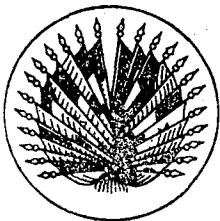


0.5.78.35



COMISION INTERAMERICANA DE ENERGIA NUCLEAR Y
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA DE LA REPUBLICA ARGENTINA



**CURSO LATINOAMERICANO DE CAPACITACION
PARA LA PROSPECCION Y EXPLORACION
DE YACIMIENTOS URANIFEROS**

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1978

CNEA-AC-18/78

III. METODOS DE PROSPECCION URANIFERA

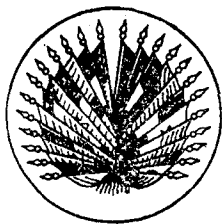
6. PROSPECCION RADIMETRICA TERRESTRE
(GAMMA, EMANOMETRICA, ETC)

1a. Parte: GAMMA

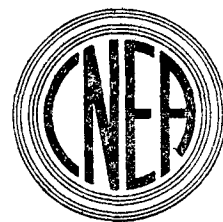
JUAN C. ANZULOVICH

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

MENDOZA
OCTUBRE 1978



COMISION INTERAMERICANA DE ENERGIA NUCLEAR Y
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA DE LA REPUBLICA ARGENTINA



CURSO LATINOAMERICANO DE CAPACITACION PARA LA PROSPECCION Y EXPLORACION DE YACIMIENTOS URANIFEROS

CONFERENCIA IV-6

PROSPECCION RADIMETRICA TERRESTRE (GAMMA)

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

Dr. Juan C. Anzulovich

I. INTRODUCCION

De una manera general e independientemente del caso particular de los minerales radiactivos, la prospección de un mineral cualquiera es una operación durante la cual son utilizadas concurrentemente las propiedades intrínsecas del mineral investigado y un cierto número de bases extrínsecas al mismo, pero susceptibles de aportar informaciones útiles para su localización en el subsuelo. Al primer grupo pertenecerían las propiedades físicas o químicas de los minerales y caracteres cristalográficos; al segundo las bases petrográficas o geológicas, así como la investigación de las asociaciones mineralógicas o de rocas, en las cuales el mineral a considerar tiene la mayor posibilidad de existir. Esta investigación es llevada dentro del cuadro de un estudio Geológico de conjunto, sin el cual ninguna prospección puede ser razonablemente concebida.

La prospección de los minerales radiactivos, al igual que la de todos los otros minerales, es una operación de carácter científico que no puede ser realizada sin un mínimo de conocimiento Geológico previo.

En nuestro país, la utilización de este método tiene sus comienzos en la década del 50 y hasta el advenimiento de la prospección radimétrica aérea, en el año 1958, constituyó el único método para la investigación de grandes áreas en la etapa de prospección general. A partir de ese año (1958) la técnica de radimetría terrestre se aplica únicamente en aquellas áreas donde la

prospección aérea no puede ser utilizada, ya sea por tratarse de ambientes de alta montaña o regiones bajas, pero de topografía muy abrupta. Se la usa además para definir la importancia de las anomalías o zonas anómalas que suministran las técnicas de prospección general (aérea-autotransportada).

II. DEFINICION-FUNDAMENTOS-LIMITACIONES e INSTRUMENTAL

II.1 Radiactividad

Ciertos elementos como el uranio, el torio y el potasio poseen en mayor o menor grado la propiedad de emitir radiaciones, razón por la cual se los denomina minerales radiactivos.

Estas radiaciones, son imperceptibles para nuestros sentidos, pero son susceptibles de ser descubiertas por aparatos especiales que las captan transportándolas en impulsos lumínicos; estos son amplificados luego y mediante instrumentos especiales, medidos y/o registrados. Dichas radiaciones son de tres tipos y se las denomina con las letras griegas α , β y γ .

Las radiaciones α son partículas corpusculares cargadas de electricidad positiva y están constituidas por núcleos de átomos de helio en desplazamiento rápido. Son muy poco penetrantes y solo pueden atravesar, en condiciones normales de temperatura y presión, apenas decenas de micrones de materiales de poca densidad. (ej. aluminio, materia orgánica, etc.).

Las β al igual que las precedentes son rayos materiales debidos a electrones rápidos, positivos o negativos. Son más penetrantes que las anteriores. El espesor que pueden atravesar está en relación directa con la energía de las partículas, por ejemplo 4 metros de aire ó 2 milímetros de aluminio para partículas con una energía de 1 MeV.

Las radiaciones γ son de naturaleza electromagnética como los rayos x, pero de longitud de onda aún más corta que éstos y de un poder de penetración mucho mayor, llegando en el aire hasta 150 metros, necesitándose 5 centímetros de plomo o algunos decímetros de sedimentos o cubierta para detener la mayor parte de ellas.

II.2 Fundamento y aplicación en prospección de minerales

Como podemos apreciar, utilizando equipos especiales que detecten estos tipos de radiaciones, se puede poner de manifiesto un cuerpo mineralizado radiactivo que se encuentre bastante próximo a la superficie. La posibilidad de éxito, estará en función de la proximidad de dicho cuerpo con la superficie, así como por la sensibilidad del equipo utilizado.

Es importante señalar aquí que, antes de comenzar la prospección uranífera se deberá tener un conocimiento bastante amplio de la zona a investi-

III.6.3

gar, sobre condiciones climáticas, geográficas y geológicas.

El conocimiento que se tiene sobre ciertos factores de orden geológico y físico químico, que determinan la formación de aureolas secundarias de dispersión a partir de la masa mineral primitiva, amplían la posibilidad de rastrear cuerpos mineralizados, aún en aquellos casos en que se encuentren sustraídos a la observación directa y ello nos permite elegir la técnica de prospección más adecuada.

Los tipos genéticos de estas aureolas, estudiados por A.G.Grammakov y sus colaboradores (fig.1), son mecánicos, salino y gaseoso. La amplitud que pueden alcanzar dichas aureolas es muy variable, pudiendo en algunos casos, superar hasta más de diez veces las dimensiones del afloramiento mineralizado. Los valores máximos de estas aureolas, no corresponden a la proyección vertical de los depósitos, sino que generalmente se hallan desplazados en varias decenas de metros.

Una aureola mecánica se forma por la denudación parcial de la masa mineral, la posterior dispersión y acumulación de fragmentos minerales en la cubierta de la masa mineral.

La disolución del metal por el agua y su desplazamiento luego por capilaridad hacia los terrenos vecinos que los cubren, origina las aureolas salinas.

En cambio, la difusión de radón y torón provenientes de la masa mineralizada constituye la aureola gaseosa.

En ciertos casos, cuando la prospección radimétrica terrestre no brinda resultados satisfactorios, se recurre al auxilio de otras técnicas de prospección terrestre como la emanometría (prospección Alfa), Geoquímica y Geofísica.

II.3 Limitaciones

Resulta evidente suponer que la prospección Gamma, como cualquier otra técnica, posee también limitaciones en su aplicación. La principal, ya ha sido señalada y es la relativa a la profundidad de la fuente radiactiva, que deberá ser aflorante o muy próxima a la superficie. Pero aún en este último caso se deberá tener en cuenta los efectos de la cubierta, ya sea suelo o vegetación. Sabemos ya que los rayos gamma se reducen a valores despreciables de intensidad cuando pasan a través de unos pocos decímetros de suelo. En este caso será la radiactividad del suelo y no de la formación subyacente ^{lo que} determina la intensidad de la radiación gamma.

En el caso de los suelos residuales, de regiones áridas, estos tienen la misma radiactividad que las rocas que los originan, mientras que los

III.6.4

de regiones húmedas y de escaso relieve pueden tener una radiactividad baja y uniforme.

Con respecto al efecto de la vegetación podemos decir que la turba y el musgo son de baja radiactividad y, si tienen espesor suficiente, pueden enmascarar los efectos de la radiación gamma de las rocas infrayacentes .

II.4 Detectores

Hemos visto ya que, la propiedad principal de ciertos elementos como el uranio, el torio, el potasio, etc., es la emisión de radiaciones y que por esta propiedad se los denomina minerales radiactivos.

"La presencia de radiactividad solo se pone de manifiesto mediante ciertos dispositivos electrónicos que se denominan genéricamente detectores". "Los detectores pueden dividirse en dos grupos : aquellos que se basan en la ionización de un gas producido por una partícula alfa o beta o por una radiación gamma y los que aprovechan la emisión de luz (o centelleo) emitida por ciertas sustancias transparentes, cuando sobre ellas inciden emisiones radiactivas". "Al primer tipo pertenecen, la cámara de ionización, el contador proporcional y el tubo Geiger Müller; al segundo grupo corresponden el sulfuro de cinc (SZn), el yoduro de sodio (INa), etc." Estas últimas sustancias centelladoras dan cristales que se utilizan normalmente con un tubo electrónico llamado fotomultiplicador con el que forman un conjunto llamado detector. En una disposición, en la que este detector, junto con los elementos electrónicos intermedios y el instrumento indicador forman un conjunto con aspecto de "pistola", lo llamamos monitor portátil.

En los modelos usados por la CNEA el detector es un cristal de INa(Tl), (sensible a radiación gamma) que va adosado a un tubo fotomultiplicador. Completan el sistema un integrador, que funciona con transistores, y la indicación la suministra un sensible instrumento de aguja. Los modelos más antiguos la llave de escalas y constantes de tiempo están en la pistola; mientras que en los más nuevos, el integrador electrónico con la llave de rangos están en una caja aparte, junto a las pilas. Las escalas de estas pistolas están taradas en impulsos/segundo y poseen cinco rangos que cubren desde 150 i/seg. hasta 15.000 i/seg.

Estos monitores tipo pistola se utilizan para tareas de prospección terrestre detallada y en general toda vez que es necesario determinar la presencia de radiactividad con mucha sensibilidad.

III. PROSPECCION RADIMETRICA

III.1 Clasificación o División

Las técnicas radimétricas, tradicionalmente se denominan de a-

III.6.5

cuerto con el medio portante del detector.

III.1.a - Prospección general: (también llamada panorámica estratégica o regional). Se denomina así el conjunto de tareas destinadas a definir o circunscribir zonas con capacidad para albergar yacimientos de minerales uraníferos. Generalmente tienen por finalidad investigar de terminados ambientes geológicos como áreas graníticas, cuencas sedimentarias, etc. es decir grandes superficies. En la medida que los distintos factores, que condicionan las posibilidades operativas, lo permiten, se trata de aplicar los métodos de prospección más rápidos, como son la radimetría aérea, la autotransportada (Carbone) y ocasionalmente Geoquímica.

III.1.b - Prospección terrestre : La CNEA aplicó el método con tres variantes en función de la malla. Denominando

Prospección expeditiva : la que se realizaba con malla irregular de 1 km de separación sin registro de itinerarios.

Prospección sistemática: llamada así por la equidistancia en la separación de perfiles que van desde 200 m hasta más de 25 m.

Prospección detallada : la que se realiza sobre superficies menores, con malla más cerrada que pueden ir desde itinerarios cada 25m hasta llegar a malla cuadrada de 10x 10 m ó aún más cerrada 2,50 x 2,50 m.

III.2 Prospección radimétrica terrestre o gamma

III.2.a - Aplicación: Ubicada así la prospección radimétrica terrestre veremos cual es el ámbito de su aplicación. "Descubierta una anomalía o una zona de interés por cualquiera de los métodos de prospección general: corresponde definir la importancia del hallazgo realizado", mediante la determinación de algunos de los parámetros fundamentales como longitud, corrida, espesores, tenores medios y posibles controles de mineralización.

Es evidente que en esta etapa las áreas a considerar tienen superficies reducidas que van desde algunos kilómetros cuadrados hasta unas pocas hectáreas. "En tales casos el problema de conocer el número, intensidad y distribución de las anomalías como así también su posición geológica, plantea la necesidad de realizar observaciones en forma sistemática, tanto geológicas como radimétricas según un plan preestablecido". "Para ello es necesario contar con una base topográfica-geológica en escala adecuada al problema a resolver (1:5.000 ;

III.6.6

1:2.500; 1:1.000, etc.) en la que se volcarán todos los datos radimétricos y observaciones geológicas realizadas".

En caso de no disponer de relevamientos topográficos a escala como las mencionadas se deberá volcar las observaciones a planos obtenidos con restitución fotográfica a escala similares. Si tampoco se dispone de fotografías aéreas se procederá a marcar los perfiles sobre el terreno, refiriéndolos a un eje como base de todas mediciones y observaciones, efectuando luego un relevamiento topográfico expeditivo.

III.2.b Etapas que comprende: La denominación que se da a las distintas etapas de la prospección gamma, responden directamente a la separación entre los itinerarios sobre los que se hacen las mediciones.

Prospección expeditiva o abierta : Esta técnica tiene algunas variantes en cuanto a su aplicación, según el ambiente geológico donde deba desarrollarse. En afloramientos graníticos se la aplica sin itinerarios fijos, con desplazamientos más o menos rectilíneos de los prospectores cada kilómetro, con mediciones radimétricas continuadas, tratando de localizar en el terreno la anomalía recomendada, así como el afloramiento que la produce. Se utiliza para ubicar en el terreno la anomalía aérea y aportar un dato rápido sobre la posible orientación de la futura prospección.

En ambiente sedimentario, se aplica con perfiles topográfico-geológico-radimétricos, transversales al rumbo de los estratos, hasta establecer él o los niveles responsables de la anomalía. En estos casos puede reemplazar perfectamente a la prospección sistemática. La separación entre perfiles estará en función de las dimensiones.

Prospección sistemática : Se realiza con itinerarios fijos (normales a la orientación determinada en etapa anterior), cuya separación va desde 25 a 200 metros y con lecturas fijas sobre los mismos que estarán en función del espesor o ancho de la fuente emisora, generalmente comprendida entre 25 y 10 metros. Con esta etapa se llega a circunscribir el halo anómalo sobre el que se implantará la etapa siguiente.

Prospección detallada : también llamada "plan compteur" en Francia. En esta etapa las mediciones se realizan sobre itinerarios fijos, pero a malla más cerrada, y está comprendida entre los 25 metros y menos de 25 metros, pudiendo llegar a ser cuadrada (ej. 20x20 ; 20x10 ; 20x5 ; 10x10 ; 10x5 ; 10x2,5 ; 5x5 ; 5x2,5; 5x1.

III.2.c Apoyo, planificación y coordinación : Para obtener un buen rendimiento durante el desarrollo de las distintas etapas, es necesario planificar correctamente el trabajo, coordinarlo y apoyarlo, realizando para ello lo siguiente :

En gabinete :

- Recopilación y evaluación de antecedentes del área, con preparación de bases topográficas-geológicas adecuadas, incluyendo la mayor información posible a efectos de instruir al prospector sobre lineamientos necesarios.
- De ser posible hacer un control de las anomalías localizadas sobre fotogramas, tendiendo a analizar tipo de morfología, además densidad de perfiles y características de malla.
- Llevar la información al día, de tal manera que posibilite la inmediata verificación de los resultados en el terreno aprovechando para ello la permanencia del equipo en el área de trabajo.

En campaña :

- Control permanente del instrumental (cintilómetro) por parte del personal idóneo, verificando uniformidad de lectura entre todos los detectores de un equipo de trabajo.
- Proximidad del centro que presta servicio de mantenimiento con el área de trabajo.
- Existencia de detectores de reserva en las zonas de trabajo, que debe ser mayor a medida que es mayor la distancia que la separa de Sede de la Delegación.

III.2.d Personal : La dotación de una comisión de prospección terrestre está integrada esencialmente por :

- Un Geólogo, responsable de la ejecución e interpretación geológico-radimétrica de la prospección ya sea sistemática o detallada.
- Un Técnico Minero ayudante del Geólogo y ejecutor de la actividad diaria del grupo de prospectores.
- Tres o cuatro prospectores (obreros calificados que fueron instruidos en el manejo de detectores). El número está en función de la malla y de la topografía. Si la malla es muy abierta y la topografía muy abrupta su número se reduce, por la dificultad de control y anotaciones que ello significa.
- Cuando no existe relevamiento topográfico a escala adecuada, se agrega a esta dotación, un topógrafo con su ayudante, para el relevamiento de los perfiles.

- El elenco se completa con una persona que cumple funciones de cocinero y otras actividades de mantenimiento en el campamento.

III.2.e Algunos conceptos básicos de la Gammametría : Antes de comenzar la operación en el campo es necesario conocer la definición de algunos conceptos básicos, que permitirán interpretar luego los resultados de las mediciones radimétricas tales como : malla de prospección ; back-ground; anomalía ; indicio, etc.

Para nosotros el término "malla" ha sido empleado siempre para definir la distancia que separa dos caminos rectilíneos paralelos y consecutivos, como así también la distancia entre las mediciones sobre dichas trayectorias.

- Back-ground o valor de fondo : es la radiactividad propia de una determinada formación sedimentaria, roca intrusiva o volcánica. Depende de la cantidad de material radiactivo propio, que contenga cada tipo de roca. El valor de fondo varía en función de dicha proporción de material radiactivo propio. Es decir que, en ausencia de radiactividad inusual, se observa una actividad general de fondo.
- Anomalía : Las intensidades de señales que sobrepasan más allá de un nivel preestablecido (valor de fondo) se denomina anomalía.
- Indicios : Son todas aquellas anomalías en las cuales se ha comprobado presencia de mineral de uranio.

A su vez estos indicios pueden ser de diferentes categorías y entonces los llamaremos: indicios simples a los que despiertan la curiosidad del prospector por un aumento local de la radiactividad, pero debido a pequeños nódulos de mineral, no justifican etapas sucesivas de prospección; son puntuales.

Los indicios decisivos, son los que, por su tamaño, mineralización y valor radimétrico deciden la conveniencia de un trabajo de prospección detallada; pueden dar o no yacimiento. Su calificación se hace una vez que, unos pequeños trabajos de destape hayan permitido conocer algunos parámetros fundamentales.

Los indicios de tonelaje, son los que corresponden a yacimientos pequeños o grandes, cuyo tonelaje reconocido justifica una instalación de explotación.

III.2.f Desarrollo del Método:

Realización de las distintas etapas :

- No se insistirá aquí en la etapa de prospección expeditiva

III.6.9

o abierta ya que la misma, por definición, es aplicada como un auxiliar para la sistemática a efectos de conocer la zona donde se cumplirá esta y por lo tanto es de poco desarrollo.

En Argentina las etapas de prospección terrestre que generalmente se emplean son sistemática y detallada.

La primera se aplica en todas aquellas zonas con anomalías, ya sea proporcionadas por prospección aérea, autotransportada o geoquímica y tiene por finalidad delimitar superficialmente las aureolas anómalas principales, dar una probable orientación y aportar algunos datos sobre posible control mineralógico, para la aplicación de la prospección detallada.

La segunda cubre superficies menores, ya que se aplica sobre lo aconsejado por la primera. Siendo la malla de aplicación mucho más cerrada permite realizar mayor cantidad de observaciones geológicas, que generalmente luego son utilizadas en la interpretación zoneográfica. → Con esta base se ejecuta la investigación física, ya sea mediante laboreo minero o perforaciones, acompañado de muestreo sistemático. Muchas veces es un valioso auxiliar en esta etapa el método emanométrico, siempre que las condiciones del suelo lo permitan.

III.2.g Operación en campaña:

- Implantación de malla : El procedimiento que se sigue en el campo para la prospección radimétrica detallada o sistemática, es el mismo.

Si se dispone de relevamiento topográfico a escalas convenientes, por ejemplo 1:10.000 ó 1:5.000 para sistemática y 1:2.500 ; 1:1.000 y 1:500 para detallada, se marcará sobre los mismos las líneas correspondientes a los perfiles de acuerdo a la malla elegida, trazando transversalmente el eje que servirá de punto de referencia para las anotaciones. Este eje será paralelo a la mayor elongación de la aureola anómala, estructura tectónica o rumbo de los estratos.

En la medida de lo posible se replanteará dichos puntos sobre el terreno.

Un procedimiento igual se sigue si se dispone de fotografías aéreas a escalas similares.

En estos dos casos no es necesario materializar totalmente las líneas de perfiles en el terreno, pues las distancias de separaciones entre las lecturas pueden ser controladas y corregidas valiéndose de los accidentes topográficos. En ambos

III.3.10

casos el relieve deberá ser bastante suave, como para poder visualizar trechos largos de cada perfil; caso contrario se recurre a la materialización total, del eje y perfiles, mediante es tacas o mojones de piedra.

- Graficación de datos : Preparado así el trabajo de campo, las anotaciones de valores radimétricos y las observaciones geológicas, se pueden hacer corrientemente en libretas, pero luego de la jornada diaria de trabajo deberá ser llevada al plano a escala conve niente.

Para obviar este inconveniente y acelerar el trabajo, la CNEA ha adoptado dos nuevos sistemas : uno consiste en hacer anotaciones en planillas especiales que ya tienen ubicados cada uno de los puntos donde se efectuará la medición. Puede ser utilizada a diferente escala y por la simple unión de las planillas se obtiene un plano borrador de campo, en el que se pueden llevar correctamente la interpretación radimétrica. Para evitar la rotura de las hojas se ha ideado un dispositivo de madera con dos rodillos, en los que va enrollada la planilla, manteniéndola al abrigo del viento, dejando al descubierto tan solo la parte correspondiente a la anotación.

El segundo sistema consiste en trabajar sobre // una copia del plano topográfico o colocando un papel transparente sobre la fotografía aérea, en el que, previamente se ha marcado la malla de prospección.

- Técnica operativa en campaña : El equipo de trabajo está integrado tal como ya se consignó : por un Geólogo jefe de la Comisión, responsable de la observación geológica e interpretación radimétrica, y el Técnico Minero encargado del equipo de relevamiento radimétrico. El encargado supervisa y realiza las anotaciones de las lecturas radimétricas fijas, de acuerdo malla, e intermedias cada vez que surgen cambios litológicos, sectores decolorados, concentraciones de materia orgánica, crucero de diaclasas, etc.

El procedimiento que se sigue para el relevamiento radimétrico sistemático o detallado es el mismo, la diferencia estriba en la separación entre los perfiles. Cuando esta se paración es grande, ocasiona dificultad para comunicar las lecturas al jefe del equipo; pero ella es salvada con pequeños transceptores.

Los prospectores al desplazarse a lo largo de los perfiles determinan, a pasos o cinta métrica, la distancia entre lectura. Como es lógico pensar, los desniveles a veces pronunciados, introducen errores en la distancia medida, razón por la cual se trata corregirla utilizando puntos auxiliares conocidos, sean estos accidentes geográficos o puntos topográficos. Esta es una

razon por la cual se trata de materializar en el terreno el eje y las líneas de perfiles, colocando estacas o mojones de piedra a intervalos regulares o cada vez que se produce un cambio en la pendiente topográfica. La otra es, poder utilizar esta marcación como base para la implantación de otros métodos de prospección o para la investigación física mediante labores mineras o perforaciones.

- Técnica operativa en gabinete : Una vez que han sido llevados al plano todos los valores radimétricos, fijos o intermedios, para la confección de la carta de isorradiactividad, es necesario determinar el "back-ground" o valor de fondo, tomando luego distintos intervalos radiactivos a partir del mismo para indicar las aureolas más importantes. La escala de intervalos surge como consecuencia de varios ensayos, adoptando la que más concuerde con la interpretación geológica de la zona. "En la elección de la escala de intervalos tambien intervienen las condiciones geológicas de la anomalía (si la roca portadora está aflorante o cubierta), como tambien la intensidad y amplitud de los máximos valores registrados."

"Cuando la cantidad de puntos a considerar es elevada resulta muy práctico plotear con un mismo color todos los puntos con valores comprendidos entre los niveles establecidos". Luego se unen los puntos con igual valor radimétrico obteniendo así una curva de isorradiactividad. El espacio comprendido entre dos curvas sucesivas se llama intervalo radiactivo. Con esta carta se obtiene una primera información respecto al posible control de la distribución de la mineralización. Como ésta varía según el tipo de yacimiento, resulta que el diseño de las cartas radimétricas reflejará en cierta medida dichas condiciones. "Así para yacimientos filonianos o con control tectónico podrán obtenerse direcciones preferenciales en la distribución de la radiactividad, mientras que en yacimientos sedimentarios los halos anómalos resultantes, no tendran, salvo casos especiales, una orientación definida".

- Rendimientos y costos: El rendimiento mensual de una comisión, estará en función de la malla utilizada y de la topografía del terreno prospectado. En general para condiciones topográficas desfavorables (Los Gigantes, ciertas regiones de La Rioja, etc.) se estima los siguientes rendimientos y costos :

III.6.12

Rendimiento - Costo	Sistemática # 50x10m	Detallada # 10x2,5m
Por equipo (1 Geólogo, 1 Téc. Min. y 4 prospect.) Ha/mes	60 a 70	14 a 15
Costos totales : \$/Ha	13/15.000	66/69.000
Idem : u\$s/Ha	16/18	83/86

Estos costos disminuyen sensiblemente cuando las condiciones topográficas son favorables, como en ciertas regiones Patagónicas, donde se alcanzan rendimientos de cuatro a cinco veces superiores a los consignados.

IV. INVESTIGACION FÍSICA PRELIMINAR

Es necesario antes de iniciar cualquier trabajo de remoción de terreno haber cumplimentado la prospección radimétrica, así como cualquier investigación por el método de geoquímica, ya que una vez que se inicia el laboreo se contaminan las zonas vecinas y los resultados que se obtienen por estos métodos pueden resultar erróneos.

Dejamos así aclarado, por qué no se inicia la investigación física de comprobación, durante la etapa de ejecución de la prospección detallada, sino al finalizarla.

IV.1 Laboreo Minero

Una vez que se ha certificado, mediante los trabajos de prospección detallada, la forma, extensión y magnitud de una aureola anómala superficial, corresponde realizar una investigación física mediante labores mineras de pequeña envergadura, tipo calicatas, pozo, trincheras, destapes, etc. Se ubican transversalmente a la dirección general del halo anómalo principal y se disponen en forma sistemática, es decir, regularmente espaciadas sin buscar que se realicen sobre los máximos determinados. Las dimensiones están en relación directa del fenómeno que se quiere investigar, pero generalmente llegan a la profundidad de 2 a 3 metros con un largo de hasta 10 ó más metros. El ancho, es generalmente el que permite al obrero trabajar, pero oscila entre los 0,80 y 100 metros. Se busca con esta investigación física obtener información sobre el comportamiento de la mineralización hacia profundidad y obtener algún dato sobre su posible control.

Para ello, a medida que son finalizadas las labores, el equipo de prospección realiza un relevamiento geológico-radimétrico detallado de pardes.

En el relevamiento geológico se pretende consignar todos los de-

III.6.13

talles referentes a la composición de la roca, su litología, granulometría, caracteres estructurales y tectónicos; presencia de mineralización de uranio o de cualquier otro elemento. Para realizarlo se implanta sobre las paredes y frente a una malla cerrada, que puede ser de 0,20 x 0,20 ó 0,50 x 0,50 m, marcándola con puntos de pintura, para luego sobre ella realizar la radimetría de pared. Los registros radimétricos se realizan, colocando un colimador de plomo al extremo de la pistola cintilométrica, dejando libre la parte inferior para permitir el paso de las radiaciones. Se evita así el efecto de masa, que se produce por trabajar con un detector en un ambiente cerrado donde la radiación proviene de todos lados.

La representación gráfica de ambos relevamientos se realiza a igual escala, confeccionando el radimétrico en papel transparente para permitir la superposición al geológico. Sobre esta base se marcan y fraccionan las muestras que luego de procesadas y molidas se envían a laboratorio para su análisis químico.

Los tenores analíticos que se obtienen de las muestras así tomadas, junto a potencias mineralizadas determinadas en dichos gráficos, son valiosos elementos de juicio que colaboran con los aportados por la radimetría superficial para tomar decisión respecto a la prosecución de trabajos exploratorios de mayor envergadura.

IV.2 Plan de Sondeos

Una vez finalizada la etapa de laboreo superficial y conocidos los resultados analíticos que nos muestran la extensión y continuidad de la mineralización, se decide la prosecución de la etapa siguiente de exploración física regular, mediante un programa de perforaciones. Este programa debe contemplar la ejecución de perforaciones testigadas para investigar la continuidad de la mineralización hasta un determinado nivel, que puede ser -20 ó -40 metros, si se trata de una manifestación del tipo filoniano o con control tectónico. Si fuera sedimentario las perforaciones se ubicarán para alcanzar los estratos mineralizados a esas profundidades.

Con la finalidad de poder establecer una relación entre radiactividad-tenor químico, todas las perforaciones son perfiladas geológica y radimétricamente y los testigos analizados químicamente. Con estos datos de base se efectúa el cálculo para determinar la recta de correspondencia e interpretar luego adecuadamente los registros radimétricos de perfilajes de perforaciones.

Cuando, por razones geológico-tectónicas, o de otra índole, no es posible realizar perforación testigada, se puede reemplazar a éstas por sondeos percutantes con cutting, utilizándose para la evaluación una recta de correspondencia radiactividad-tenor químico. El procedimiento para la obtención de los datos de base para el cálculo de la misma, es el siguiente: aprovechando las labores realizadas en la etapa de prospección detallada, se ubican varias perforaciones a 0,50 ó 0,60 m sobre los laterales, con profundidades iguales a

la alcanzada por la labor. En etapas siguientes las perforaciones son perfiladas por todos los equipos a utilizar durante la ejecución del programa y luego descalzadas hasta dejar libre la media caña del sondeo.

Sobre dicha media caña son marcadas, con pintura, las distintas fracciones a muestrear, y posteriormente extraídas de acuerdo a las normas clásicas del muestreo tipo canaleta. Las muestras una vez procesadas y cuarteadas son enviadas a laboratorio para su análisis cuantitativo por uranio. Con estos datos de base se efectúa luego el cálculo de la recta de correspondencia radiactividad-tenor químico.

"No existen límites bien precisos entre la finalización de la etapa de prospección y el comienzo de la exploración-evaluación de una manifestación". Sin embargo en la CNEA generalmente se ha considerado finalizada la primera, cuando el conjunto de datos logrados durante la prospección radimétrica detallada, laboreo superficial y un programa de perforaciones, permite definir cualitativamente una manifestación y aconsejar su exploración posterior con vista a evaluar sus reservas.

V. EJEMPLOS DE RELEVAMIENTOS RADIMETRICOS GAMMA

V.1 Relevamiento sistemático Gamma Los Gigantes

En el extremo norte de la Sierra Grande en la Provincia de Córdoba, mientras se reconocían algunas pegmatitas berilíferas en el Batolito de Achala, se observó un trozo de roca granítica con impregnaciones de amarillos de uranio, en relación con la zona de falla principal sobre la escarpa oriental de la Sierra.

Este hallazgo fué el comienzo de una investigación radimétrica terrestre en la etapa de prospección sistemática. Conocido el caracter regional del fenómeno tectónico que se pretendía investigar, ya que dicha zona de falla se extiende entre los parajes conocidos como Los Gigantes al norte y Copina al sur, se decidió investigarla con prospección aérea detallada para acelerar el conocimiento. Se obtuvo así una serie de anomalías aéreas, muchas de las cuales estaban alineadas en relación directa con la estructura tectónica, motivo por el cual se decidió investigarla mediante radimetría terrestre sistemática a lo largo de la traza de la falla. Algunas comprobaciones mediante prospección expeditiva, permitieron certificar la ubicación terrestre de las principales anomalías aéreas, así como la conveniencia del trazado de un eje a lo largo de la zona de falla, para la ejecución de perfiles radimétricos en una etapa de prospección sistemática.

Dado el desarrollo longitudinal de algunas aureolas anómalas se consideró que con perfiles cada 50 metros, normales al eje, se tendría suficiente posibilidad para la determinación areal de las principales anomalías.

Se estimó que 400 metros de longitud para los perfiles, era su-

III.6.15

ficiente para cubrir la zona con posibilidades uraníferas. Una vez marcados los perfiles se tomaron lecturas radimétricas en forma constante y fija cada 5 metros, aumentándose dicha frecuencia en aquellos sectores que resultaron más anómalos.

El equipo de trabajo lo constituyó un Geólogo Jefe de Comisión; 1 Técnico Minero como encargado de equipo de prospección y tres prospectores (obreros calificados que fueron instruidos en el manejo del cintilómetro). Los prospectores recorrían las líneas o perfiles efectuando lecturas fijas cada 5 metros, distancia que medían con cinta métrica. Los valores radimétricos, los datos geológicos, así como la ubicación de los mojones fueron anotados en la libreta del jefe de equipo. Con estos datos y con las correcciones de distancia efectuadas se confeccionó el plano radimétrico a escala conveniente.

Para el trazado de la carta de isoradiactividad (fig.2), fué necesario establecer el "back-ground" o valor de fondo de la zona (0.30 Mr/Hr) ; tomándose luego a partir del mismo los intervalos radiactivos siguientes 0.050-0.10-0.25 y mayores que éste para indicar las aureolas más importantes. Con esta carta se obtuvo una primera información respecto al posible control geológico o estructural de la manifestación.

Para el caso particular de Los Gigantes se obtuvieron tres zonas anómalas con mineralización de uranio, relacionadas con la zona de falla, de ellas, una es el actual Yacimiento Schlagintweit. Presentó una amplia aureola anómala de casi 1.000 por 250 metros, con una orientación NW-SE, dirección esta que fué utilizada para el trazado del eje de radimetría detallada y base para la futura investigación física.

La tarea de campo demandó la realización de 240 perfiles radimétricos para cubrir la distancia que media entre Copina y Los Gigantes efectuándose aproximadamente 20.000 lecturas. Se utilizaron cintilómetros americanos, hoy en desuso en el país, por ello no se dá una correlación con los cintilómetros franceses que actualmente usa la CNEA.

V.2 Relevamiento radimétrico detallado Yacimiento "Schlagintweit"

Utilizando el eje implantado en la parte central de la aureola radimétrica determinada por prospección sistemática se efectuó un relevamiento radimétrico detallado con malla de 10m x 5m. Para ello se trazaron perfiles normales al eje, cada 10 metros, materializándolos en el terreno mediante varios mojones de piedra, que luego fueron relevados taquimétricamente. Se insiste en la corrección de distancia entre lectura, a efectos de evitar las deformaciones del plano radimétrico resultante y poderlo superponer al topográfico-geológico.

El área cubierta con prospección radimétrica detallada (fig.3) alcanza a las 25 hectáreas, en las que se realizaron 111 perfiles con un total de 8.000 lecturas fijas y aproximadamente 2.000 intermedias. Se utilizaron cin-

tilómetros franceses S.P.P.2.

El equipo de relevamiento se integró con un Técnico Minero, como encargado de las anotaciones y cuatro prospectores que se desplazaban a lo largo de líneas cada 10 metros, efectuando mediciones de distancia con una cadena convenientemente señalizada cada 5 metros. Para las anotaciones se usaron planillas con marcación a escala 1:1000 colocadas en un dispositivo especial.

La carta de isoradiactividad permitió obtener aureolas anómalas más fuertes con elongación según el rumbo NW-SE; dirección preponderante de las diaclasas, fracturas menores y una zona de falla central.

Hacia el sector oriental las curvas isorradias se sucedían con menor espaciamiento hasta llegar a la zona de falla oriental con valores de fondo. Esta interpretación fué lograda luego de varios ensayos con distintas escalas de intervalos a partir de las 250 c/s determinadas como "back-ground". La amplitud de los valores radimétricos registrados permitió finalmente elegir una escala de intervalos que estableció; para los valores más bajos, diferencias que partiendo de 50 c/s se incrementan hasta llegar a 70 c/s; para continuar luego, en los más elevados, con el duplo del inmediato anterior, es decir 140 c/s - 280 c/s - 560 c/s, etc.

La etapa primera de investigación física comprendió la ejecución de 10 trincheras normales a las principales aureolas anómalas y un programa de 10 perforaciones testigadas y dirigidas al NE buscando cortar una estructura tectónica más importante que fuera responsable de la dirección y elongación de la anomalía.

Las labores fueron relevadas radimétricamente (fig.4) mediante una malla que establecía líneas verticales cada 0,30 m, con lecturas sobre las mismas cada 0,10 m. Las lecturas radimétricas se tomaron con cintilómetro americano 111 B provisto de un colimador de plomo de 0,10 m de alto por 0,01 m de espesor.

En cuanto al detalle geológico de paredes se realizó siguiendo la técnica clásica, es decir, sobre una línea horizontal como base se referían con cinta métrica todos los datos geológicos y tectónicos. Estos relevamientos sirvieron de base para la localización y fraccionamiento de las muestras.

V.3 Relevamiento radimétrico sistemático Sierra de Pichiñán (Chubut)

En la vertiente occidental de la Sierra de Pichiñán, en el Departamento Paso de Indios de la Provincia del Chubut, se localizó mediante prospección aérea radimétrica detallada, una serie de anomalías e indicios uraníferos. En razón de la gran extensión del área con anomalías, se decidió subdividirla en tres sectores para realizar la prospección radimétrica terrestre, denominados Norte, Central y Sur. Nos referiremos en este trabajo a la parte Central, también llamada área piloto; por estar allí reunidas la mayor densidad de anomalías.

III.6.17

La configuración topográfica del sector Central permitió realizar el trabajo de campo con bastante facilidad, comparado con lo ya comentado de las Sierras de Córdoba.

La documentación cartográfica de la zona era deficiente existiendo tan solo un plano 1:500.000 del Instituto Geográfico Militar; un plano topográfico-geológico de YPF y el relevamiento aerofotogramétrico efectuado por // CNEA a escala 1:10.000. Para la valorización de las anomalías, en primer término se realizó una radimetría sistemática malla 50 x 25 m apoyada sobre un estaqueo de 50m x 50m acotado, como control de distancia entre lecturas y como apoyo a todo trabajo posterior. Este estaqueo partía de un eje Este-Oeste, de tal manera de brindar líneas de perfil Norte-Sur.

El equipo de prospección radimétrica compuesto por cuatro prospectores y un jefe de anotaciones, se desplazaba sobre líneas Norte-Sur, determinando las distancias a pasos, con control cada 50 metros, y realizando las lecturas radimétricas cada 25 metros. Para evitar inconvenientes en la comunicación de las lecturas, ya que la separación entre los prospectores de los extremos era 150 metros, se utilizó equipos pequeños de transceptores. Para acelerar el relevamiento y disminuir los costos de estaqueo de apoyo, los sectores Este y Oeste fueron realizados utilizando como base los fotomosaicos a escala 1:10.000. Para ello sólo fué necesario realizar líneas Este-Oeste sobre las que se implantó estacas cada 50 metros. Estas líneas, perfectamente ubicadas en el fotomosaico sirvieron de base para la orientación de los prospectores en el campo. El fotomosaico con un papel transparente superpuesto, sirvió para realizar el carteo geológico y anotar las mediciones radimétricas, mientras que los controles de distancia se hicieron utilizando los accidentes topográficos reconocidos en la foto.

Con la utilización de las dos técnicas de apoyo en el campo, el relevamiento radimétrico sistemático comprendió aproximadamente 20 km². Con la última técnica de apoyo en el campo se obtuvo rendimientos muy elevados que llegaron hasta 40 hectáreas por día.

Para la confección de la carta de isoradiactividad, una vez determinado el valor de fondo en 100 c/s; se tomaron intervalos que partiendo de 20 c/s continúa con el duplo para la siguiente, estableciendo así la escala de curvas que a continuación vemos : 100 c/s; 120; 160; 240; 400; 700 c/s y > 700 c/s. Con esta interpretación se determinó un conjunto de aureolas anómalas las que por su importancia y ubicación se dividió en manifestaciones. Arealmente estas anomalías se integran demostrando que pertenecen al grupo fluvial de la Fm. Los Adobes y ocupando dentro de este el miembro inferior "A" y la porción inferior del "B".

V.4 Prospección radimétrica detallada "Cerro Cóndor"

En esta manifestación uranífera, una vez detectada la anomalía

aérea, verificada por tierra y conocida su extensión areal, se determinó realizar inmediatamente la prospección radimétrica detallada sin pasar por la etapa anterior de prospección sistemática.

Antes de comenzarla y como paso previo para servir de apoyo a todo trabajo posterior, se efectuó un estaqueo de malla 50 x 50 m acotado. Fué trazado un eje Este-Oeste con estacas cada 50 metros y sobre cada una de ellas se hicieron pasar perfiles al Norte y Sur, con longitudes variables de acuerdo a los conocimientos previos que sobre la zona se tenían, de tal manera que cortarían los niveles anómalos.

La técnica utilizada para el relevamiento radimétrico detallado es la clásica para ambientes sedimentarios donde los desniveles, si bien pueden ser grandes, tienen pendientes uniformes y permiten la determinación de distancia a pasos. Un grupo de cuatro prospectores se desplazaban en forma simultánea utilizando la alineación de las estacas de los perfiles, manteniendo entre sí la equidistancia, que en este caso fué de 10 metros y efectuando lecturas radimétricas cada 5 metros con cintilómetros S.P.P.2.- El control de distancia se efectuó cada 50 metros en coincidencia con las estacas. Las anotaciones se efectuaron directamente en planillas, que a escala 1:1.000 permitían cubrir una superficie correspondiente a 12 hectáreas.

El área de la manifestación corresponde a una loma alargada y levemente inclinada al occidente, con un truncamiento bastante brusco en el lateral oeste y un ensanchamiento hacia el lado opuesto.

En general los registros radimétricos del área son inferiores a 100 c/s y solo en las proximidades, tanto inferiores como superiores de dichos niveles se obtienen incrementos. Como estos niveles se ubican sobre la ladera de dicha loma, desde su parte media a superior, la zoneografía ha delimitado casi perfectamente el contorno del conjunto anómalo en sus laterales Norte, Oeste y Sur. Para la interpretación zoneográfica de los valores radimétricos superficiales se ha utilizado una equidistancia entre curvas isorradias, que para las dos primeras es de 20 c/s ; continuando sucesivamente con el duplo de la anterior. Se ha considerado que 100 c/s constituye el máximo de lo que puede llamarse valor de fondo, por tal motivo este es el valor de la primera curva, continuando con 120, 140, 180, 260, 420, 740 y 1380 c/s.

Las aureolas anómalas se relacionan con niveles de conglomerados y limos arenosos, con materia carbonosa, del ciclo fluvial perteneciente al grupo del Chubut, los que no siempre se encuentran bien expuestos. No obstante, con la carta de isoradiactividad, se ha delimitado casi perfectamente el contorno del conjunto anómalo.

Con los resultados de la interpretación radimétrica superficial se elaboró un plan de investigación física por medio de labores, la que fué realizada mediante 8 destapes y trincheras, ubicadas 4 en la ladera Norte y 4 en la Sur. Fueron ubicadas sistemáticamente cada 50 metros, tratando de cortar los halos anómalos más importantes en ambos sectores.

III.6.19

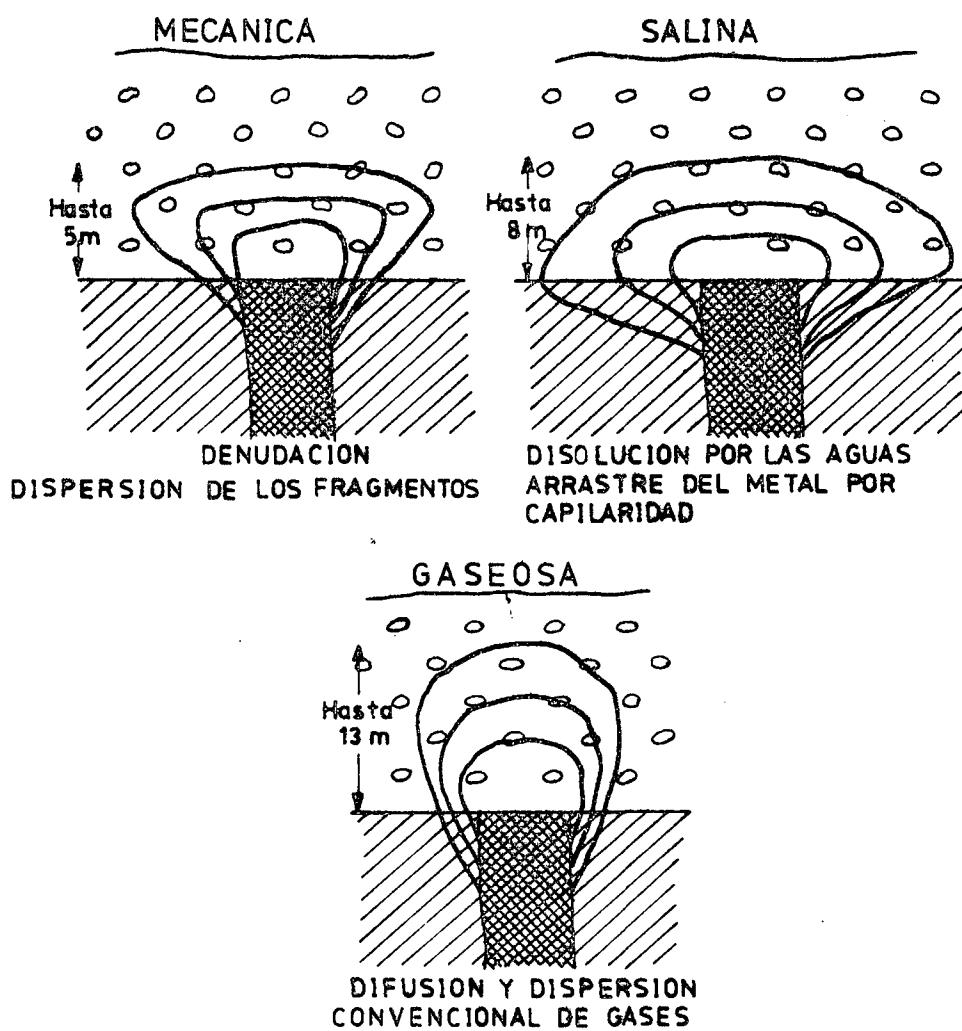
Las labores efectuadas han confirmado las aureolas radimétricas superficiales poniendo de manifiesto, algunas de ellas, mineralizaciones correspondientes a pequeños cuerpos, mientras que otras, tanto por su posición topográfica como por las condiciones litológico-radimétricas en ellas observadas, indicarían que se trata de un cuerpo mucho mayor.





El relevamiento radimétrico-litológico de labores fué realizado a malla cuadrada de 0,20 x 0,20 m. Para la radimetría fué utilizado un cintilómetro S.P.P.2, provisto de un colimador de plomo de 0,10 m de alto por 0,01 m de espesor que reduce los registros a 1/4 aproximadamente de su valor sin protector.

Las muestras fueron ubicadas sobre los laterales, en forma alternada, con un intervalo de 2 metros, comenzando desde el frente. En total, entre muestras totales y fraccionadas se extrajeron 59.

La existencia de dos aureolas anómalas con valores tan importantes separadas por un intervalo de más de 300 metros, con un aumento considerable de la sobrecarga, indicaría que pueden existir ocultas iguales o mejores condiciones de mineralización ; que deben ser investigadas mediante un programa de perforaciones.

TIPOS GENETICOS DE AUREOLAS DE DISPERSION

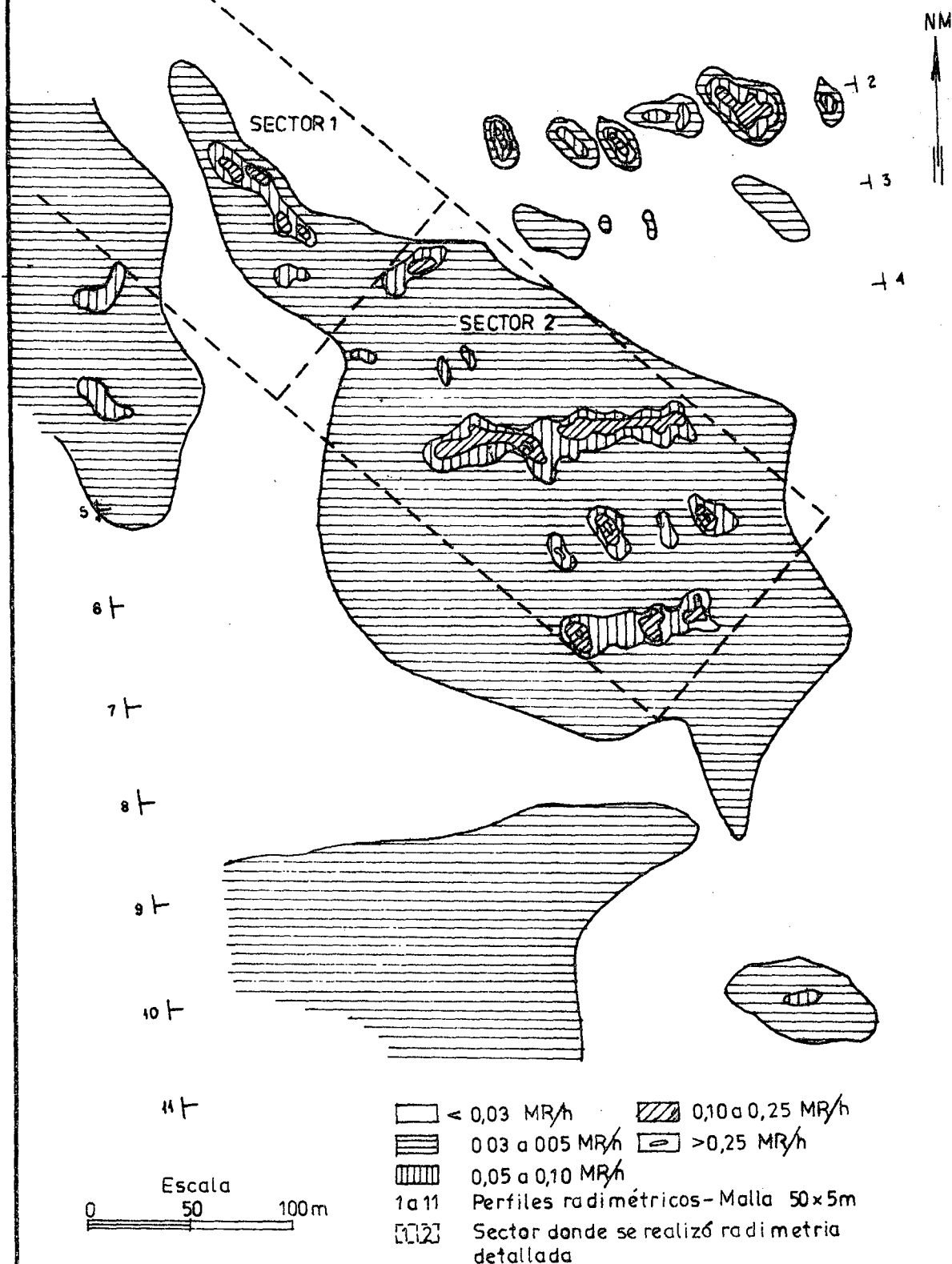


- | | | | |
|---|----------------------------------|---|-------------------------------------|
|  | Recubrimiento |  | Masa mineral |
|  | Rocas que rodean la masa mineral |  | Lineas de igual grado de dispersion |

Segun Grammakov y Cols.

C.N.E.A.
GERENCIA DE EXPLORACION
PCIA DE CORDOBA

MANIFESTACION URANIFERA SCHLAGINTWEIT
PROSPECCION RADIMETRICA SISTEMATICA

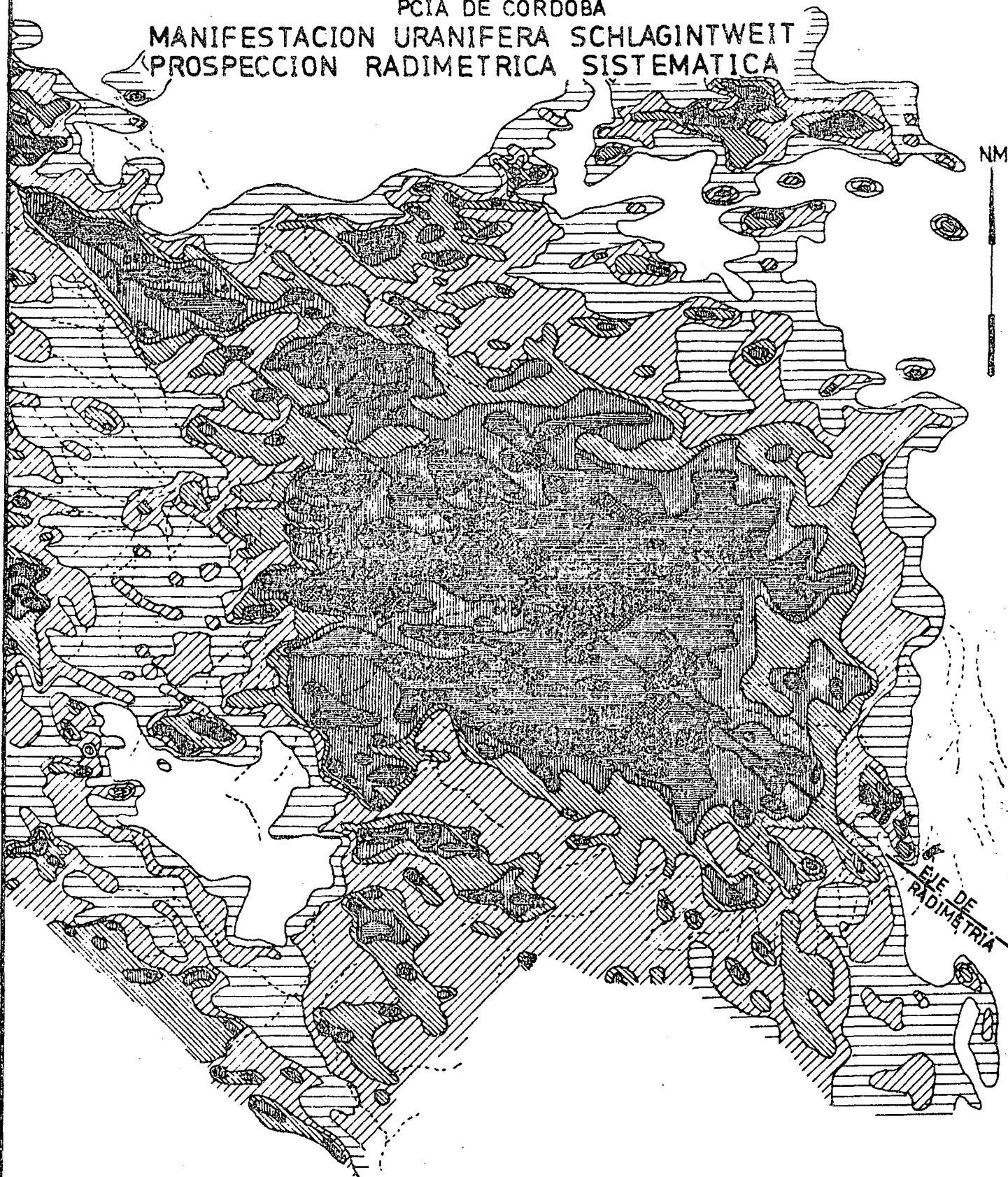










U. G. 22
C.N.E.A.

FIG 3

GERENCIA DE EXPLORACION
PCIA DE CORDOBA

MANIFESTACION URANIFERA SCHLAGINTWEIT
PROSPECCION RADIMETRICA SISTEMATICA

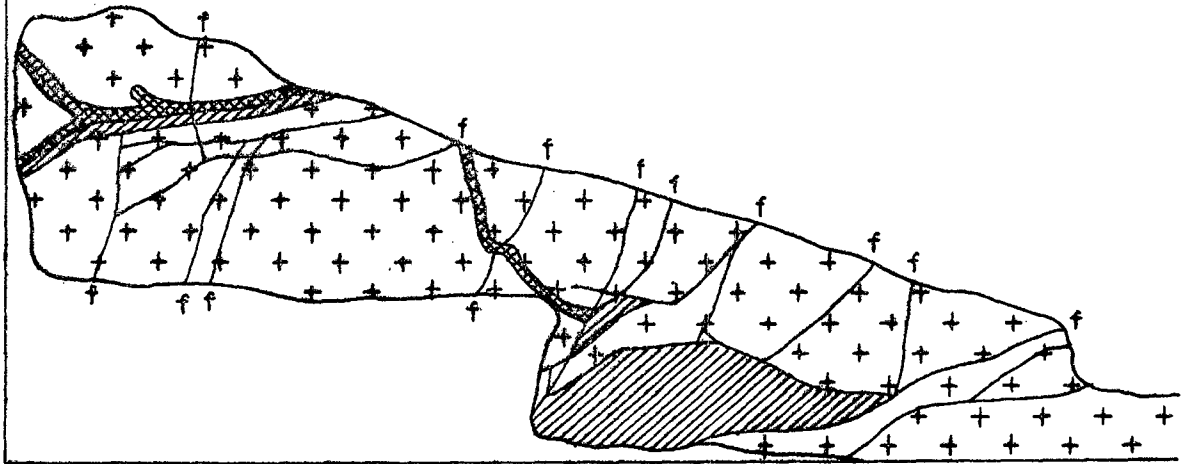


	250 % < Fondo		431 570 %
	251-300 %		571 850 %
	301-360 %		851 1410 %
	361-430 %		1411 % >

C.N.E.A.
GERENCIA DE EXPLORACION
PCIA. DE CORDOBA

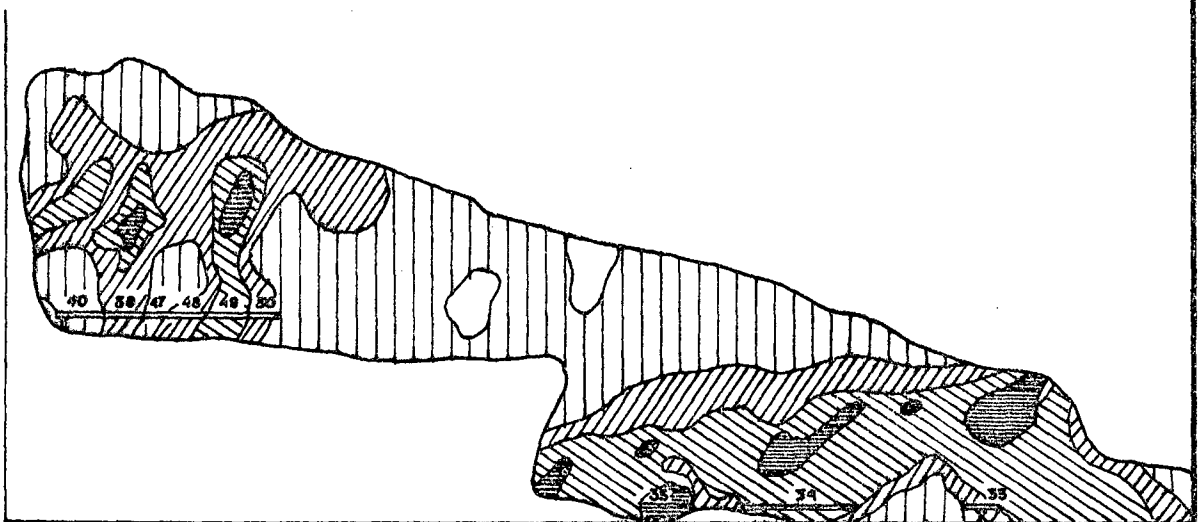
MANIFESTACION URANIFERA SCHLAGINWEIT

A) GEOLOGIA

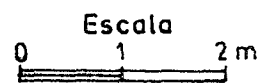


- Granito
- Pegmatitas
- Arcillas de falla
- Fallas

B) RADIMETRIA



- $< 0,03 \text{ MR/h}$
- $0,03 \text{ a } 0,05 \text{ MR/h}$
- $0,05 \text{ a } 0,10 \text{ MR/h}$
- $0,10 \text{ a } 0,25 \text{ MR/h}$
- $0,25 \text{ a } 0,50 \text{ MR/h}$
- Muestreo



(Mediciones con colimador de Pb)

BIBLIOGRAFIA

- BOWIE, S.H.U.- "Métodos, tendencias y requerimientos en la exploración del uranio". Instituto de Ciencias Geológicas. Londres-Inglaterra. Traduc. por P.A.Saucedo Aponte, 1975.
- AGOCS, W.B.- "Prospección cintilométrica aérea". (The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, 48, n°515, p.109 (1955)- Traduc.por A.L.Coco,CNEA, 1975.
- RODRIGO, F.- "Curso regional de capacitación en la Prospección de Uranio. 1. La prospección de uranio, planificación y selección de métodos". Tomo II, 1977.
- MARTINEZ, C.G.- "Métodos de Prospección Uranífera. 6a. Prospección radimétrica terrestre". Tomo III, 1969.
- CARRAT, H.G.- "El Método de Prospección de Uranio en una División Minera. (Puesta a punto y resultados)", 1959.
- ANZULOVICH, J.C. y BERIZZO, J.A.- "Informe preliminar complementario de los estudios realizados en la vertiente occidental de la Sierra de Pichiñán - Departamento Paso de Indios - Prov.del Chubut. Agosto 1971-Mayo 1972", 1972.
- ANZULOVICH, J.C.- "Informe prospección radimétrica detallada Manifestación Nuclear "Cerro Cóndor"-Departamento Paso de Indios - Prov.del Chubut", 1972.

I N D I C E

I.	INTRODUCCION	pág.	III.6.1
II.	DEFINICION-FUNDAMENTOS-LIMITACIONES e INSTRUMENTAL.	"	III.6.2
II.1	Radiactividad	"	III.6.2
II.2	Fundamento y aplicación en prospección de minerales	"	III.6.2
II.3	Limitaciones	"	III.6.3
II.4	Detectores	"	III.6.4
III.	PROSPECCION RADIMETRICA	"	III.6.4
III.1	Clasificación o División	"	III.6.5
	III.1.a - Prospección general	"	III.6.5
	III.1.b - Prospección terrestre	"	III.6.5
III.2	Prospección radimétrica terrestre o gamma	"	III.6.5
	III.2.a - Aplicación	"	III.6.5
	III.2.b - Etapas que comprende	"	III.6.6
	III.2.c - Apoyo, planificación y coordinación	"	III.6.7
	III.2.d - Personal	"	III.6.7
	III.2.e - Algunas conceptos básicos de la Gammametría	"	III.6.8
	III.2.f - Desarrollo del Método	"	III.6.8
	III.2.g - Operación en campaña	"	III.6.8
IV.	INVESTIGACION FISICA PRELIMINAR	"	III.6.12
IV.1	Laboreo Minero	"	III.6.12
V.	EJEMPLOS DE RELEVAMIENTOS RADIMETRICOS GAMMA	"	III.6.14
V.1	Relevamiento sistemático Gamma Los Gigantes	"	III.6.14
V.2	Relevamiento radimétrico detallado Yacimiento "Schlagintweit"	"	III.6.15
V.3	Relevamiento radimétrico sistemático Sierra de Pichiñán (Chubut)	"	III.6.16
V.4	Prospección radimétrica detallada "Cerro Cóndor" ..	"	III.6.17

//..

-	FIGURA N° 1	pág.	III.6.20
-	FIGURA N° 2	"	III.6.21
-	FIGURA N° 3	"	III.6.22
-	FIGURA N° 4	"	III.6.23
-	BIBLIOGRAFIA	"	III.6.24
