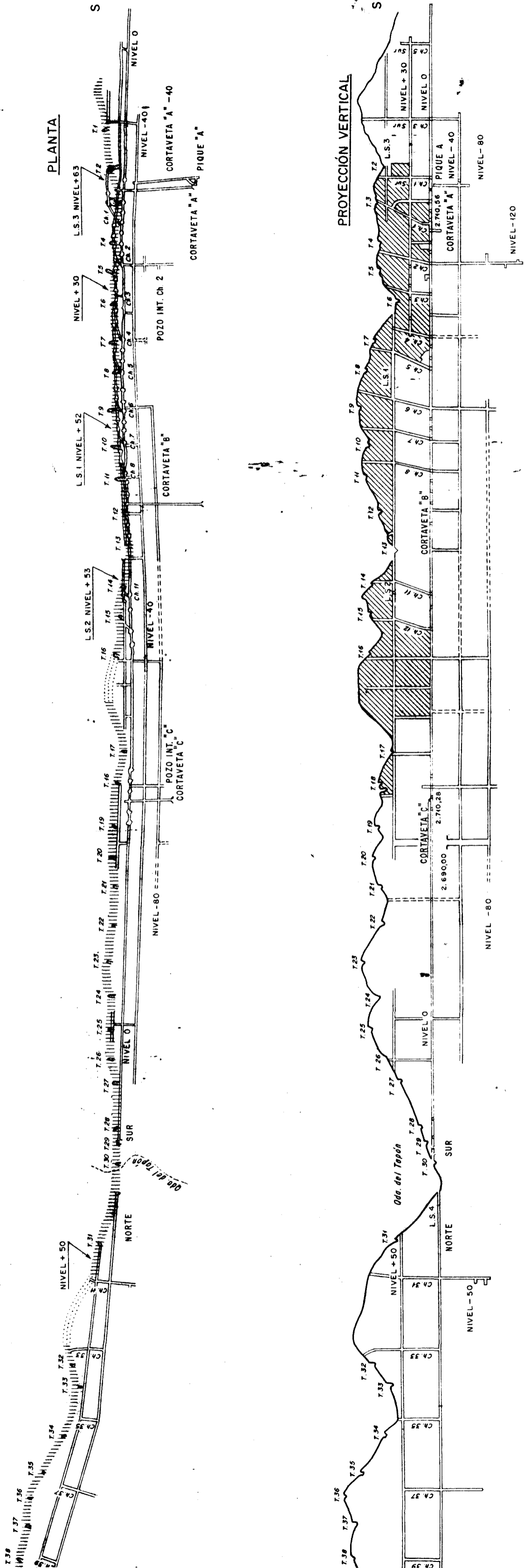
- T. Trinchera
- Ch. Chimenea
- ||||| Afioramiento banco mineralizado
- ▨ Zonas explotadas

MINA NUCLEAR "DON OTTO"

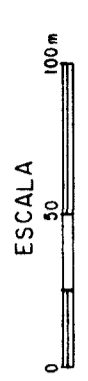
SAN CARLOS - PROVINCIA DE SALTA

ESTADO DE LOS TRABAJOS DE EXPLORACIÓN, PREPARACIÓN Y EXPLOTACIÓN

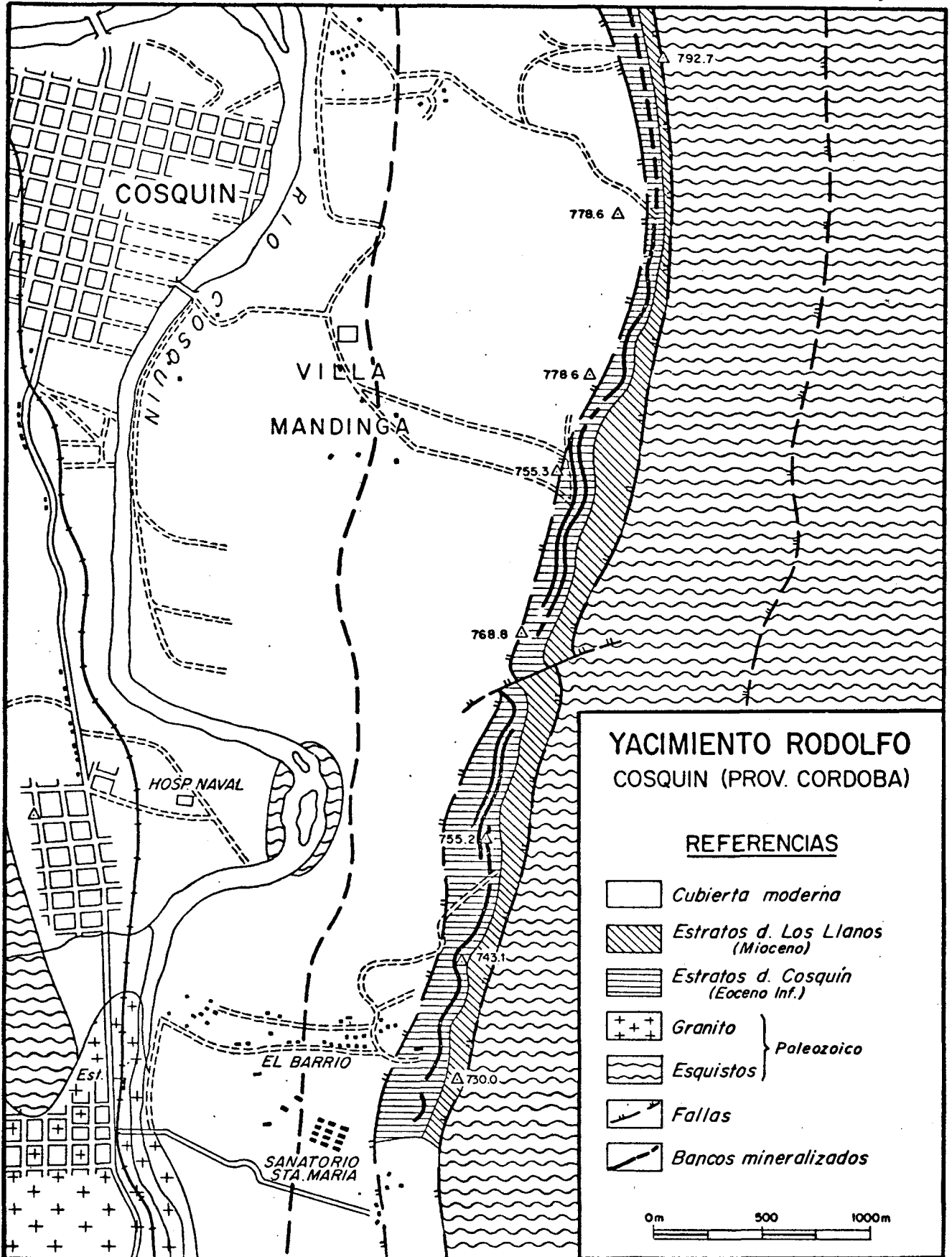
JUNIO 1972



REFERENCIAS
 T Trinchera
 Ch Chimenea
 Afloramiento banco mineralizado
 Zonas explotadas

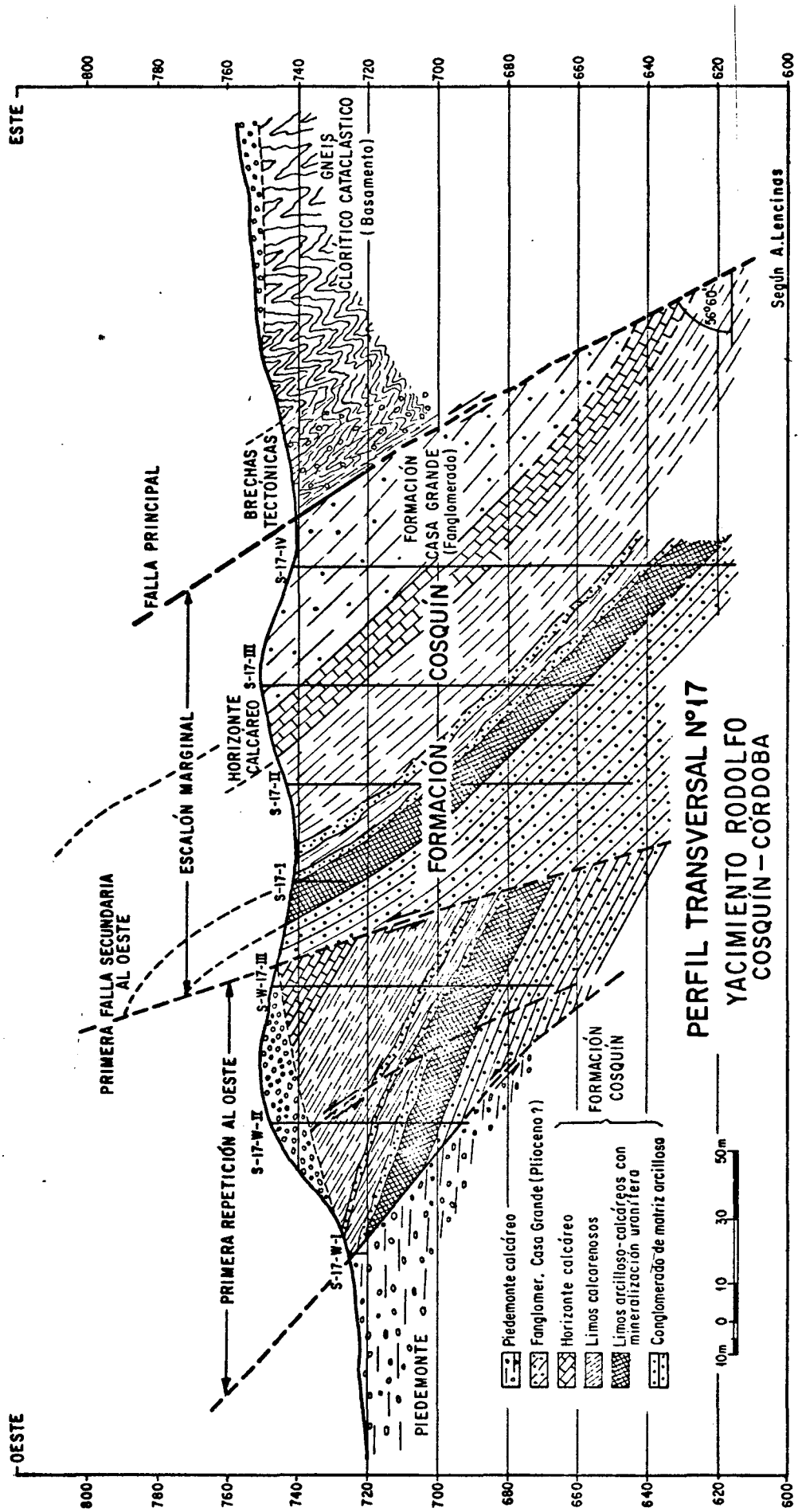


ETAPAS DE DESARROLLO
 - Cortavetas superficiales cada 50m
 - Cortavetas subterráneas profundas (L.S.1, etc.)
 - Cortavetas (A, B y C) y labores sobre Nivel "0"
 - Cortavetas -40 m y -80, desde pozos internos



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

Fig. 7



MINA NUCLEAR HUEMUL

(MALARGÜE - PROVINCIA DE MENDOZA)

INSTALACIONES Y ESTADO DE LOS TRABAJOS DE EXPLORACIÓN Y PREPARACIÓN

(JUNIO DE 1972)

Fig. 8

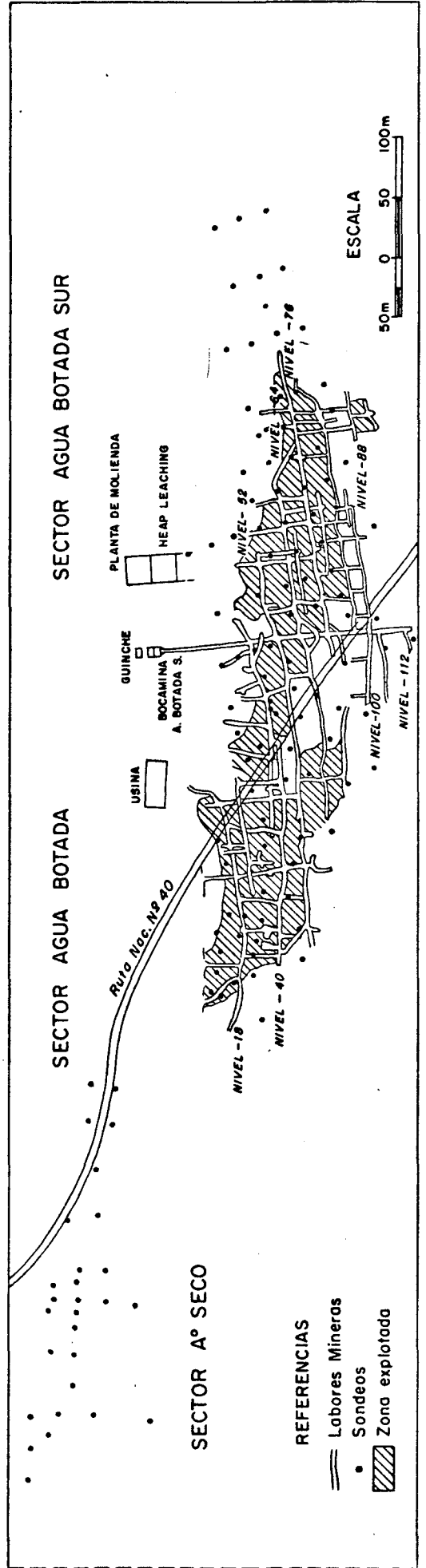
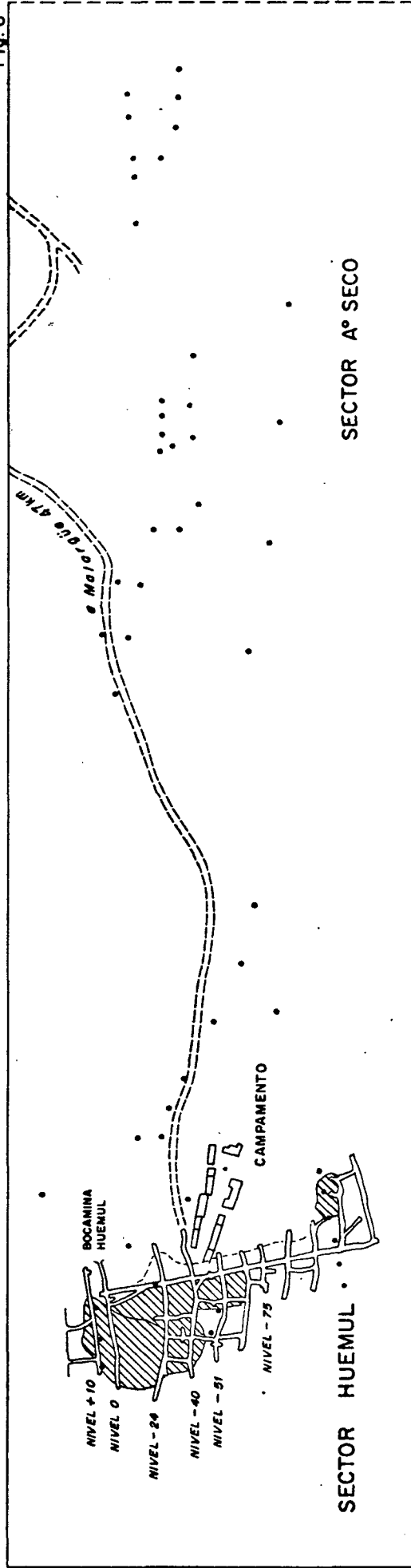
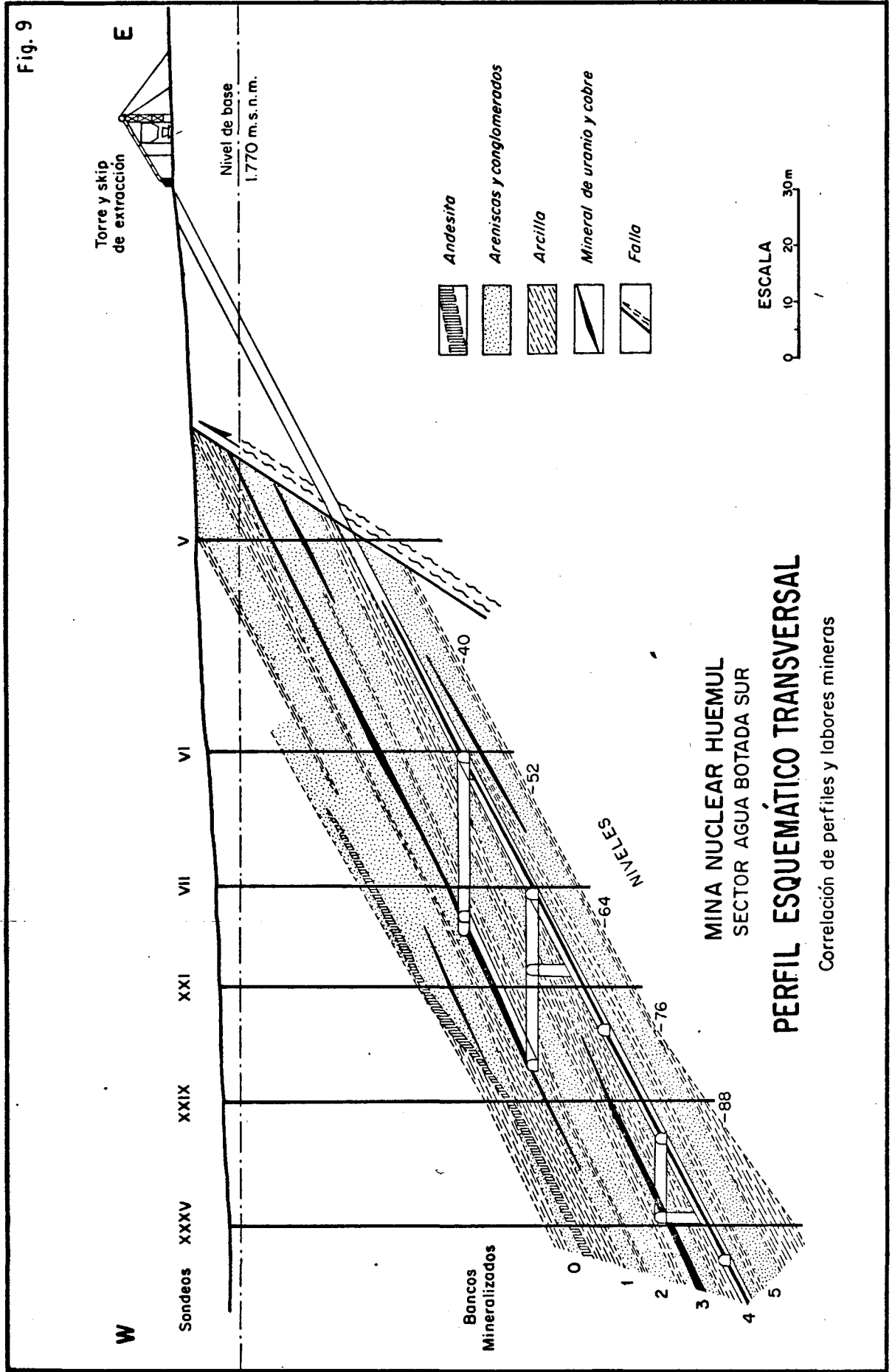


Fig. 9



MINA NUCLEAR HUEMUL
SECTOR AGUA BOTADA SUR
PERFIL ESQUEMÁTICO TRANSVERSAL

Correlación de perfiles y labores mineras

ESCALA
0 10 20 30m

Fig. 10

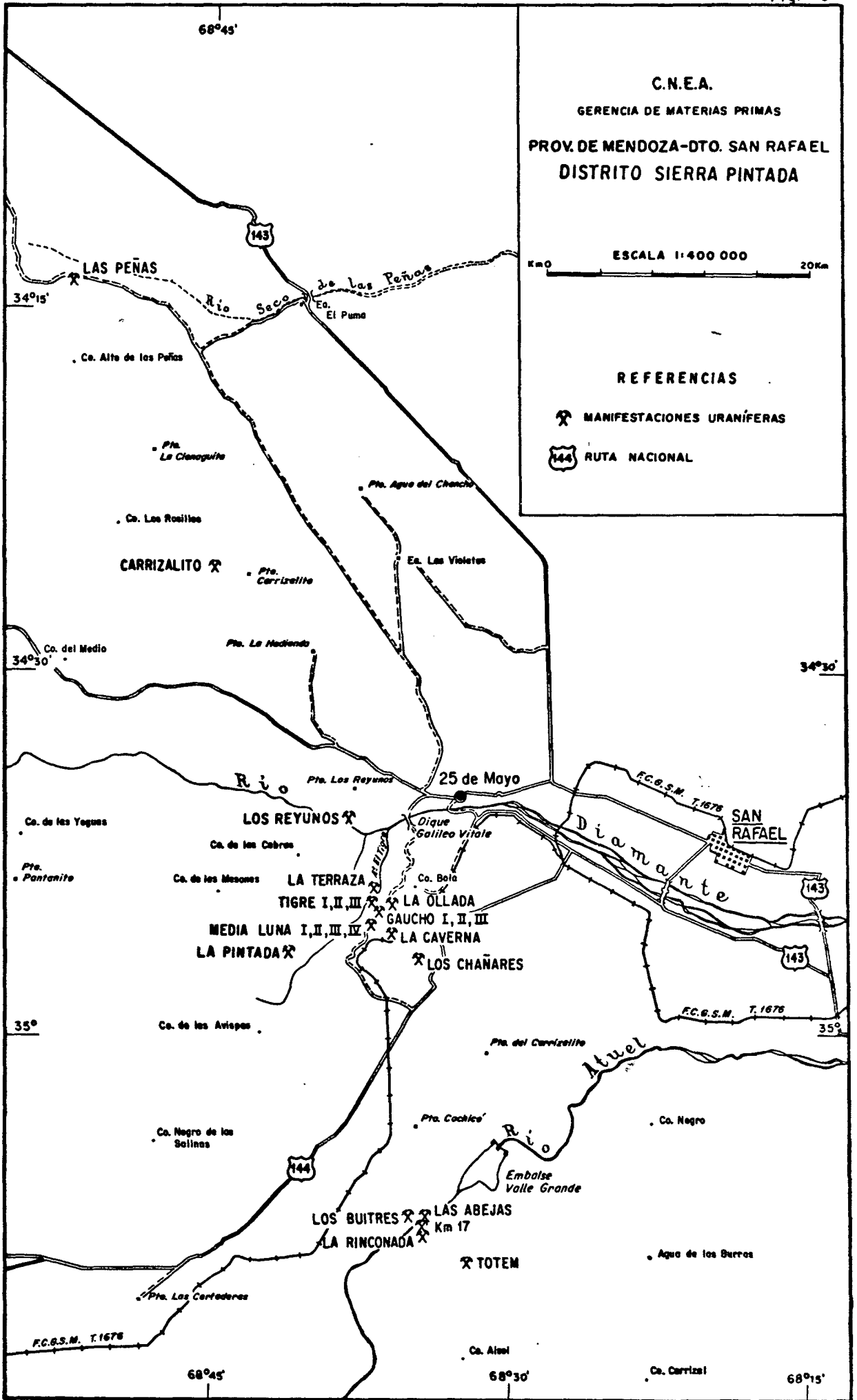


Fig. 11

C.N.E.A.

GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS

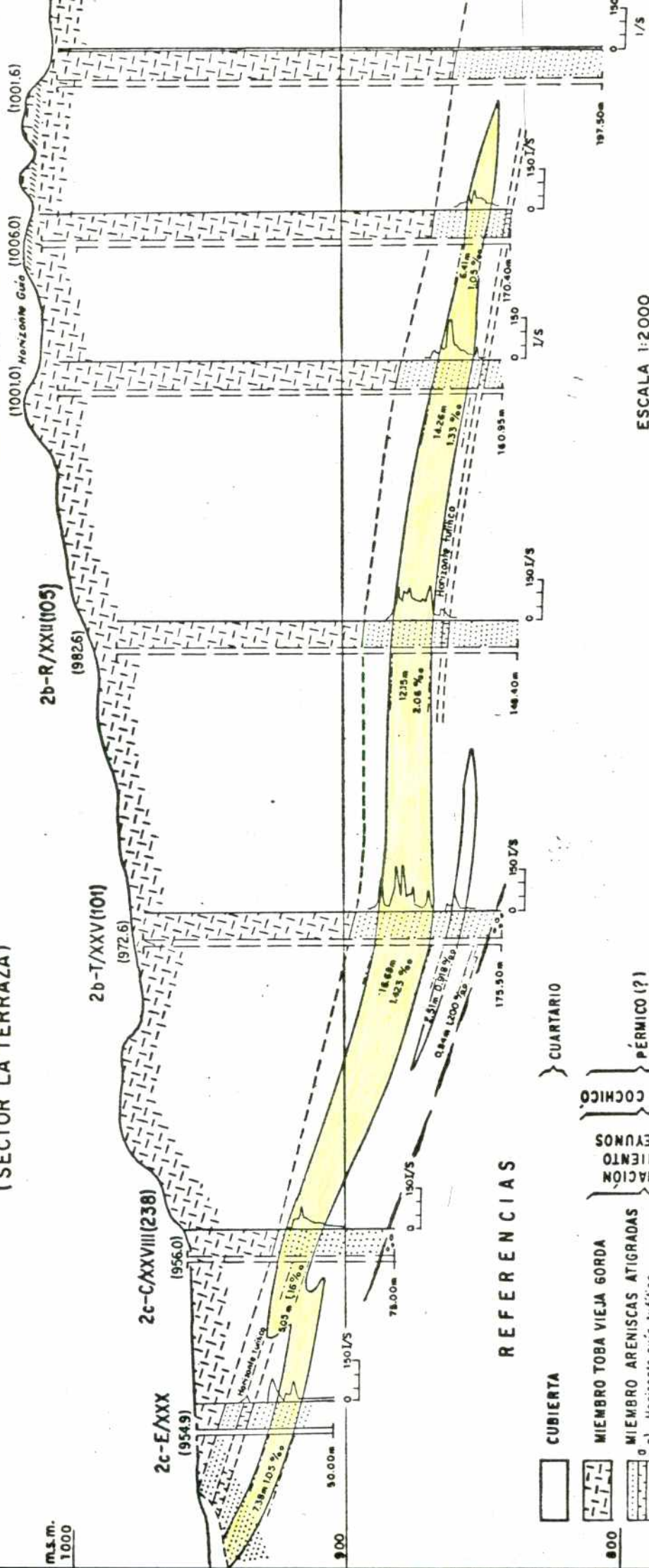
PROVINCIA DE MENDOZA - DTO. SAN RAFAEL

PERFIL GEOLÓGICO LONGITUDINAL

(SECTOR LA TERRAZA)

O.S.O.

E.N.E.



REFERENCIAS

- CUBIERTA
 - MIEMBRO TOBA VIEJA GORDA
 - MIEMBRO ARENISCAS ATIGRADAS
 - a) Horizonte guía tufilco
 - MIEMBRO PSEFÍTICO
 - Conglomerados y fanglomerados
 - MINERALIZACIÓN DE URANIO
-
- CUARTARIO
 - GRUPO COCHICO
 - FORMACION LOS REYUMOS
 - PÉRMICO (?)

m.s.m.
1000

800

GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS

PROV. DE MENDOZA - DTO. SAN RAFAEL

DISTRITO URANÍFERO SIERRA PINTADA

YACIMIENTOS "DR. BAULIES" y "LOS REYUNOS"

SECTORES TIGRE I y LA TERRAZA

**ZONEOGRAFÍA DE MINERAL ECONÓMICO
BOSQUEJO DE CANTERA Y DESVÍO ARROYO EL TIGRE**

Por
F. Rodrigo y J. B. Somaruga

N.V.

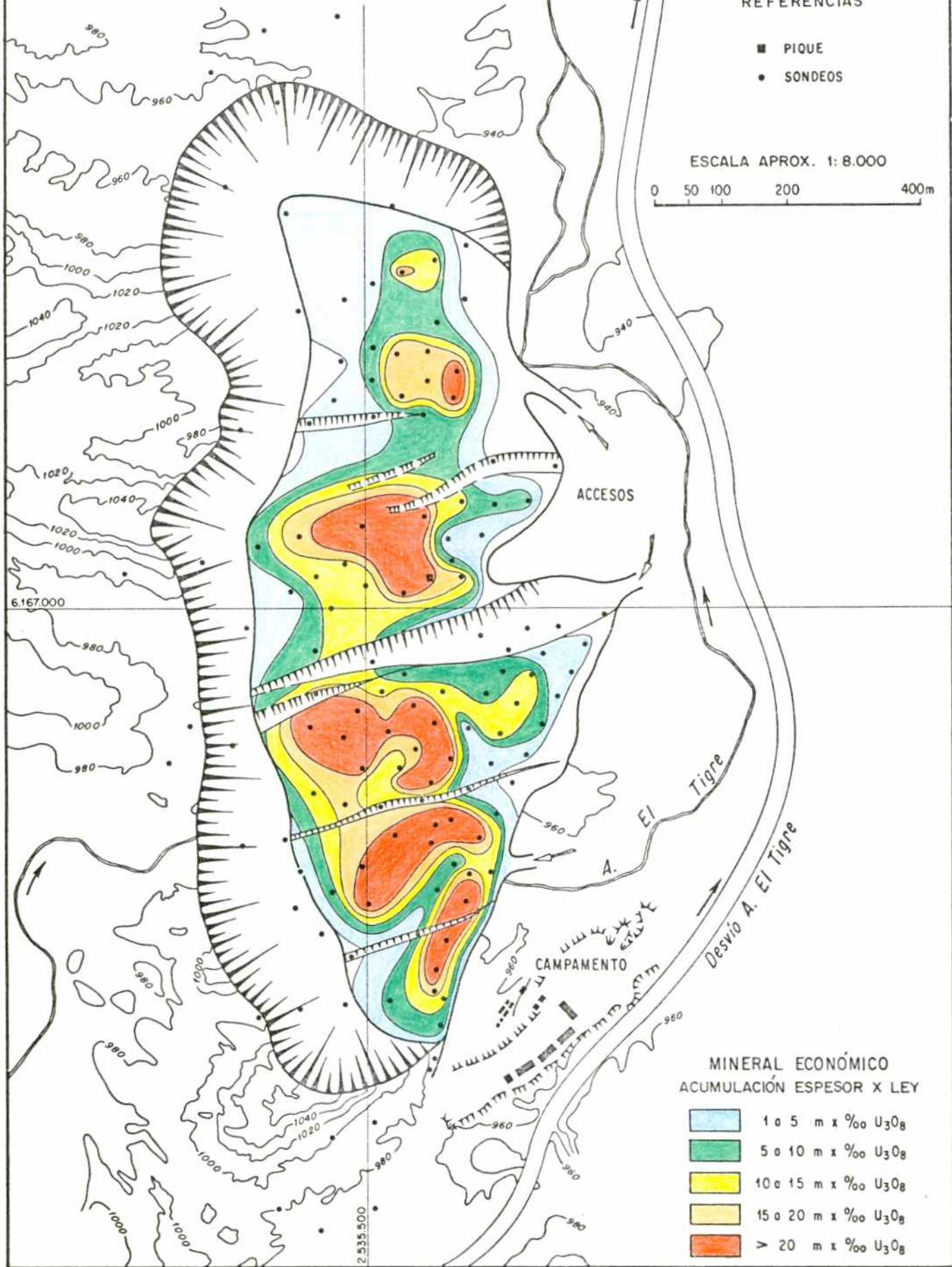


REFERENCIAS

- PIQUE
- SONDEOS

ESCALA APROX. 1: 8.000

0 50 100 200 400m



MINERAL ECONÓMICO
ACUMULACIÓN ESPESOR X LEY

	1 a 5 m x ‰ U ₃ O ₈
	5 a 10 m x ‰ U ₃ O ₈
	10 a 15 m x ‰ U ₃ O ₈
	15 a 20 m x ‰ U ₃ O ₈
	> 20 m x ‰ U ₃ O ₈

RESERVAS DE MINERAL DE URANIO

Fig. 13

EN 1 U3O8

Al 30/6/72

DISTRITO URANIFERO	CATEGORÍA COSTOS: Hasta U\$S /lb U ₃ O ₈	APROVECHAMIENTO INMEDIATO (1)						APROVECHAMIENTO MEDIANO (2)							
		MEDIDO-INDICADO		INFERIDO		SUBTOTALES		MEDIDO-INDICADO		INFERIDO		SUBTOTALES			
		10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	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	—	—	—	—	—	—	—	70
VARIOS (La Rioja)		—	—	—	—	—	—	30	100	30	40	60	140	60	140
COMECHINGONES (San Luis)		200	350	100	100	300	450	—	—	—	—	—	—	300	450
MALARGÜE (Mendoza)		70	100	30	50	100	150	—	—	—	—	—	—	100	150
SIERRA PINTADA (Mendoza)		2.500	3.200	2.500	3.800	5.000	7.000	—	—	—	—	—	—	5.000	7.000
RÍO CHUBUT (Chubut)		200	220	—	20	200	240	—	—	—	—	—	—	200	240
SA. CUADRADA - R. CHICO (Chubut)		—	—	—	—	—	—	—	30	—	10	—	40	—	40
TOTALES		3.120	4.070	2.650	4.060	5.770	8.130	2.080	2.520	370	620	2.450	3.140	8.220	11.270

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

(2) Producción a partir de cinco años

RECURSOS URANÍFEROS ARGENTINOS

EN t U₃O₈

AL 30/6/72

REGIÓN DISTRITOS		U\$S/lb U ₃ O ₈ CATEGORIAS	8-10		10-15		15-30		SUBTOTALES
			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		7.000	5.000	2.000	3.000	2.000	3.000	
	BARREAL - RODEO - JÁCHAL		—	—	—	—	1.500	5.000	
	MALARGÜE		100	100	200	200	300	500	
	SUBTOTALES		7.100	5.100	2.200	3.200	3.800	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		11.900		9.100		14.800		35.800
RAP	RECURSOS ADICIONALES POSIBLES			10.200		13.200		29.500	52.900
SUBTOTALES S/COSTOS			22.100		22.300		44.300		
TOTALES ACUMULADOS			22.100		44.400		88.700		88.700

DEMANDA DE URANIO EN ARGENTINA PARA REACTORES DE POTENCIA

