



ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA Y
COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

CURSO REGIONAL DE CAPACITACIÓN EN LA PROSPECCIÓN DE URANIO

BUENOS AIRES, 8 de setiembre - 31 de octubre 1969

III. MÉTODOS DE PROSPECCIÓN URANÍFERA

- X 1. LA PROSPECCIÓN DE URANIO,
PLANIFICACIÓN Y SELECCIÓN
DE MÉTODOS

DR. FELIX RODRIGO

LA PROSPECCION DE URANIO, PLANIFICACION Y SELECCION DE METODOS

FELIX RODRIGO

Comisión Nacional de Energía Atómica

I. INTRODUCCION

En la presente exposición, pasaremos solamente revista de los diferentes métodos de prospección de uranio, ya que tendrán oportunidad de conocerlos más detalladamente a medida que los distintos especialistas vayan desarrollando sus temas.

Interesa ahora realizar un análisis de conjunto muy general de los mismos, intentando la delimitación de algunas de las condiciones y características más destacadas de cada uno de ellos, su precisión y alcance, a efectos de lograr una planificación de actividades y rendimientos técnicos más efectivos, al decidir sobre su aplicación.

Frente a los requerimientos cada vez mayores y mejor definidos de las distintas actividades geológico-mineras nucleares, se hizo necesario recurrir a los más variados métodos físicos, químicos, geoquímicos, matemáticos, etc., y buscar el apoyo de instrumental de respuesta cada vez más específica y sensible, junto a una progresiva especialización del personal.

El progreso de los métodos y el desarrollo de instrumental fué tan rápido, que el geólogo cada día apela más a técnicas físico-químicas, electrónicas, etc., y en oca-

siones por la facilidad en disponer de los mismos o en el afán de obtener una seguridad superlativa, no vacila en aplicarlas automáticamente, en forma simultánea e indiscriminada.

Además de la limitación o posible concurrencia de cada método, el geólogo o prospector no debe olvidar un enfoque económico permanente, a fin de no superponer técnicas que no agregan ningún resultado, o lo hacen a costos en absoluto compatibles con el valor o importancia de los mismos.

Corresponde también destacar que en esencia es el conocimiento geológico de una zona, unido al reconocimiento minucioso del terreno y a un análisis y evaluación permanente de los resultados que se van alcanzando en la marcha de los trabajos, los que permitirán al profesional tomar oportunamente decisiones necesarias para llevar la exploración a su objetivo final que es el desarrollo de reservas económicas de uranio al menor costo posible.

II. PROSPECCION GENERAL

Sin ninguna duda, 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 el conocimiento geológico.

II.1. BASES GEOLOGICAS

II.1.a. Selección previa o general de áreas

Una selección previa de las áreas con posibilidades uraníferas resulta indispensable antes de la planificación de cualquier trabajo, ya que resultando 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, etc.

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 totalizaron 400.000 km². y a su vez se clasificaron en sectores con "Prioridad I, II y III" (Fig.1).

Debe destacarse que, aún cuando dicho estudio se realizó en 1959, todos los yacimientos localizados, tanto

por la CNEA como por particulares, se sitúan dentro de las áreas con "interés o posibilidades uraníferas" y que aquellos de mayor volumen, sin excepción, se ubican dentro de las áreas con "interés inmediato".

II.1.b. Selección regional de áreas

Delimitadas las grandes unidades, con interés inmediato o prioridad en la ejecución y en la medida en que comienza a disponerse de información geológica específica más detallada y de los primeros antecedentes uraníferos, se hace indispensable una progresiva selección de aquellas, con el objeto de circunscribir su superficie y posibilitar la aplicación de observaciones y técnicas de prospección a malla cada vez más cerrada.

Entre las condiciones geológicas deben investigarse las formaciones o sectores de las mismas, cuya composición, caracteres estructurales, litoestratigrafía, porosidad, permeabilidad, grado de alteración, paragénesis de otros minerales, presencia de materia orgánica, oxidaciones, reducciones, etc., puedan en alguna forma controlar o vincularse con el pasaje de soluciones fértiles o la fijación o deposición del mineral.

En el caso de formaciones sedimentarias, interesa la reconstrucción paleogeográfica de sus cuencas, tendientes a determinar las áreas de aporte, variaciones faciales o composicionales, discordancias o superficies de arrasamiento, alteraciones o cambios de coloración, etc., capaces de definir el área, miembro o intervalo estratigráfico de mayor interés.

La aplicación sistemática de tales estudios, sobre bases geológicas a escala adecuada (1:100.000 o 1:200.000) o con ayuda de la fotointerpretación geológica, no requiere sino en general de la ejecución de perfiles sistematizados,

pero posibilita una reducción substancial de las áreas a prospectar en forma detallada.

Los colegas que me seguirán en el desarrollo del curso les expondrán acerca de las metodologías de trabajo elaboradas, pero se desea destacar aquí que un estudio de este tipo, cumplido en la estructura anticlinal de Pampa Amarilla (Malargüe, Mendoza), permitió seleccionar dentro de una secuencia de 1.000 m. de sedimentos continentales (Formación Diamante, del Cretácico), un intervalo de unos 200, en el que se ubican la totalidad de los cuerpos uraníferos descubiertos en el área.

Recientemente, se completó el estudio de un sector de la cuenca sedimentaria del Sistema de Salta (Cretácico Superior-Terciario), con un espesor máximo del orden de 3.000 m. En dicha secuencia se determinó un intervalo estratigráfico de 200 m. de espesor, en facies proximal de borde de cuenca y con aporte sedimentario a partir de la destrucción de macizos graníticos con pegmatitas uraníferas, el que incluye la totalidad de los yacimientos o indicios con posibilidades e interés económico. El balance económico que se deriva de esta selección, aún en una zona que disponía de abundante información geológica previa, resulta ampliamente positivo. En áreas con escasa documentación geológica, este tipo de investigación se considera absolutamente indispensable.

II.2 FOTOGEOLOGIA

La fotogeología juega un rol cada día más importante en todo programa integral de desarrollo de recursos naturales.

En el trabajo previo de selección general de áreas de interés, antes de todo reconocimiento sobre el terreno y en la medida en que el fotointérprete esté relacionado con las condiciones locales, permite disponer de un cuadro muy

preciso de la geología y topografía de la zona, con una excelente densidad de información. Se definen así detalles que por lo general no son provistos por las cartas geológicas convencionales, tales como: contactos formacionales precisos, estructuras, variaciones composicionales, alteraciones de diversa índole, intrusiones, suelo, vegetación, densidad de la red hídrica, vías de acceso para reconocimientos en sectores desprovistos de caminos, etc.

En la etapa de investigación regional de sectores restringidos o aún en trabajos de investigación minera -a escalas más detalladas-, la fotogeología es aún capaz de suministrar valiosa información sobre variaciones de composición litológica; aureolas de metamorfismo o alteraciones de diversa índole; condiciones estructurales, en ocasiones no definibles por observación superficial; correcta morfología de los cuerpos mineralizados; etc.

En la CNEA de Argentina, no sólo se utilizan a tales efectos los mosaicos y/o pares fotográficos de relevamientos de utilidad pública, sino que frecuentemente se dispone la toma de fotografías especiales, a escala de pequeño denominador (1:10.000 o 1:5.000), adecuadas a la naturaleza del problema a investigar.

II.3 PROSPECCION RADIMETRICA

Una vez efectuada la selección y clasificación de las áreas de interés uranífero y en función del conocimiento geológico y de las condiciones topográficas o climáticas de la región -las que definen asimismo la elección del método a utilizar-, se inicia la prospección general.

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

Si bien sus fundamentos teóricos evolucionaron poco desde el advenimiento de la industria del uranio, las técnicas operativas progresaron rápidamente, ante el imperativo de mejores rendimientos y costos, lo que condicionó el desarrollo de instrumental de respuesta cada vez más sensible, veloz y precisa.

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

II.3.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, en apariencia, el índice de cobertura es 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 requiera.

El principal inconveniente de este método es el de su bajo rendimiento (200-300 y 40-50 km²/mes, respectivamente) y sus elevados costos operativos (1.000-1.500 y

4.000-5.000 mⁿ/km², respectivamente, equivalentes a 3-4 y 12-14 U\$S/km²). En Francia, con malla de 50 m, es de U\$S 200/km².

Justamente debido a su bajo rendimiento, 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.3.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, a velocidad de 15 a 20 km/hora.

Si bien en Europa (Francia, Portugal, etc.) (Fig.3) se lo utilizó en forma masiva, su aplicación se ve restringida en regiones con débil densidad de caminos o con topografía accidentada, que no permite el desplazamiento del automotor. Ante tales condiciones la malla de prospección resulta muy abierta e irregular y los resultados del método -con muchas reservas-, deben considerarse solamente como orientativos. En Francia, el costo es de 10-20 U\$S/km², para una densidad de caminos de 3 a 4 km/km².

En Argentina se lo utilizó en muy pequeña escala, ya que aún la Patagonia, que sería el área más favorable para su aplicación, se prospecta por aire, debido a condiciones especiales de la zona (escasas población y red vial y carencia de servicios de apoyo infraestructural) con evidentes ventajas.

II.3.c. Prospección aérea

Se tratará muy someramente ya que este método será objeto de disertaciones especiales, complementadas con prácticas en campaña. Se hará más bien hincapié en la evolución que registró en Argentina, ligada en parte a la disponi-

bilidad de instrumental más sensible y preciso, pero especialmente el estado de desarrollo de los trabajos de prospección aérea en todo el país.

En esencia, el método 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 \varnothing , acoplados a un radioaltímetro (AYF, tipo RT7 APN.1 o similares), ambos con registradores gráficos, sincronizados con una cámara de fotografiado continuo de posición ("strip camera").

El radioaltímetro permite la corrección de los registros scintillométricos 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 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 carencia 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, por ejemplo-, los que emiten señales para la orientación del avión.

Las técnicas de prospección han ido evolucionado 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 en 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 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 itinera-

rios 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.

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. La simultaneidad de ambas operaciones permite asimismo facilitar la correcta ubicación en el terreno de las anomalías de interés.

La prospección aérea, además de su definición inmediata, permite obtener rendimientos muy superiores a los de la terrestre y costos operativos sensiblemente más reducidos, según se detalla en el cuadro adjunto:

Rendimientos-Costos	P.Expeditiva	P.Regular	P.Detallada
Km2/mes, campaña	1.800	1.000	500
Km2/hora de vuelo total	90	40	25
Costo total: m\$/km2	400-500	1.500	4/5.000
Id.: U\$/km2	1,10-1,40	4,30	11-14

La CNEA asignó prioridad a este método para el desarrollo de sus programas de prospección general, habiendo cubierto ya una superficie del orden de 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.

La prospección aérea reconoce como únicas limitaciones las derivadas de las condiciones topográficas y la altura de la zona y capacidad operativa de los aviones. En ge-

neral se la utiliza en regiones de relieve no excesivamente accidentado, con alturas no mayores de 2.500-3.000 m.s.n.m.

II.4. 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", en las zonas que las circundan.

Este método presenta limitaciones para una aplicación sistemática general, debido a la incidencia de numerosos factores: constitución geológica, espesor de la cubierta, clima, relieve, red hidrográfica, etc, los que inciden en 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 radiometría 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.

Las mallas de prospección más utilizadas son las siguientes:

- i. Prospección Estratégica. Se apoya sobre cartas o fotomosaicos a escalas 1:50.000 o 1:100.000, realizándose itinerarios irregulares, los que en general siguen la red hídrica o accesos principales, con muestreos distanciados del orden de 1 km. Se individualizan así las formaciones de mayor interés, determinando sus respectivos fondos o concentraciones medias regionales, los que son diferenciales para cada formación, sobre los que pueden definirse posibles zonas anómalas.
- ii. Prospección Detallada. Se opera en escalas 1:10.000 a 1:25.000 con itinerarios más regulares y malla de muestreo cada 200 a 300 m, tendiendo a circunscribir las áreas anómalas y a favorecer su interpretación con aporte de adecuada información geológica.
- iii. Prospección Táctica. Tendiente a definir la morfología e importancia de los cuerpos mineralizados, mediante la elaboración de figuras o curvas isoanómalas. Se realizan muestreos sistemáticos, según perfiles o mallas regulares (50x50, 100x20, 25x25m, etc.), condicionados por las características geológicas y estructurales del área.

Los rendimientos y costos operativos son muy variables, ya que la malla debe adecuarse a las heterogeneidades de la zona, pero pueden fluctuar en los siguientes promedios:

Rendimientos-Costos	P.Estratégica	P.Detallada	P.Táctica
Km ² /mes, campaña	400	50	5
Muestras/km ²	0,5-2	6-10	200-300
Costo total: m\$/km ²	1.500-2.100	8/12.000	200/300.000
Id: U\$/km ²	4,30-6	23-34	570-850

Dichos costos incluyen los de laboratorio, cuya incidencia es del orden de m\$ 200 para cada muestra.

III. PROSPECCION DETALLADA

Una vez verificada la anomalía o indicio y la existencia de mineral de uranio, corresponde definir cuálitativamente la importancia del mismo y el orden de magnitud de algunos parámetros fundamentales: longitud, corrida, espesores y tenores medios, etc, a la vez que investigar los posibles factores que controlan la presencia de la mineralización, morfología del cuerpo, posible potencial, etc, a fin de orientar las sucesivas etapas de reconocimientos geológico-mineros y formular el primer programa de exploración física.

Una estricta planificación de los trabajos es absolutamente necesaria en la etapa de prospección detallada, a fin de seleccionar los métodos que, de acuerdo a las condiciones geológicas locales, puedan ofrecer mejores rendimientos, evitando la superposición de técnicas concurrentes o el riesgo de contaminar prematuramente la zona de influencia de la anomalía, lo que limitaría la posibilidad de aplicación de otros métodos.

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 de la mineralización y selección de los cuerpos más convenientes a explorar físicamente, mediante relevamientos de las cartas de isoanomalías (isoradiactividad), a escalas adecuadas.

La posibilidad de aplicación de la radimetría en condiciones normales, en general hacen innecesarias o su-

perfluas las técnicas de prospección geoquímica y/o ionométrica (Figura 2).

Si bien para el caso de yacimientos en sedimentos -los que responden a dispersiones de mayor superficie y a controles estructurales de fácil visualización en el terreno-, la prospección detallada puede subordinarse a tales condiciones, para los yacimientos vetiformes o enclavados en ambientes cristalinos, resulta indispensable la adopción de una malla regular y sistemática.

El problema fué analizado con estudios estadísticos detallados en Francia, Portugal y España, países que adoptaron 3 tipos de malla de prospección sistemática:

a) $\#$ de 5 m. Para estudios de indicios.

Caracterizada por la precisión.

b) $\#$ de 10 m. Para estudios de estructuras.

Id. precisión y rapidez.

c) $\#$ de 25 m. Para estudios regionales focalizados.

Id. rapidez y economía.

A fin de obtener un buen rendimiento durante su ejecución, es necesario prever una ajustada planificación, coordinación y apoyo a los trabajos de prospección, a saber:

i. en gabinete:

- una evaluación previa de los antecedentes del área y la preparación de bases topográfico-geológicas adecuadas, con la mayor información posible, a fin de proveer al prospector las líneas directrices necesarias.
- si es posible un control de las anomalías localizadas sobre fotogramas, los que favorecen un primer análisis, corrección de su morfología o un reajuste de la densidad y características de la malla.
- la inmediata elaboración de informes o síntesis de interpretación y/o evaluación, que posibiliten la verifi

cación de los resultados en el terreno, mientras aún se encuentran operando en el área los equipos de prospección.

ii. en el terreno:

- una especialización del personal y un agrupamiento adecuados, que permita la supervisión de cada escalón por individuos con experiencia.
- una normalización de los métodos operativos, a fin de facilitar el análisis, interpretación y evaluación de los resultados.
- un control permanente del instrumental por personal idóneo y si es posible con prestación del servicio de mantenimiento en el área de trabajo.
- existencia de instrumental de reserva suficiente, en cantidades crecientes en función del alejamiento o dificultades de acceso a la zona de trabajo.

En Argentina se utiliza la radimetría con mallas de 50 y 10 m, con los rendimientos y costos siguientes:

Rendimientos - Costos	‡ 50 m	‡ 10 m
Por equipo (1 técnico y 2 prospectores), ha/mes	100	5-6
Costos totales: m\$s/ha	3.500-5.000	40/50.000
Id.: U\$S/ha	10-14	110-140

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; es el de la carta de resistividad o su variante, el método de los rectángulos.

En el caso de yacimientos con control sedimentario - como sucede por lo general en Argentina-, se limitan las posibilidades de aplicación de dichos métodos, utilizándose 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). Menos posibilidad tienen, en cambio, para señalar cambios litológicos de las formaciones, salvo condiciones especiales.

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 aquellos elementos.

Es evidente, debido a la movilidad propia de todo gas, que el radón (que tiene un período de vida de 3,8 días), se difundirá rápidamente a través de la porosidad de las rocas o sedimentos o por líneas preferenciales: fallas o planos de estratificación. Si bien estas condiciones pue-

den llegar a interferir en mayor o menor grado sobre la morfología de los cuerpos o su correcta ubicación, en condiciones especiales la prospección ionométrica puede constituir un valioso auxiliar para la localización de yacimientos uraníferos.

El uso de la ionometría fué desarrollado por los rusos como un método auxiliar para la determinación de factores estructurales en la exploración petrolera y luego adaptado a la prospección uranífera. La CNEA de Argentina fué uno de los primeros Organismos mundiales que incorporó el método en forma sistemática, con electrómetros de Ambronn construídos en sus propios laboratorios.

Las posibilidades de aplicación del método han evolucionado enormemente desde el empleo de los primeros equipos, constituídos 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 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 condiciones favorables, la definición es francamente positiva, debido a los excelentes contrastes de lecturas y a su estabilidad en el tiempo, siendo incluso factible un doble control profundidad-espesor de la cubierta, mediante la aplicación de coeficientes de corrección de la intensidad de las lecturas, determinadas en forma experimental.

Constituye un excelente método de prospección, de gran rendimiento, ya que las características de las anoma-

lías, debido a la difusión del radón, permite la utilización de una malla bien abierta. 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", etc), como tendrán oportunidad de conocer en detalle.

El mayor inconveniente del método deriva de la dificultad que tiene el radón para difundirse en terrenos muy húmedos o de atravesar el nivel de agua.

El costo operativo para una malla de 50 x 10 (perfiles), es de m\$n 4.000/ha (equivalentes a U\$S 11.40/ha) y el de cada lectura de m\$n 180 (= U\$S 0.50).

III.4. Reconocimiento Físico

La etapa de prospección detallada se completa con un reconocimiento físico preliminar, mediante labores mineras superficiales (destapes, trincheras, pozos, calicatas, etc), o con perforaciones de escasa profundidad, regularmente espaciadas y orientadas de acuerdo con la morfología y dimensiones de los cuerpos.

Dichos trabajos están orientados a la obtención de información geológica-minera sobre las condiciones de mineralización y del estudio y/o análisis de un número de muestras, las que si bien no podrían considerarse representativas de las características del yacimiento en profundidad, permiten fijar cuantitativamente el orden de importancia del mismo.

Sobre la información así obtenida en cuanto a tipo y controles de la mineralización, extensión, desarrollo, espesores y leyes medias, etc, se fundamentará la etapa siguiente de exploración física regular.

B I B L I O G R A F I A

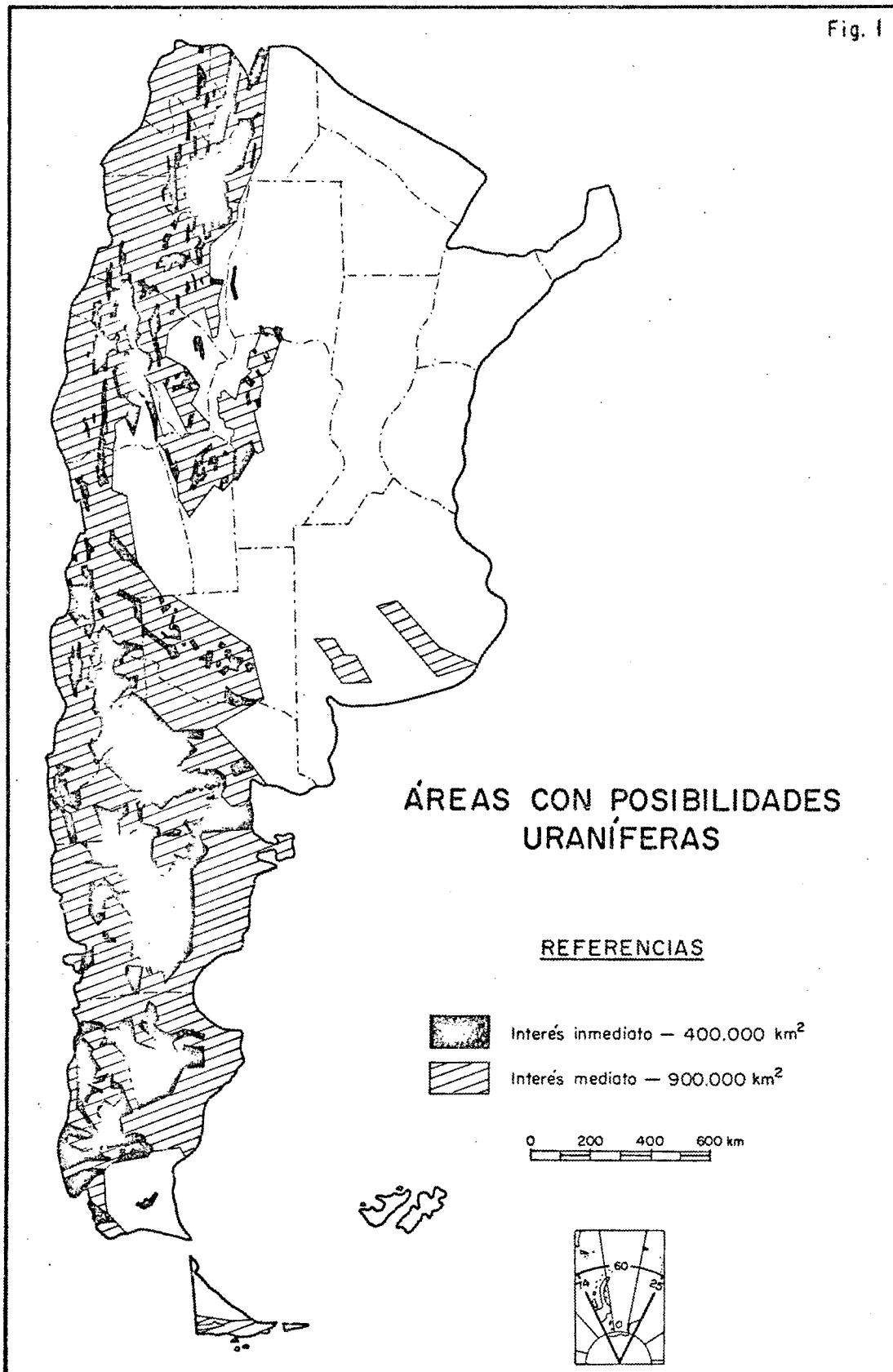
- [1] - ALLIOT, L.BONNET, J. et SARCIA, J.A., Les Levés Radiométriques de Détail. Essais d'Amélioration des Rendements. Chron. des Min. et Rech. Min, N° 296, pags. 3 a 11, Paris, 1961.
- [2] - ANGELELLI, V., Los Minerales de Uranio. Sus Yacimientos y Prospección. CNEA, Buenos Aires, 1958.
- [3] - BIGOTTE, G. et THERENE, P., La Prospection des Substances Radiactives en Afrique par la C.E.A. Bull. d'Inf. Scien. et Tech. du C.E.A., N° 28, París, 1960.
- [4] - BOYLE, T.L., Airborne Radiometric Surveying Office and Field Techniques. Off. Memo. R.M.E. 129, USAEC, Grand Junction, Colo EUA, 1959.
- [5] - CARRAT, H.G., El método de Prospección de Uranio en una División Minera. Puesta a Punto y Resultados. Traducción de CNEA de Annales des Mines, marz 1959, Buenos Aires, 1959.
- [6] - CARRAT, H.G., Curso de Prospección, Exploración y Explotación de Minerales Nucleares. Inf. int. CNEA, Buenos Aires, 1959.
- [7] - FRIZ, C.T.; RODRIGO, F. y STIPANICIC, P.N., Recursos y Posibilidades Uraníferas en Argentina. Conf.Intern.Utiliz. Energ.Atóm.Fines Pacíficos (Actas 3a. Conf.), V.12, P/405, págs. 42-54, Ginebra, 1964.
- [8] - FRIZ, C.T.; GAMBA, J.L.; JEMMA, R.J.A.; MARINKEFF, K. y MARTINEZ, C.G.M.; Técnicas de Prospección Aérea Radimétrica y Emanométrica Terrestre aplicadas en la República Argentina. Actas 3a. Conf.Intern.Utiliz.Energ.Atóm. Fines Pacíficos, V.12, P/838, págs. 214-221, Ginebra, 1964.
- [9] - GRIMBERT, A. et OBELLIANNE, J.M., Essais de Prospection Géochimique de l'Uranium en Pays Aride. Rapport C.E.A., N° 2219, Paris, 1962.

- [10] - LENOBLE, A., La Recherche del Uranium - L'Evolution des Méthodes. Rev.Ind.Min. V.41, N° 10, París, 1959.
- [11] - ILLSLEY, C.T. and KINNAMAN, Mobile and Portable Units for Geochemical Exploration for Uranium. Off.Memo. R.M.E. 131, USAEC, Grand Junction, Colo. EUA, 1959.
- [12] - STIPANICIC, P.N. y RODRIGO, F., Evolución y Selección de los Métodos de Prospección y Evaluación para Yacimientos de Uranio en la Argentina. Acta Geológica Lilloana, V., Págs. 183-215, Tucumán, 1965.

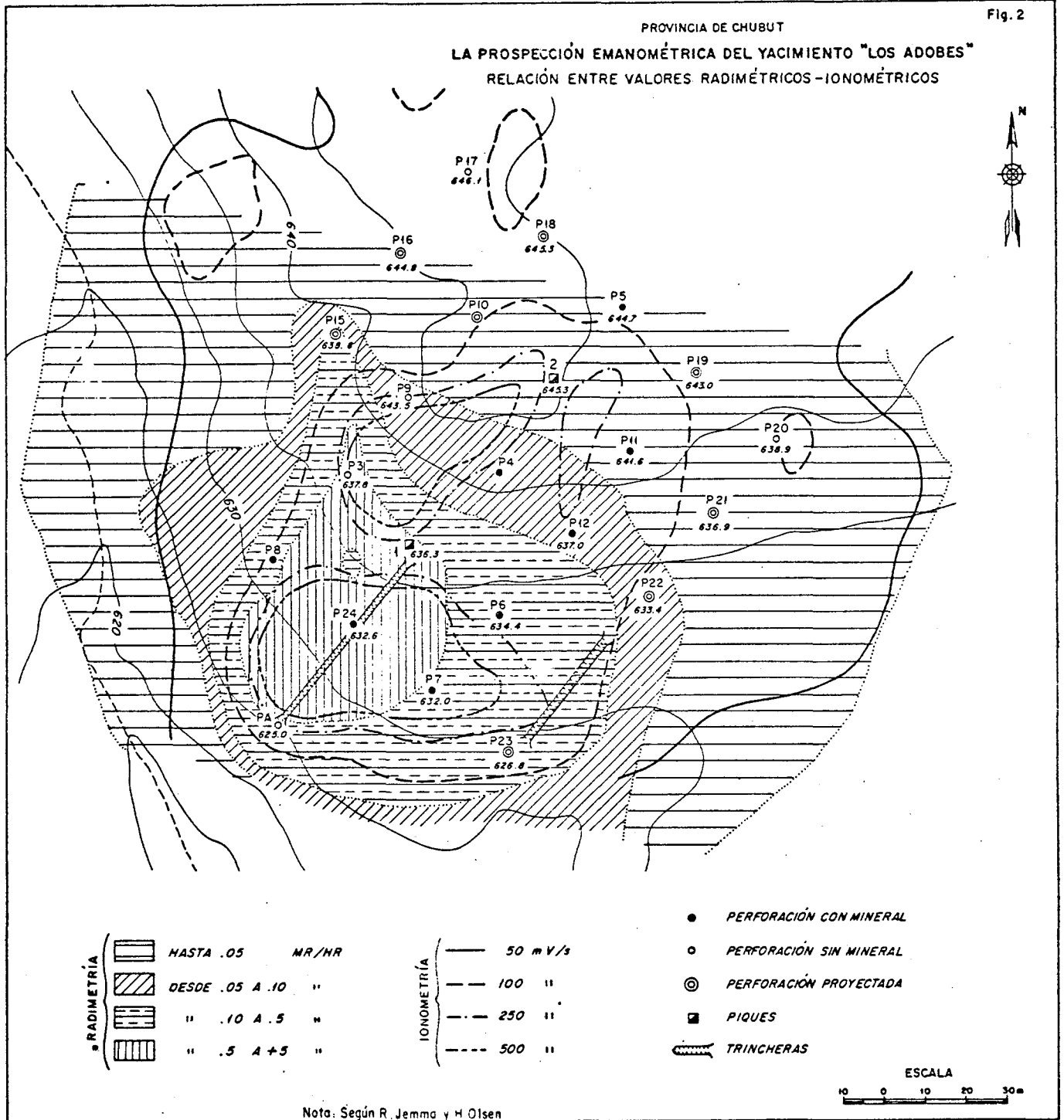
I N D I C E

I. INTRODUCCION.....	1
II. PROSPECCION GENERAL.....	2
II.1. BASES GEOLOGICAS.....	2
a. Selección previa o general de áreas.....	2
b. Selección regional de áreas.....	4
II.2. FOTOGEOLOGIA.....	5
II.3. PROSPECCION RADIMETRICA.....	6
a. Prospección terrestre.....	7
b. Prospección autotransportada.....	8
c. Prospección aérea.....	8
II.4. PROSPECCION GEOQUIMICA.....	12
III. PROSPECCION DETALLADA.....	14
III.1. RADIMETRIA.....	14
III.2. GEOPISICA.....	16
III.3. IONOMETRIA.....	17
III.4. RECONOCIMIENTO FISICO.....	19
BIBLIOGRAFIA.....	20

Fig. 1



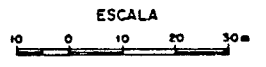
LA PROSPECCIÓN EMANOMÉTRICA DEL YACIMIENTO "LOS ADOBES"
RELACIÓN ENTRE VALORES RADIMÉTRICOS-IONOMÉTRICOS



RADIMETRÍA	
[Horizontal lines]	HASTA .05 MR/HR
[Diagonal lines /]	DESDE .05 A .10 "
[Diagonal lines \]	" .10 A .5 "
[Vertical lines]	" .5 A +5 "

IONOMETRÍA	
[Solid line]	50 m V/s
[Dashed line]	100 "
[Dash-dot line]	250 "
[Dotted line]	500 "

- PERFORACIÓN CON MINERAL
- PERFORACIÓN SIN MINERAL
- ⊙ PERFORACIÓN PROYECTADA
- PIQUES
- ▨ TRINCHERAS



Nota: Según R. Jemma y H. Olsen

PROSPECCIÓN AUTOTRANSPORTADA
ÁREA MINERALIZADA DE NISA - TOLOSA - CASTELO DE VIDE (Portugal)

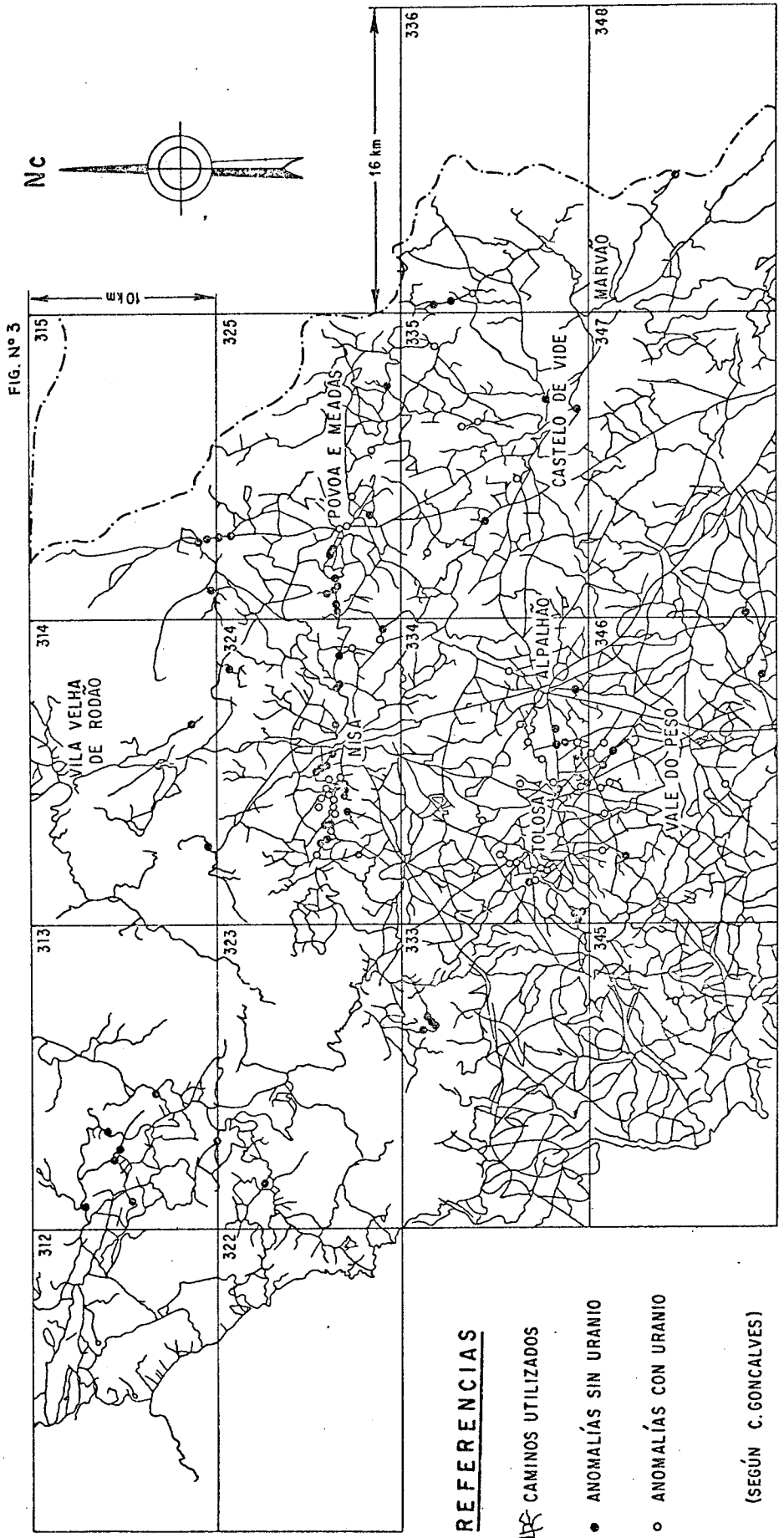


FIG. N° 4

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.

