



C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO	AÑO
1	1979

05.79.04 al  
05.79.09



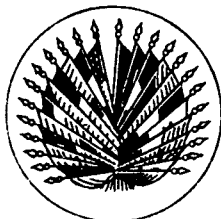
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA DE LA REPUBLICA ARGENTINA  
Y COMISION INTERAMERICANA DE ENERGIA NUCLEAR

# CURSO LATINOAMERICANO DE EVALUACION DE INDICIOS URANIFEROS

TOMO I

1º de Agosto - 30 de Noviembre  
BUENOS AIRES  
1979

05 79.05



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



CURSO LATINOAMERICANO  
DE EVALUACION DE INDICIOS URANIFEROS

Buenos Aires, 1° de Agosto - 30 de Noviembre de 1979

---

CNEA-AC-11/79

EVALUACION DE INDICIOS URANIFEROS

METODOLOGIAS - RESULTADOS

HUGO OLSEN

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

BUENOS AIRES  
AGOSTO-NOVIEMBRE 1979

EVALUACION DE INDICIOS URANIFEROS  
METODOLOGIAS - RESULTADOS

HUGO OLSEN  
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

1. DEFINICIONES

INDICIO. Es el signo aparente y probable de que existe una cosa. Por lo tanto un indicio uranífero es la indicación de la existencia de uranio, lo que desde luego no presume la existencia de un depósito comercial susceptible de ser explotado. El largo camino a recorrer, desde el descubrimiento de un indicio uranífero hasta su valorización definitiva, involucra la aplicación de un conjunto de conocimientos, que se materializan en el uso de diferentes técnicas tendientes a ese fin. El resultado final podrá ser o bien negativo, en cuyo caso no se realizan inversiones ulteriores en su estudio y se la descarta o, por el contrario positivo en cuyo caso se aconseja y planifica trabajos ulteriores, tendientes a evaluar las reservas uraníferas y definir la existencia o no, de un cuerpo susceptible de ser explotado económicamente.

Como es conocido, el Uranio es un elemento que existe en la naturaleza en un estado inestable produciéndose su fisión y la consiguiente emisión de radiaciones alfa, beta y gamma, fácilmente detectables, con instrumentos radimétricos sensibles, cuyas principales características se verán en una exposición ulterior de esta serie de conferencias sobre valorización de indicios uraníferos.

Esta propiedad física del uranio es ampliamente empleada para lograr su identificación en el terreno. Son así los métodos de detección radimétricos los más ampliamente utilizados para la localización de indicios uraníferos.

Además de estos métodos de detección física del uranio es común el empleo de métodos de detección química. Ambos suministran, en general, amplios espectros de valores diferenciables (no uniformes), entre los que debemos de seleccionar aquellos que por su valor pudieren configurar una situación expectante, de existencia de un cuerpo mineralizado. Todos los pasos que hay que dar para llegar a tal definición y el trayecto que hay que recorrer son el objetivo de este Curso.

El primer paso generado a través de la exploración uranífera es la determinación de una anomalía (radimétrica o química).

Anomalía es por definición una irregularidad, es decir una situación que escapa a la norma general. Los geólogos de CNEA realizan una clara distinción entre anomalía e indicio, computándose la primera como una irregularidad radimétrica o química, que probablemente indique la presencia del elemento uranio; la certificación de la existencia de un tenor de uranio en cantidades límites de ser explotadas, convierten una anomalía en un indicio uranífero. El valor de esa cantidad límite o tenor de corte lo fijamos en 100 PPM, habiendo ciertos sectores especializados de valoración de recursos uraníferos mundiales que actualmente pretenden fijar este límite en 50 PPM, mas aun no se han establecido normas al respecto.

Resumiendo, anomalía es cualquier indicación que presuma la existencia de uranio; indicio es la presunción confirmada para un tenor de corte prefijado.

## 2. SECUENCIA DEL PROCESO EXPLORATIVO

La valorización de un indicio uranífero involucra etapas de exploración, de creciente complejidad y costo, por lo que es menester ordenar el reconocimiento, siguiendo pautas de exploración que tiendan a sacar el mayor provecho posible a las etapas de menor costo, antes de proceder al empleo de las siguientes.

Es decir, el proceso de exploración responde al mismo concepto que el de construcción de un edificio y por ello se lo denomina "la arquitectura de la exploración"

### 2.1. 1° FASE Exploración Regional

En general se eligen áreas del orden de los 30 a 50.000 Km<sup>2</sup> como unidades de exploración regional o bien de mayor magnitud. Areas más pequeñas en general resultan antieconómicas desde el punto de vista de los costos de exploración debido a la incidencia de los gastos fijos (traslado al área, supervisión, montaje de instalaciones, etc).

#### 2.1.1. 1° ETAPA Recopilación Geológica

Constituye el primer paso ineludible a fin de programar

la exploración de un área presuntivamente de interés uranífero.

Se recopila toda la información geológica producida sobre el área en cuestión, se analiza y sintetiza, en forma escrita y gráfica, sobre planos de escala del orden 1:500.000 a 1:100.000.

Se analiza la existencia de fuentes posibles de aporte de uranio y probables áreas de concentración del elemento.

Se estudian los perfilajes geológicos y/o radimétricos producidos por otros Entes, que hubieren explorado el área con anterioridad.

Se analizan muestras preexistentes procedentes del área a fin de determinar la existencia de anomalías radimétricas, que pudieren configurar un indicio primario.

Se planifica la exploración a fin de volcar el mayor esfuerzo en aquellos sectores que por características geológicas resulten presuntivamente de mayor interés, y se condiciona la metodología a utilizar, en función de diversos parámetros, tales como desniveles topográficos, accesibilidad del área, densidad de caminos y distribución de estructuras tectónicas y de plegamiento, clima y apoyo logístico.

#### 2.1.2. 2° ETAPA Elección, planificación y ejecución de la prospección. Relevamiento de Anomalías.

Asumiendo la presencia de un área virgen a explorar por uranio, se define la técnica a utilizar en la exploración, de acuerdo a la siguiente secuencia de elección, determinada por costos crecientes.

- a. Prospección radimétrica aérea. Conteo total o con discriminación: (u\$s/Km<sup>2</sup> 5 a 10) para conteo total, y (u\$s/Km<sup>2</sup> 10 a 30) con discriminación.(1).

Esta técnica no es de aplicación satisfactoria, en el caso de existencia de relieves topográficos juveniles muy marcados, o de áreas densamente cubiertas por vegetación y en zonas de constantes condiciones meteorológicas adversas.

- b. Radimetría autoportada (de u\$s/Km<sup>2</sup> 7 a 45) sólo aplicable en áreas de elevada densidad de caminos, o áreas playas sin vegetación, de fácil transitabilidad con vehículos de doble tracción. Se la puede emplear como técnica de reconocimiento muy general de un país, del que se carezca cualquier tipo de información radimétrica que fundamente la elección de áreas explorativas de interés. Necesita buena cartografía o fotografía aérea de apoyo.

- c. Prospección geoquímica (de u\$s/Km<sup>2</sup> 8 a 55 - geoquímica de alu

viones). Técnica de general aplicación en aquellas áreas que no pueden ser resueltas con a-b, y que involucra la obtención de información adicional sobre otros elementos de interés económico.

Cualquiera de estas técnicas se utilizarán en la primera fase explorativa, con un criterio regional, amplio espaciamento de puntos de muestreo a fin de confeccionar un plano radimétrico o geoquímico, que circunscriba los sectores de mayor interés a los que se le asigna un orden de prioridad, para su reconocimiento ulterior, estimándose que esta primera fase explorativa ha de reducir el área original a una superficie de interés no mayor del 10-15 % de la original, o sea unos 3.000 a 5.000 Km<sup>2</sup>, que puede estar dividida en varios sectores.

La malla de reconocimiento en esta etapa de la exploración puede variar entre 1 Km y 5 Km.

- d. Radimetría a pie, sobre recorridos abiertos, normalmente siguiendo principales líneas de drenaje, (de u\$s/Km 70 a 500) siendo un método lento, que necesita un buen apoyo cartográfico o fotográfico, y generalmente no adaptable al reconocimiento de vastas áreas vírgenes.

## 2.2. 2° FASE. Exploración areal (Descarte de Anomalías no económicas)

Los resultados arrojados por la exploración realizada en la fase 1, darán una imagen de la distribución de anomalías radimétricas o eventualmente geoquímicas, de acuerdo al método de prospección utilizado.

Dada la particular característica de los minerales radiactivos, de ser fácilmente detectables por métodos geofísicos y geoquímicos, y su amplia distribución en la naturaleza, determina asimismo una saturación de anomalías, que en el 99 % de los casos no constituyen un yacimiento económicamente explotable, pero están indicando el movimiento de soluciones mineralizantes, siendo necesario hallar los lugares donde las mismas produzcan concentraciones de interés.

Esta secuencia de la exploración, tiende a reducir aún más el área detectada en la fase anterior y en general se puede definir como el proceso de descarte de anomalías no económicas, que se realizará mediante un proceso gradual de eliminación de las mismas. El proceso de eliminación se realiza, por intermedio de 4 etapas, que involucran la aplicación de técnicas cada vez más complejas y de costo creciente.

### 2.2.1. 1° ETAPA (Localización y clasificación de Anomalías)

Revisión preliminar de anomalías. Involucra la localiza

ción en el terreno de las anomalías radimétricas o geoquímicas, y su clasificación preliminar en anomalías a descartar, y aquellas que merecen un estudio de mayor detalle.

Entre las anomalías a descartar, se indicarán todas las que responden a cambios formacionales o a las que no tengan continuidad, en formaciones sedimentarias, volcánicas o ígneas, las que obedezcan a concentraciones reducidas en ambientes del cuaternario, y eventualmente aquellas que ya han sido descartadas en reconocimientos anteriores, si los hubiere.

El resto se recomendará para una segunda etapa de reconocimiento más detallado. Se estima descartar en esta etapa, un 60 % de anomalías, que no merecen ulterior estudio. (Cameron, J. OIEA (2)).

Esta etapa puede atenderse con una comisión geológica integrada solamente, por un geólogo y un chofer, que debería de definir cada anomalía, en el término de dos días (acceso, ubicación e informe).

#### 2.2.2. 2° ETAPA (Determinación de los parámetros de las anomalías y clasificación de indicios)

Todas las anomalías recomendadas en la primer etapa son aquellas que merecen un estudio más detallado con el objeto de discernir su importancia, requiriendo por lo tanto, la aplicación de una metodología más precisa que un simple análisis superficial.

Son aquellas anomalías, o conjunto de ellas, que posean una cierta extensión lateral y/o radimétrico destacado, que permita suponer una concentración de más de 100 PPM de U<sub>308</sub>.

Esta etapa involucra la ejecución de perfiles irregulares de radimetría, en general ploteados sobre fotografía aérea, ejecución de destapes, para seguimiento de las anomalías en áreas de encapamiento superficial y muestreo de los sectores de mayores alzas, con el objeto de determinar químicamente la presencia de uranio.

Por este procedimiento se espera descartar un 50 % de las anomalías a estudiar en esta etapa, mayormente por no tener continuidad, o un espesor de interés o una ley económica.

Estas anomalías pueden ser definidas, por una comisión integrada por, un geólogo, un chofer/cocinero y un operario, que deberían poder estudiar una anomalía por semana.

#### 2.2.3. 3° ETAPA (Medición de parámetros superficiales de los indicios uraníferos)

Se analizarán aquí aquellos indicios uraníferos que para su definición requieran estudios más profundos, ya que la metodo-

logía aplicada en la etapa anterior, de rápido reconocimiento, ha determinado la presencia de un cuerpo con posible continuidad y espesor económico, y el muestreo de los picos radimétricos acusan valores químicos de interés.

Se requerirá una radimetría de semidetalle, con malla del orden de los 100 m y lectura cada 5 m, relevamiento geológico expeditivo sobre fotografía aérea (escala 1:50.000), apertura de trincheras, y muestreo en canaleta sistemáticamente realizado, a lo largo de los afloramientos.

Se estima que en esta etapa se elimina un 66 % de los indicios a estudiar.

La tarea correspondiente a esta etapa se realizará con una comisión constituida por un geólogo, un técnico minero, un chofer/cocinero y dos operarios, y se estima que cada indicio podrá ser estudiado e informado, en el transcurso de un mes de campana.

#### 2.2.4. 4° ETAPA (Cuantificación de parámetros de indicios)

Se estudiarán aquí aquellos indicios uraníferos, que como consecuencia de los trabajos anteriores de índole superficial, indiquen un posible interés económico, para cuya certificación se requieren trabajos de exploración subprofundos, mediante la ejecución de sondeos y eventuales trabajos mineros, los que deben ser apoyados en relevamientos geológicos areales (escala de 1:5.000), radimetría detallada de sectores de interés y labores, estudios geofísicos y muestreos sistemáticos de labores.

Se estima se ha de eliminar un 79 % de los indicios provenientes de la 3er. etapa.

Los trabajos correspondientes a la 4° etapa, se han de realizar, con una comisión compuesta como mínimo, por 1 geólogo, 1 técnico minero, 1 chofer, 1 cocinero y 4 peones para control geológico y relevamiento, apoyados por grupos de perforaciones y de laboreos minero (o en su defecto contratación de sondeos y laboreos), grupos de geofísica, y de laboratorio químico-petrográfico.

Se debería definir cada indicio, en el plazo de 3 a 5 meses.

El resultado de esta etapa definiría unos pocos distritos o depósitos de interés económico, en el caso de una exploración exitosa y con ello finalizaría la prospección.

#### 2.3. 3° FASE Evaluación

Involucra tareas de gran detalle y elevadas inversiones, ya que es menester la aplicación intensiva de técnicas de eleva-

do costo, como lo son las perforaciones y los laboreos mineros y los relevamientos geológico-mineros de gran detalle, (escalas 1:1.000 a 1:250) y muestreos sistemáticos a malla muy densa (por ej. cada 2 m), además de tareas auxiliares como geofísica, sedimentología, ensayos de tratamiento y recuperación en escala piloto, etc.

Durante esta fase, no sólo se evalúa la totalidad de las reservas del depósito, sino que se preparan los laboreos de acceso a la masa mineral susceptible de ser extraída económicamente.

La duración de este período puede extenderse más allá de los 5 años de labor continuada.

El personal mínimo de atención en campo, ha de estar constituido por 2 geólogos, 2 técnicos mineros, 2 cocineros, 2 choferes, y 10 operarios, amén del apoyo de otros grupos especializados como lo mencionado en la etapa anterior.

La duración de todo el proceso, desde la identificación de un indicio, hasta la explotación del eventual cuerpo mineralizado por él indicado, es un proceso que se desarrollará en un plazo de 8 a 10 años.

Es de hacer notar y remarcar que la experiencia desarrollada en los países donde se ha realizado una exploración intensiva por uranio, se ha determinado fehacientemente que la estrategia más aconsejable para acceder a un depósito de mineral uranio, consiste en realizar una tarea ordenada de exploración, siguiendo los lineamientos generales expuestos, los que involucran ir de las grandes áreas favorables prospectadas, y mediante eliminaciones sucesivas, llegar al estudio de los sectores de mayor prioridad.

No es aconsejable quemar etapas en la prospección, volcando esfuerzos económicos considerables en el estudio de alguna anomalía o indicio particular, sin conocer el comportamiento regional y el grado de importancia relativa que posee ese indicio, dentro del contexto mineralizado regional, ya que generalmente se corre el riesgo de invertir tiempo y dinero en el indicio de 2° ó 3° orden y demorar la exploración de indicios de mayores expectativas.

En resumen, es necesario sistematizar la exploración, yendo de las grandes áreas, a los sectores particulares de interés económico.

### 3. SELECCION DE ANOMALIAS Y/O INDICIOS URANIFEROS

Definimos una anomalía, como una irregularidad. Esta irregularidad puede ser positiva (en más) o negativa (en menos) o de un valor medio. Desde luego, desde el punto de vista de exploración por uranio, interesan las anomalías positivas, es decir aquellas

que sobrepasan un valor medio, que es llamado el fondo o "back ground" del área estudiada o de alguna formación geológica en particular.

Por lo tanto, para que podamos definir un valor determinado como anomalía, debemos establecer claramente que es lo que se considera el fondo y que valor radiométrico o químico por encima del mismo que sea considerado anomalía, para así identificar los puntos que se estiman de interés para una revisión ulterior.

Veremos, en forma somera, los diferentes métodos aplicados para determinar o definir fondo y anomalía y con el objeto de simplificar la exposición nos referiremos a valores radiométricos, recogidos en la exploración, entendiendo que métodos similares son aplicables a los valores geoquímicos obtenidos en el curso de una prospección.

La distribución de uranio en la naturaleza, como ya se dijera, es amplia y variada, presentando distintos grados de concentración según la roca portadora, desde 1 PPM en rocas básicas a 5 PPM o más en granitos. Esta variación de concentración, se traduce asimismo en una variación de valores radiométricos detectados según el ambiente y por consiguiente, aún con instrumentos perfectamente calibrados no podremos decir nunca, por ejemplo, que 5 cuentas por segundo constituye el fondo y 10 c/s anomalía, siendo aún más compleja la situación en ambientes sedimentarios, donde en proporción variada se entremezclan detritus de rocas de distinto contenido unitario de uranio.

A medida que se avanzó en el conocimiento del comportamiento de la distribución de la mineralización uranífera, se establecieron métodos más ajustados de definición de los parámetros que condicionan la existencia de una anomalía, variando la complejidad de los mismos, desde el sencillo tratamiento manual del cálculo involucrado, hasta el tratamiento de la información por computación.

Veremos en líneas generales los procedimientos más comúnmente utilizados para definición de anomalías.

### 3.1. 1° método

Utilizado en los comienzos, consistía simplemente en considerar como fondo, el valor radiométrico más bajo obtenido dentro de un área relevada y fijar el valor de anomalía, en forma subjetiva e intuitiva en un valor de radiactividad más elevado, en general condicionado por la experiencia del operador, referente al área tratada.

Asimismo, se fijan cortes sucesivos a niveles cada vez mayores sobre la base de incrementos regulares v.gr. 100-200-300 C/s.

Para que este sencillo método dé resultados favorables, es necesario contar con una experiencia muy desarrollada del comportamiento del área prospectada, cosa que generalmente no sucede, por lo que su aplicación hoy es casi nula, salvo en aquellas situaciones donde el ambiente geológico presenta un comportamiento radimétrico muy uniforme y constante.

Una variación en este método consiste en adoptar como fondo el promedio de todos los valores radimétricos, y de allí para arriba fijar el valor de la anomalía.

### 3.2. 2° método

La experiencia desarrollada con el método 1, indicó a los operadores que el mismo no era de aplicación satisfactoria, en la mayoría de los casos tratados donde la geología es cambiante ya que cada formación posee su fondo propio y lo que se puede considerar una anomalía sobre una formación ígnea básica, no pasaba de ser un valor de fondo en un ambiente ígneo ácido, y además en la mayoría de los casos, al realizarse la prospección de grandes áreas, existe un escaso conocimiento de los cambios litológico-formacionales que permita definir un fondo adecuado, en cada punto.

El 2° método consiste en fijar como valor de fondo local, el suministrado por el promedio de los valores de la radiactividad en el inmediato entorno del valor anómalo, y definir éste como un cociente del mismo sobre el valor medio, v.gr.  $3,54 \times B.G.$  (Background).

Este sistema es de fácil aplicación y cálculo, en aquellos casos en que la registración de la radiactividad se realiza a lo largo de itinerarios, con toma de lecturas a intervalos regulares, tales como los que se realizan en el transcurso de un relevamiento aerorradimétrico, radimetría a pie o autoportada, mas es lento y tedioso, y no resulta fácil de definir la magnitud del trayecto anterior y posterior a la anomalía, que es menester promediar, a fin de hallar un valor congruente de fondo, dados los cambios formacionales. Sin embargo es un método que se ha utilizado frecuentemente en trabajos de prospección aerorradimétrico y carborne. Tiene el inconveniente de que si se toma como valor de fondo un trayecto anterior y posterior muy largo, tiende a incrementar el número de anomalías a considerar, y si dicho trayecto es corto, a deprimir las anomalías dentro de áreas radimétricas anormales.

Ambos métodos involucran un conocimiento subjetivo del comportamiento radimétrico de las áreas prospectadas, es decir que la evaluación de qué valor resulta de interés para una investigación ulterior, tiene una base subjetiva, ya que los más optimistas toman un valor  $x B.G.$  bajo como índice de anomalía, pero así complican y encarecen la investigación ulterior; en cambio los más pesimistas toman un valor  $x B.G.$  elevado y pierden así

La ocasión de conocer la distribución areal de la radiactividad, que frecuentemente es el índice de la existencia de cuerpos mineralizados, más que una anomalía alta por separado, sobre todo teniendo en cuenta que los sistemas normales de prospección radiométrica son discretos y no continuos, se siguen itinerarios, no se cubre todo el terreno y por lo tanto lo que interesa es conocer las aureolas de dispersión y de distribución del uranio, y no puntos altos ocasionales. Una anomalía radiométrica no sólo debe tener "peso" (valor alto) sino "cuerpo" (extensión areal) para poder indicar un probable depósito económico.

A fin de eliminar la subjetividad en la elección de valores que representan anomalías recomendables, el geólogo ha recurrido a la estadística matemática para fijar los valores que deban ser considerados de interés, con lo que pasaremos a.....

### 3.3. 3° método

Si nosotros realizamos un diagrama de frecuencias con todos los valores radiométricos relevados en el transcurso de una campaña de prospección, observaremos que ellos se distribuyen según la curva en campana (curva de Gauss-Laplace o curva normal), distribución típica de los fenómenos aleatorios que obedecen a las leyes de la estadística matemática. (Fig. A-1).

El fenómeno de la aleatoriedad del valor radiométrico queda determinado por dos circunstancias.

- a) El fenómeno de desintegración radiactiva es un fenómeno que se produce al azar.
- b) La distribución del uranio es de gran variabilidad en la naturaleza, debido en general a los cambios litológicos presentes, y generalmente no conocidos.

La curva de distribución, como se dijo tiene una forma de campana y queda definida por 2 magnitudes:

La mediana, valor central a partir del cual existen tantos valores mayores como menores que él.

El desvío tipo, que mide el grado de achatamiento de la curva, ya que ésta puede fluctuar entre límites amplios, obteniéndose una figura en campana "abierta" cuando existe una amplia dispersión de valores radiométricos, tales como los obtenidos sobre terrenos de mezcla litológica, o bien de campana "cerrada", sobre terrenos de litología uniforme.

El desvío tipo mide ese grado de mayor o menor apertura de la curva en campana y es un valor tal, que si tomamos a partir de la mediana una vez este valor hacia arriba y hacia abajo, el tramo de la curva normal considerada incluirá el 66 % de los valores registrados. Si en cambio tomamos 2 veces el desvío tipo,

desde la mediana, hacia arriba y 2 veces hacia abajo, el tramo de la curva incluirá el 95 % de los valores registrados y si tomáramos 3 desvíos tipo en la misma forma, se incluirían el 99 % de los valores.

Cuál es la utilidad de esto? La mediana nos definirá un valor radimétrico medio, que nosotros adoptaremos como fondo o back-ground radimétrico, y todos los valores que se encuentren por encima de la mediana más un desvío tipo, serán considerados anomalías, digamos de 3° orden; los que están por encima de la mediana más 2 desvíos tipo, anomalías de 2° orden y los de la mediana más 3 desvíos tipo, anomalías del 1° orden, y otro ordenamiento según la experiencia aconseje como más aceptable.

Veremos un ejemplo práctico, sencillo, sobre la aplicación de este método, definiendo los sectores anómalos de una radimetría del frente de una labor (Figura A-2) y el empleo de la planilla de cálculo estadístico (Figura A-3) para fijar los niveles de corte radimétrico, que nos permita la elaboración de una zoneografía estadísticamente definida.

El ejemplo anterior, en donde se involucran unos pocos datos o valores, es fácilmente manejable en forma manual y con una sencilla calculadora portátil. En general cuando se realiza el análisis de toda la información proveniente de una campaña de prospección el número de datos base es muy voluminoso y en ese caso la única posibilidad de manejo de la información, es en base al empleo de computación mecánica, que no sólo es más rápida, sino que elimina la posibilidad de cometer errores humanos inevitables, cuando se manipula tal volúmen de información.

En las páginas A-4 al A-8 se da un ejemplo del tratamiento estadístico por computación de la información recogida en el transcurso de una campaña de autoportada, realizada por el Organismo Internacional de Energía Atómica en Grecia, y el tratamiento ulterior de la información así obtenida.

El ajuste de la distribución de los valores radimétricos a la curva "normal" no es perfecto y por ello se prefiere a veces el empleo de la distribución log-normal, ya que se comprueba, en el caso de los valores radimétricos, que los logaritmos de los mismos se ajustan con mayor precisión a la curva de Gauss-Laplace que los valores en sí.

Para el cálculo de mediana y desvío tipo de los valores logaritmicos el Commissariat de l'Energie Atomique de Francia ha diseñado una planilla de cálculo, de amplio uso en nuestro país. (Fig. A-9).

El mismo ejemplo de radimetría del pique N° 1 en la Figura A-10 es tratado estadísticamente en forma log-normal, pudiéndose constatar las leves diferencias entre la zoneografía obtenida con uno u otro sistema.

Esta metodología, si bien más elaborada en lo referente a la fijación de valores de corte que signifiquen anomalía, adolece del inconveniente de que se mezclan valores radimétricos correspondientes a litologías distintas, suministrando un valor medio de fondo, que puede ser alto para formaciones de bajo contenido normal de uranio y bajo para formaciones con alto contenido de uranio, semejante a lo que ocurre con el método 1 ya visto, siendo entonces necesario un conocimiento de la geología prospectada para definir la validez de una anomalía. Ello en general es posible en aquellos métodos de prospección donde el geólogo para tomar la muestra o el valor radimétrico, entra en contacto con el terreno, lo que le permite asignar a cada punto muestreado una indicación de la litología presente en el lugar. En cambio para métodos remotos, como el de prospección aerorradimétrica, en general es difícil tener control sobre la geología sobrevolada y corremos el riesgo de perder anomalías sobre formaciones de bajo movimiento propio (fondo).

Ello se ilustra con la Figura A-11, en cuya sección A se esquematiza un perfil radimétrico a lo largo de una trayectoria. El simple análisis del mismo indicaría como anomalía más prominente la correspondiente al punto "Co". En la sección B del gráfico se ilustra la variación del movimiento propio, correspondiente a diferencias litológico-formacionales. Si nosotros restamos ese movimiento propio del perfil A obtendremos el perfil corregido "C", en el cual vemos que la anomalía "Do" pasa a ser tan importante como la "Co".

Los métodos de selección de anomalías basados en este procedimiento correctivo por movimiento propio regional constituye el:

#### 3.4. 4° método o de mapeo regional de residuales

El sistema utilizado involucra la necesidad de contar con una buena y más bien densa cobertura de valores a analizar, y consiste en una "ventana" (cuadrada o circular) que se desplaza sobre el mapa regional con los valores relevados (radimétricos o químicos). Esta ventana se mueve siguiendo trayectorias en general rectilíneas y a pequeños saltos.

Dentro de esa ventana (que puede ser un pedazo de cartón con una ventana) caerán diversos valores del mapa los que se promedian y asignan al centro de la ventana, luego de lo cual se la desplaza en un incremento, con lo cual aparecerán algunos nuevos valores dentro de la misma, los que a su vez se promedian asignando el valor a la nueva posición del centro de la figura. Así se barre todo el mapa regional de valores, a intervalos constantes, y se tiene un nuevo mapa de valores que refleja el movimiento propio regional, que se restan de los valores originales generando un mapa de residuales.

Esta metodología puede ser desarrollada manualmente, mas es sumamente tediosa y de elevado consumo de tiempo, por lo cual se han desarrollado métodos de computación, para mecanizar el proceso (3).

Existen modificaciones más elaboradas del método, también denominado de "fondo cambiante", tales como las de asignar al valor central de cada posición de la ventana no la media aritmética de los valores "vistos" en cada posición, sino la media de los valores ponderados por una función proporcional a la distancia de cada muestra al centro de posición (función en la que en general entra el cuadrado de la distancia de la muestra al centro posicional).

Al determinarse por este método el fondo, se pueden tener distintas alternativas que suministren un fondo más o menos "uniforme" según:

- a- El tamaño de la ventana utilizada.
- b- La distancia entre posiciones de la ventana (es decir la cantidad de sobrecubrimiento).
- c- El peso que se da a cada muestra en su relación a la distancia de ploteo del valor promediado).

Para decidir la ventana a emplear, y el valor de desplazamiento de la misma, el geólogo debe de tomar en consideración varios factores tales como la densidad de valores registrados, la frecuencia de cambios geológico-formacionales y el grado de uniformidad del fondo medio que se desea obtener.

#### 4. REVISION GENERAL DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL RELEVAMIENTO DE INDICIOS URANIFEROS

Hemos visto que variadas tecnologías son utilizadas para el relevamiento de áreas uraníferas expectantes, y que la aplicación de las mismas debe de responder a un criterio de economía en tiempo y en dinero, de la exploración.

Veremos en una breve recopilación, los métodos utilizados en la exploración por uranio.

##### 4.1. Revisión de Antecedentes de muestreo y estudios desarrollados en el área a prospectar

Generalmente, en los institutos geológicos y mineros, existen antecedentes de estudios del área a prospectar por uranio y correspondientes a exploraciones realizadas, en el pasado, por otros elementos.

El primer paso a dar en el reconocimiento de un área, es el realizar un estudio con scintilómetro de las muestras disponibles, ya que en muchos casos se logran así indicios primarios,

que nos indicarán la existencia de zonas que será menester explorar, o mejor dicho prospectar, con mayor detenimiento.

Asimismo es útil el control de registros de sondeos en general realizados por la industria petrolífera, registros Gamma natural, pues nos pueden indicar el comportamiento radimétrico de formaciones sedimentarias.

Los valores hallados se plotearán en los planos de recopilación geológica, mas de ninguna forma involucrarán la eliminación de las etapas de prospección general, a lo sumo condicionarán su realización, no debiéndose caer en el error de la iniciación de trabajos de detalle sin el conocimiento global de la distribución radimétrica de la región, que es la que finalmente nos suministrará la posibilidad de dar un grado de prioridad a las anomalías y no correr el riesgo de la realización de costosas inversiones en sectores de un grado de prioridad secundario.

#### 4.2. Prospección aerorradimétrica

Es una metodología de prospección que forma parte de un amplio espectro de técnicas, entre las cuales el geólogo ha de decidir sobre la conveniencia de su aplicación.

Es desde luego una metodología de bajo costo unitario, cuyo principal inconveniente, es su característica de ser un sistema remoto en el cual el geólogo no tiene acceso inmediato al terreno prospectado, mas su rapidez de ejecución lo torna ideal para el reconocimiento regional que se desea realizar en la primer fase de la exploración.

Darnley (4) suministra una información comparativa que resulta de interés; en función de datos proporcionados por el Servicio Geológico Canadiense se determina que una campaña de prospección terrestre con discriminador portátil y relevamientos con líneas distanciadas 60 m costaba en 1973, en dólares canadienses \$ 780/Km<sup>2</sup>, realizando un grupo de dos hombres 2,5 Km<sup>2</sup> por mes, en cambio mediante un relevamiento aerorradimétrico, con distancia entre líneas de vuelo de 400 m, el costo es de 31 C\$/Km<sup>2</sup> y se pueden realizar 320 Km<sup>2</sup>/día. Si bien con el método terrestre se obtiene una mejor definición de los límites de anomalías, la diferencia en costos entre un método y otro es tal, que la balanza de elección se inclina sin ninguna duda hacia la ejecución aerorradimétrica.

Dos metodologías de prospección aerorradimétrica están en uso actualmente:

- a- Aerorradimetría de conteo total (gamma-total) y
- b- Aerorradimetría con discriminación de U, Th y K.

En líneas generales a- cuesta un 20-25 % de b- y por ello se adapta a los estadios iniciales de la prospección uraní

fera a fin de conocer el comportamiento radimétrico de un área virgen, y a efectos de delimitar áreas más reducidas, donde se utilizará el método aerorradimétrico con discriminación.

Las experiencias realizadas en los países de avanzada tecnología de exploración, indican que un sistema de conteo total es capaz de reconocer las grandes aureolas de dispersión de decenas a centenas de Km de diámetro, vinculadas a la presencia de cuerpos mineralizados con uranio y que basta una separación de líneas de vuelo de 8 Km para contar dichas aureolas y detectar así un área expectante.

Desde luego, el método de conteo total, con una inversión inicial más reducida (el equipo de detección cuesta un 70-50 % más barato) en cierto sentido hipoteca el futuro si se lo usara como única herramienta de prospección, al acusar un elevado número de anomalías, cuya presencia es debido a la distribución del K y del Th además del U y llevaría la prospección de detalle a considerar como áreas de interés a zonas carentes de uranio y a realizar inversiones en reconocimientos ulteriores totalmente injustificados.

Por ello, la tendencia mundial es utilizar el sistema de conteo total, como herramienta de primera aproximación, ante la necesidad de contar con algún tipo de información inicial de vastas áreas vírgenes, de las que no se tiene ningún tipo de antecedentes que permita limitar los sectores a reconocer con la aeroradimetría discriminada.

La existencia de un depósito uranífero involucra la presencia de concentraciones anormales de dicho elemento. El K en la naturaleza fluctúa en concentraciones del 0,1 al 10 %, el U del 0,4 a 4 ppm y para tener una concentración del interés uranífero desde el punto de vista económico debiéramos tener unos 1.000 ppm de U, es decir una concentración 250 veces mayor de la que es normal encontrar en la naturaleza. El torio, en cambio, figura en la naturaleza como trazas y con valores de 3 a 4 veces los del uranio. Por ello, para hallar una posible concentración de uranio, debemos analizar la relación U/K y U/Th; cuanto mayor sea esta relación tanto mejores son las expectativas de la anomalía.

En general se determina que la relación U/Th es más específica para el hallazgo de depósitos uraníferos económicos y que la relación U/K suministra halos de dispersión más amplios y fáciles de tocar, con las líneas de prospección aeroradimétrica discriminada.

Ello está basado en la experiencia de que la relación U, K, Th, se conserva con valores constantes sobre un amplio espectro de ambientes litológicos y solamente en aquellos casos de procesos mineralizantes esta relación es cambiada.

Otro factor de importancia a tener en cuenta en favor de

la determinación de las relaciones de U/K/Th, consiste en que permite eliminar anomalías de Uranio espúreas, determinadas por factores diversos tales como cambios formacionales, variación del ángulo de incidencia del detector, etc.

El sistema aerorradimétrico discriminado, utiliza la discriminación de la energía características de los foto-picos del K (1,46 Mev), U (1,76 Mev) y Th (2,62 Mev), mientras que el conteo total registra energías desde 0,2 a más de 2,62 Mev, según la instrumentación, y generalmente se registra asimismo durante el curso de la aerorradimetría discriminada.

Los valores registrados se corrigen por back-ground y por efecto de Compton y altura de prospección y se suministran al usuario como perfiles radimétricos apilados "Stacked-profiles" de Gamma total, U, Th, K, relación U/K, U/Th y Th/K y registro de altura de vuelo. Dichos perfiles se ubican en su posición de registro sobre copias de fotografía aérea del área prospectada.

La misma información se suministra asimismo como planos de isovalores a escala del apoyo fotográfico.

Para información ampliatoria sobre la metodología recurrir al trabajo de Darnley ya citado.

#### 4.3. Prospección autoportada

Se la utiliza, en general, como un método de exploración regional aunque su aplicación queda severamente limitada o condicionada a la existencia de una adecuada densidad de caminos de circulación, y a un adecuado apoyo cartográfico o de fotografía aérea para ploteo de itinerarios recorridos. Su ventaja es el reducido costo inicial y su desventaja su lentitud, aunque es aplicado en aquellos casos de exploración incipiente con reducido presupuesto. Su costo fluctúa entre 10 a 50 u\$s/Km<sup>2</sup> y una unidad puede cubrir del orden de 20 Km<sup>2</sup> diarios. La justificación de su aplicación reside asimismo en la posibilidad de intersección de las aureolas de dispersión del uranio, por lo que el ploteo y el tratamiento estadístico y zoneográfico de la información es esencial, tiene la ventaja del acceso a los puntos de registro, por lo cual es posible un primer muestreo de los sectores anómalos reconocidos y el descarte de valores espúreas por cambios formacionales u otros factores.

#### 4.4. Geoquímica

Es un método de exploración por uranio, intensivamente aplicado en el pasado para todas las áreas, y que actualmente en la industria del uranio tiende a ser reemplazada por los métodos radimétricos.

Se lo utiliza, sobre todo, en conjunción con la exploración por otros elementos de interés económico, o en aquellos ca-

Los donde la prospección aérea no resulta aplicable.

El procedimiento de exploración geoquímica es ampliamente tratado, en la literatura referente a la exploración por uranio, diremos aquí solamente, por uranio se muestrean tres medios:

- a- aluviones
- b- roca
- c- agua (hidrogeoquímica)

La validez del método, asimismo, queda justificada por la posibilidad de lograr la determinación de las extensas aureolas de dispersión del uranio.

El costo mayor de este método, lo constituye la toma de muestra (5 a 30 u\$s la muestra) y menor el de análisis (1 a 3 u\$s) pudiendo, cada grupo de trabajo recoger del orden de 20 muestras día.

Su aplicabilidad queda determinada por una serie de factores que es menester ponderar cuidadosamente, tales como regímenes de precipitaciones, vientos predominantes, accesibilidad de los puntos de muestreo, y en general requiere una programación cuidadosa a fin de evitar el recorrido de itinerarios inútiles.

#### 4.5. Radimetría a pie

La principal ventaja del método es que constituye la metodología más económica en su arranque y más sencilla, es decir la que menos inversión inicial requiere, pero como ya dijimos en 4.2., su rendimiento es pobre, por lo que su costo final es elevado. Necesita en general buen apoyo cartográfico y/o de fotografía aérea a fin de poder plotear adecuadamente la información a lo largo de los itinerarios recorridos. Generalmente se la utiliza, no como una herramienta regional, sino areal para definir con precisión los límites de áreas anómalas determinadas por otros medios más generales como los expuestos más arriba.

#### 4.6. Métodos emanométricos

Uno de los productos de desintegración del uranio es el radón (Rn 222), el cual es un gas que se desintegra a su vez, decayendo a un elemento sólido (Po 218 y Bi 214) que es alfa-emisor.

Siendo el gas radón un gas noble, que no se combina con otros elementos, persiste durante toda su vida media 3,8 días, difundiendo o disolviéndose en el agua, produciendo así halos de dispersión que reflejan la existencia del elemento madre, uranio, en situaciones no detectables por métodos radimétricos superficiales, es decir, la presencia de la radiación alfa, es un índice de la existencia de uranio.

Varios métodos utilizan esta propiedad para detección indirecta del uranio siendo los principales:

- a- Métodos de determinación de radiación alfa, por medio de la ionización que produce la emisión de una partícula alfa, que a su vez genera la conductividad del aire, motivando la descarga de un electroscopio (método del electrómetro de Ambron).
- b- Métodos de determinación alfa, por medio del centelleo producido en el Sulfuro de zinc por las partículas alfa (emanómetros de diversos tipos existentes en el mercado).
- c- Métodos de determinación alfa por trazas dejadas en materiales diversos, utilizándose en general plásticos. La radiación ionizante alfa tiende al pasar a través de un sólido, a disturbar la posición de los electrones superficiales de los átomos, dejando una traza de debilidad del material que se visualiza por un ataque ácido o básico, que tiende a corroer diferencialmente los trayectos disturbados.
- d- Métodos fotográficos, de placas con emulsión sensible a la radiación alfa (basado en la fluorescencia del Sulfuro de Zinc)

Estos sistemas han alcanzado un creciente prestigio y amplia utilización en la prospección por uranio, y algunos de ellos se pretende aplicarlos a escala regional, siendo más bien métodos de aplicación local a fin de vislumbrar las posibilidades en profundidad de afloramientos anómalos superficiales.

#### 4.7. Perforaciones

Es desde luego el método ideal para el reconocimiento y exploración de indicios uraníferos, aunado al perfilaje múltiple de los sondeos realizados.

No nos extenderemos aquí, sobre esta metodología ya que la misma se verá con mayor profundidad en futuras conferencias.

Normalmente, no es usada como método de exploración regional, dado su elevado costo, pero sí como herramienta de exploración para la localización de cambios litológicos que nos indiquen la presencia de condiciones de favorabilidad para la presencia de concentraciones uraníferas económicas en las cercanías y para su inmediata valorización.

Es el método ideal de definición de indicios, conjuntamente con el laboreo minero, ya que se accede a la posibilidad del muestreo directo de la mena uranífera.

Dado su elevado costo, su aplicación debe reducirse al estudio de sectores ya determinados como expectantes, por los métodos señalados más arriba, aunque su empleo en exploración abierta es frecuente en aquellos países con muy buena infraestructura in-

dustrial, que les permite reducir notablemente el costo del metro perforado.

#### 4.8. Métodos teóricos de descubrimiento de indicios

Se han formulado ideas para la aplicación de varios métodos que aún no han sido ensayados prácticamente, mas constituyen métodos que quizás en el futuro se desarrollen como aptos para la búsqueda de indicios uraníferos.

- a- Presencia de plomo radiogénico (Pb 208), producto final del proceso de decaimiento del uranio 238. Es evidente que sobre las áreas uraníferas existe una emanación de radón anormal, que gracias a su corta vida media (3,8 días) decae en productos sólidos, que finalmente dan origen a un elemento estable el Pb 208, y por consiguiente es razonable suponer que en las vecindades de los cuerpos uraníferos, existirá una concentración anormal de dicho Pb 208 que podría indicar en función a su concentración relativa, la existencia de cuerpos mineralizados de interés.

El sistema presenta el problema que se necesita el acceso a un espectrómetro de masa, a fin de determinar las pequeñas concentraciones del plomo radiogénico.

- b- Aumento térmico producido por el proceso de desintegración del uranio y sus hijas, el que evidentemente debe de generar una temperatura diferencial superior en las inmediaciones de los cuerpos uraníferos y en cierto grado proporcional a las concentraciones existentes.

No se ha logrado aún métodos tan sensibles como para diferenciar esta elevación térmica relativamente a la de irradiación solar, y eventualmente la geotérmica.

- c- Suceptibilidad magnética, método ensayado por USA que está en sus primeros estadios y basado en la alteración de los férmicos constituyentes de los sedimentos, en las áreas de oxidación y su no alteración en los sectores reducidos, estando la mineralización de uranio depositada en la interfase de oxidación-reducción; este distinto grado de alteración de los férmicos origina distintas características magnéticas, cuya determinación se ensaya, a efectos de lograr por métodos magnetométricos, la determinación de las zonas de interfase, objetivos preferenciales de exploración en los yacimientos en sedimentos psamopsefíticos.

Todos estos métodos, nos pueden suministrar un indicio sobre la existencia de un cuerpo mineralizado que tenga uranio en cantidades económicas susceptible de ser explotado con beneficio, pero la mayoría son métodos geofísicos indirectos, cuya correcta interpretación corre por cuenta de un especialista, un geólogo en este caso, que debe interpretar todos los datos recogidos en función de su experiencia y conocimientos geológicos y llega-

mos así a la conclusión de que todos estos métodos son buenas herramientas de trabajo siempre y cuando se las utilice en estrecha vinculación con los conocimientos geológicos, siendo así la geología el matrix que aglutina el buen uso de todas las técnicas mencionadas.

5. BIBLIOGRAFIA

- O.I.E.A. Uranium exploration methods, Pl. 490, pág. 298 - 299, Viena, 1973.
- CAMERON, James. Technical Assistance Report N° 372, O.I.E.A, Viena.
- MARTIN, L. Computerized regional - Residual separation for mapping and statistical evaluation of geochemical anomalies - En Geochemical Exploration, Special Vol. II. Can. Inst. Min. Met. (1971).
- DARNLEY, A.G. Airborne gamma - Ray survey techniques. Present and future - IAEA PI. 490/15. Viena, 1973.

I N D I C E

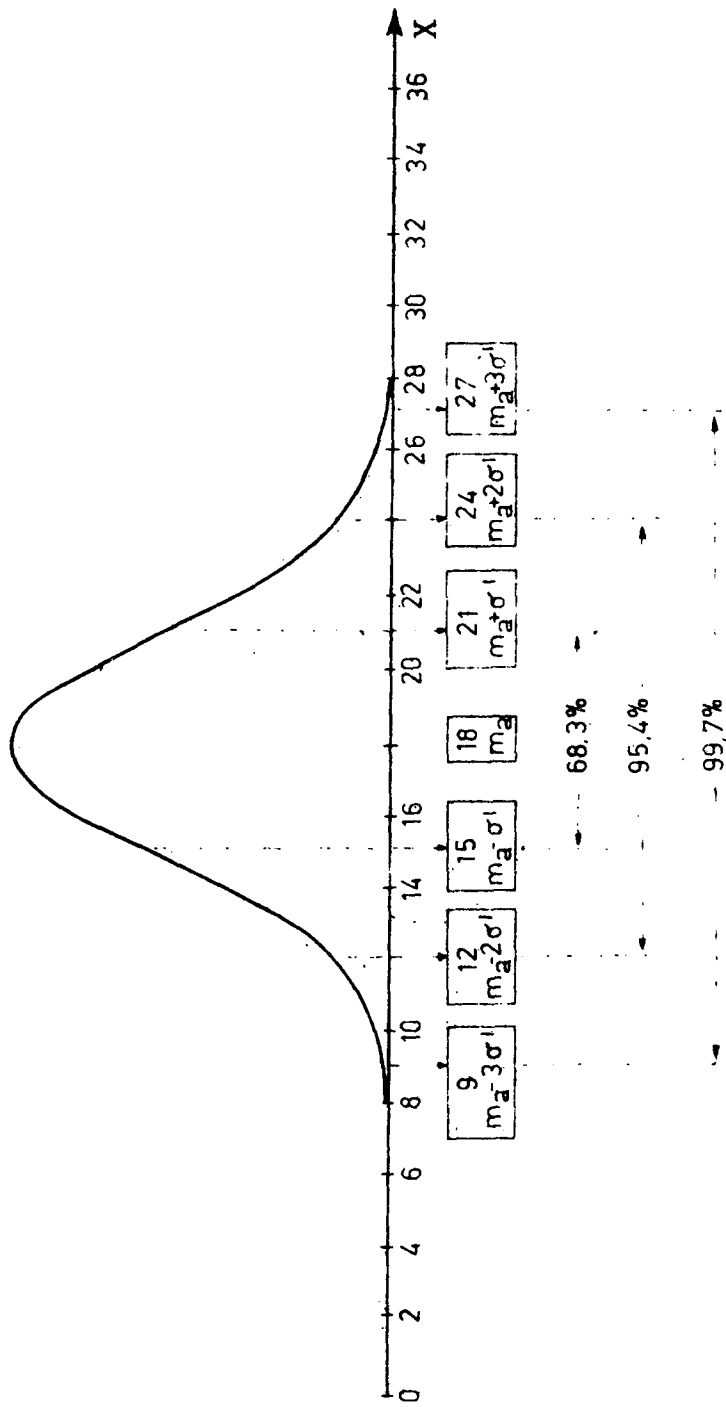
	<u>Págs.</u>
1. <u>DEFINICIONES</u> . . . . .	1
2. <u>SECUENCIA DEL PROCESO EXPLORATIVO</u> . . . . .	2
2.1. 1° FASE <u>Exploración Regional</u> . . . . .	2
2.1.1. 1° ETAPA <u>Recopilación Geológica</u> . . . . .	2
2.1.2. 2° ETAPA <u>Elección, planificación y ejecución de la prospección. Relevamiento de Anomalías.</u> . . . . .	3
2.2. 2° FASE <u>Exploración areal</u> (Descarte de Anomalías no económicas) . . . . .	4
2.2.1. 1° ETAPA (Localización y clasificación de Anomalías). . . . .	4
2.2.2. 2° ETAPA (Determinación de los parámetros de las anomalías y clasificación de indicios). . . . .	5
2.2.3. 3° ETAPA (Medición de parámetros superficiales de los indicios uraníferos). . . . .	5
2.2.4. 4° ETAPA (Cuantificación de parámetros de indicios) . . . . .	6
2.3. 3° FASE <u>Evaluación</u> . . . . .	6
3. <u>SELECCION DE ANOMALIAS Y/O INDICIOS URANIFEROS</u> . . . . .	7
3.1. <u>1° método</u> . . . . .	8
3.2. <u>2° método</u> . . . . .	9
3.3. <u>3° método</u> . . . . .	10
3.4. <u>4° método</u> o de mapeo regional de residuales . . . . .	12
4. <u>REVISION GENERAL DE TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL RELEVAMIENTO DE INDICIOS URANIFEROS</u> . . . . .	13
4.1. <u>Revisión de antecedentes de muestreo y estudios desarrollados en el área a prospectar</u> . . . . .	13
4.2. <u>Prospección aerorradimétrica</u> . . . . .	14
4.3. <u>Prospección autoportada</u> . . . . .	16
4.4. <u>Geoquímica</u> . . . . .	16
4.5. <u>Radimetría a pie</u> . . . . .	17
4.6. <u>Métodos emanométricos</u> . . . . .	17

I N D I C E

	<u>Págs.</u>
4.7. <u>Perforaciones</u> . . . . .	18
4.8. <u>Métodos teóricos de descubrimiento de indicios.</u> .	19
5. <u>BIBLIOGRAFIA</u> . . . . .	21

# CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL

FIG A-1





PLANILLA DE CALCULO ESTADISTICO (Ejemplo) Pique Nº 1 - Yac. Cº Solo Sector IX-3

CLASE	VALORES EN CADA CLASE	Nº INDIVIDUOS	ACUM	%	VALOR MEDIO	% x VM	VM-MA	(VM-MA) <sup>2</sup>	(JM MA) <sup>2</sup> %	MEDIA ARITMETICA (MEDIANA)=583
50		20	320	0,062	75	7,75	-458	209.764	13,005	290
100	□□□	15	300	0,047	175	8,22	-408	166,464	7,823	580
150	□□□	19	285	0,059	225	13,27	-358	128,164	7,561	870
200	□□□	1	266	0,003	275	0,82	-308	94,864	284	873
300		7	265	0,022	325	8,25	-248	43,264	952	1163
350	□□	10	258	0,031	375	13,17	-158	24,964	773	1453
400	□□□□□□	39	248	0,122	475	57,95	-108	11,664	1,423	
450	□□□□□□□□	43	209	0,134	525	70,35	-58	336	451	
500	□□□□□□□□	34	166	0,106	575	60,95	-8	64	7	
550	□□□□□□□□	31	132	0,097	625	60,62	42	1,764	171	
600	□□□□□□□□	26	101	0,081	575	54,67	92	8,464	685	
650	□□□□□□□□	18	75	0,056	725	40,60	142	20,164	1,129	
700	□□□□□□	11	57	0,034	775	26,35	192	36,864	1,256	
750	□□□□	6	46	0,019	825	15,67	242	58,564	1,112	
800	□□□	2	40	0,006	875	5,25	292	85,264	511	
850	□□	8	38	0,025	925	23,12	347	116,964	2,924	
900	□□	3	30	0,009	975	8,77	392	153,664	1,382	
950	□□	5	27	0,016	1025	16,08	442	195,364	3,126	
1000	□□	2	22	0,006	1075	6,45	492	242,064	1,452	
1050	□□	3	20	0,009	1125	10,42	542	293,764	2,643	
1100	□□	2	17	0,006	1175	7,05	592	350,464	2,102	
1150	□□	3	15	0,009	1225	11,02	642	402,164	3,709	
1200	□□	2	12	0,006	1275	7,65	692	478,864	2,873	
1300					1325		742			
1350		2	10	0,006	1375	8,55	792	708,964	4,254	
1400		3	8	0,009	1425	13,27	892	795,664	7,161	
1450		1	5	0,003	1475	4,57	942	887,364	2,662	
1500		2	4	0,006	1525	9,45	992	984,064	5,904	
1550		1	2	0,005	1575	8,12	1042	1085,764	3,258	
1600		1	1	0,003	1625	5,02	1092	1192,464	3,577	
16506					1675					
SUMATORIAS									84,167	810
									2	

PROBLEM NO 1 = FOR 2222I-2222III-2222IV

Appendix H  
page 1

TOTAL NUMBER OF DATA POINTS = 5716  
CLASS WIDTH = 5.000 CLASS MIN. = 0.000 CLASS MAX. = 255.000

ARITHMETIC MEAN = 116.591148  
STANDARD DEVIATION = 48.788033

CLASS	WIDTH	I	OBSERVED	DISTRIB.	I	NORMAL	DISTRIB.	I	CUM. DISTR	
			FREQ.	PERCENT	CUM. PC.	PERCENT	CUM. PC.		DIFFERENCE	
0.001	5.000	I	0	0.000	0.000	I	0.238	0.238	I	-0.238
5.001	10.000	I	0	0.000	0.000	I	0.302	0.539	I	-0.539
10.001	15.000	I	0	0.000	0.000	I	0.380	0.919	I	-0.919
15.001	20.000	I	2	0.035	0.035	I	0.472	1.392	I	-1.357
20.001	25.000	I	8	0.140	0.175	I	0.582	1.973	I	-1.798
25.001	30.000	I	14	0.245	0.420	I	0.709	2.682	I	-2.263
30.001	35.000	I	39	0.682	1.102	I	0.855	3.537	I	-2.435
35.001	40.000	I	63	1.102	2.204	I	1.020	4.557	I	-2.353
40.001	45.000	I	75	1.312	3.516	I	1.204	5.762	I	-2.245
45.001	50.000	I	113	1.977	5.493	I	1.407	7.169	I	-1.675
50.001	55.000	I	151	2.642	8.135	I	1.627	8.796	I	-0.661
55.001	60.000	I	179	3.132	11.267	I	1.861	10.657	I	0.609
60.001	65.000	I	169	2.957	14.223	I	2.107	12.765	I	1.459
65.001	70.000	I	179	3.132	17.355	I	2.361	15.126	I	2.229
70.001	75.000	I	223	3.901	21.256	I	2.617	17.743	I	3.513
75.001	80.000	I	219	3.831	25.087	I	2.871	20.615	I	4.473
80.001	85.000	I	252	4.409	29.496	I	3.117	23.732	I	5.764
85.001	90.000	I	301	5.266	34.762	I	3.349	27.080	I	7.682
90.001	95.000	I	251	4.391	39.153	I	3.560	30.640	I	8.513
95.001	100.000	I	320	5.598	44.752	I	3.744	34.385	I	10.367
100.001	105.000	I	230	4.024	48.775	I	3.898	38.282	I	10.493
105.001	110.000	I	253	4.426	53.202	I	4.015	42.297	I	10.905
110.001	115.000	I	232	4.059	57.260	I	4.092	46.389	I	10.871
115.001	120.000	I	188	3.289	60.549	I	4.127	50.517	I	10.033
120.001	125.000	I	216	3.779	64.328	I	4.120	54.636	I	9.692
125.001	130.000	I	226	3.954	68.282	I	4.069	58.705	I	9.577
130.001	135.000	I	184	3.219	71.501	I	3.977	62.682	I	8.820
135.001	140.000	I	188	3.289	74.790	I	3.846	66.527	I	8.263
140.001	145.000	I	126	2.204	76.994	I	3.681	70.208	I	6.786
145.001	150.000	I	148	2.589	79.584	I	3.486	73.694	I	5.890
150.001	155.000	I	88	1.540	81.123	I	3.267	76.960	I	4.163
155.001	160.000	I	113	1.977	83.100	I	3.029	79.990	I	3.111
160.001	165.000	I	79	1.382	84.482	I	2.780	82.769	I	1.713
165.001	170.000	I	60	1.050	85.532	I	2.524	85.294	I	0.238
170.001	175.000	I	88	1.505	87.037	I	2.268	87.562	I	-0.525
175.001	180.000	I	88	1.540	88.576	I	2.017	89.579	I	-1.003
180.001	185.000	I	71	1.242	89.818	I	1.775	91.353	I	-1.535
185.001	190.000	I	71	1.295	91.113	I	1.545	92.899	I	-1.786
190.001	195.000	I	74	1.295	92.407	I	1.331	94.230	I	-1.823
195.001	200.000	I	97	1.697	94.104	I	1.135	95.365	I	-1.261
200.001	205.000	I	53	0.927	95.031	I	0.958	96.323	I	-1.291
205.001	210.000	I	77	1.347	96.379	I	0.800	97.122	I	-0.744
210.001	215.000	I	49	0.857	97.236	I	0.661	97.783	I	-0.547
215.001	220.000	I	36	0.630	97.866	I	0.540	98.323	I	-0.457
220.001	225.000	I	45	0.787	98.653	I	0.437	98.760	I	-0.107
225.001	230.000	I	18	0.315	98.968	I	0.350	99.110	I	-0.142
230.001	235.000	I	17	0.297	99.265	I	0.277	99.387	I	-0.122
235.001	240.000	I	13	0.227	99.493	I	0.217	99.604	I	-0.111
240.001	245.000	I	5	0.087	99.580	I	0.168	99.772	I	-0.192
245.001	250.000	I	6	0.105	99.685	I	0.129	99.902	I	-0.217
250.001	255.000	I	3	0.052	99.738	I	0.098	100.000	I	-0.262
255.001	999.000	I	15	0.262	100.000	I	0.000	100.000	I	-0.000

\* MAX ABS DIFFERENCE BETWEEN CUMULATIVE DISTRIBUTIONS = 0.1090  
TEST WITH KOLMOGOROV-SMIRNOV STATISTIC. SAMPLE SIZE = 5716

PROBLEM NO 1 = FOR 2722I-2222III-2222IV

Appendix H  
page ii

PERCENT = $\bar{p}$	2	4	6	8	10	12	14
CLASS	I	I	I	I	I	I	I
0.001-*							
5.001- *							
10.001- *							
15.001- *							
20.001-I *							
25.001-I *							
30.001-III*							
35.001-III*I							
40.001-IIIII*I							
45.001-IIIII*III							
50.001-IIIII*IIIII							
55.001-IIIII*IIIIII							
60.001-IIIII*IIIIII							
65.001-IIIII*IIIIII							
70.001-IIIII*IIIIII							
75.001-IIIII*IIIIII							
80.001-IIIII*IIIIII							
85.001-IIIII*IIIIII							
90.001-IIIII*IIIIII							
95.001-IIIII*IIIIII							
100.001-IIIII*IIIIII							
105.001-IIIII*IIIIII							
110.001-IIIII*IIIIII							
115.001-IIIII*IIIIII *							
120.001-IIIII*IIIIII *							
125.001-IIIII*IIIIII *							
130.001-IIIII*IIIIII *							
135.001-IIIII*IIIIII *							
140.001-IIIII*IIIIII *							
145.001-IIIII*IIIIII *							
150.001-IIIII*IIIIII *							
155.001-IIIII*IIIIII *							
160.001-IIIII*IIIIII *							
165.001-IIIII*IIIIII *							
170.001-IIIII*IIIIII *							
175.001-IIIII*IIIIII *							
180.001-IIIII*IIIIII *							
185.001-IIIII*IIIIII *							
190.001-IIIII*IIIIII *							
195.001-IIIII*IIIIII *							
200.001-IIIII*							
205.001-IIII*III							
210.001-II*I							
215.001-II*							
220.001-I*II							
225.001-I*							
230.001-*							
235.001-*							
240.001-*							
245.001-*							
250.001-							
GT.255.-I							

OBSERVED DATA = I, NORMAL DISTRIBUTION = \*

# AUTOPORTADA INFORME DE HOJA N°

FECHA

A - F

ESTADISTICA	COBERTURA	VALORES ANOMALOS	
CUENTAS / SEGUNDO		N	%
MEDIA	117	TOTAL DE VALORES 5.716	100
DESUDIO TIPO	49	≥ 1 DESUDIO TIPO	17.2
MEDIA + 1 DESUDIO TIPO	168	≥ 2 DESUDIO TIPO	3.5
MEDIA + 2 DESUDIO TIPO	214	≥ 3 DESUDIO TIPO	0.24
MEDIA + 3 DESUDIO TIPO	263	≥ 4 DESUDIO TIPO	0.12
MEDIA + 4 DESUDIO TIPO	312		
PROSPECTADG 56110 Km			
TIPO DE COBERTURA Km <sup>2</sup> %			
AREA A CUBRIR	828	100	
BUENO > 1 Km <sup>2</sup> /Km <sup>2</sup>	251	30.0	
REGULAR > 0.05 a 1 Km <sup>2</sup> /Km <sup>2</sup>	79	9.5	
POBRE > 0 - a - 05 Km <sup>2</sup> /Km <sup>2</sup>	90	11.0	
SIN COBERTURA	408	49.0	

AUTOPORTADA RELACION ANOMALIAS A ROCA HUESPED HOJA N° ..... FECHA.....

ROCA	PROSP.	VALORES ANOMALOS - BG +			km POR ANOMALIA		OBSERVACIONES
		≠ 4 TIPO	3,00 - 3,99 TIPO	2,00 - 2,99 TIPO	BG + 4 G 1º ORDEN	BG + 3 G 2º ORDEN	
<b>TOTAL</b>	561.1	7	7	186	80.1	80.1	
<b>A-IGNEAS</b>	91.5		3	119		30.5	
1 INTRUSIVAS	89.7		3	118		29.9	
a GRANITO							
b							
c							
d							
2 EFUSIVAS	1.8			1			
a FESITA							
b							
c							
<b>B-METAMORFICAS</b>	116.3		1	14		116.3	
a ESQUISTO	62.8		1	14		12.8	
b GNEISS	2.8						
c MARMOL	47.1						
d CUARCITA	0.4						
e BRECHA	3.2						
f							
<b>C-SEDIMENTARIAS</b>	353.3	7	3	53	50.4	117.7	
a ALUVION	353.3	7	3	53	50.4	117.7	
b							
c							
d							
e							
f							
g							
h							

FICHA

## AUTOPORTADA REGISTRO DE ANOMALIAS DE LA HOJA N°

ANOM N°	FECHA DESCUB	PLANO - FOTOC	UBICACION			ELECTRIFICACION	MAX RAD/ B <sub>2</sub>	N° Sobre MEDIA	RECOMENDACIONES	PRIORIDAD	ANAL PPMU		
			RUTA	Km	PUÉBLO							AL°	Km
40	17/11 1971	I	169 B	10,5	Nea Peramos	210	3,0	ARENA RADIATIVA (PLAYA)	2,3	7,4	URANIO NO LIXIVABLE	3	-
41	17/11 1971	I	160 B	13,1	Nea Peramos	231	3,5	ARENA RADIATIVA (PLAYA)	1,5	3,0	URANIO NO LIXIVABLE	3	-
42	23/11 1971	I	163 F	1,8	Eleftherai	38	1,5	EN GNEISS - IGUAL ANOMALIA 7 (INFORME TA 639)	1,4	3,1	A VISITAR	1	-
43	9/2 1971	III	187 E	1,5	Loutra Eleftheron	182	5,0	ARENA RADIATIVA	3,2	10,3	-	3	-
44	23/11 1971	IV	163 O	2,0	Folea	215	3,0	GRANITO	1,2	3,1	A VISITAR	2	-
45	19/11 1971	IV	181 A	24,3	Folea	153	1,1	GRANITO	1,3	3,0	A VISITAR	2	-
46	9/2 1972	IV	187 F	2,8	Folea	172	5,0	ARENA RADIATIVA	4,2	11,5	-	3	-
47	9/2 1972	IV	187 Z	3,2	Folea	141	5,5	ARENA RADIATIVA	5,7	16,1	-	3	-

FIG. A-9

DEPENDENCIA PATAGONIA YACIMIENTO				Estudiado el:		Muestra	
Objeto del estudio: DETERMINACION MEDIANA Y				Tipo:		n log x	
Data estudiado: DE RADIMETRIA DEL PIQUE 1				por:		n log x	
Clase log	NUMERO DE INDIVIDUOS POR CLASE	%	Frecuencia acumulada	n	Límite inferior x	Log x	n log x
0,1					0,079	-1,1	
0,126					0,1	-1,0	
0,158					0,126	-0,9	
0,199					0,158	-0,8	
0,251					0,199	-0,7	
0,316					0,251	-0,6	
0,398					0,316	-0,5	
0,501					0,398	-0,4	
0,631					0,501	-0,3	
0,794					0,631	-0,2	
1,0					0,794	-0,1	
1,26				320	1,0	0,0	
1,58				315	1,26	0,1	2,20
1,99				293	1,58	0,2	1,60
2,51				285	1,99	0,3	6,00
3,16					2,51	0,4	
3,98				265	3,16	0,5	3,50
5,01				258	3,98	0,6	5,50
6,31				167	5,01	0,7	5,50
7,94				102	6,31	0,8	3,20
10,0				48	7,94	0,9	18,00
12,6				28	10,0	1,0	18,00
15,8				10	12,6	1,1	8,80
19,9				2	15,8	1,2	2,40
25,1					19,9	1,3	
31,6					25,1	1,4	
39,8					31,6	1,5	
50,1					39,8	1,6	
63,1					50,1	1,7	
79,4					63,1	1,8	
100					79,4	1,9	
					100	2,0	
				320			203,80
				N			Σ n log x

N: Número de muestras ponderadas.  
N': Número de muestras no ponderadas.

Mediana y

$$\frac{\sum n \log x}{N} = \frac{203,80}{320} = \frac{0,637}{0,95} = \log G$$

antilog 0,687

$$y = 486 \text{ c/s (100)}$$

Varianza  $\sigma^2$

$$\frac{\sum n \log^2 x}{N \log^2 G} = \frac{150,02}{122,82} = 1,22$$

$$N \log^2 G = \sum n \log x \cdot \log G = 20,20 : 320 = 0,063$$

Desvio tipo  $\sigma$

486
281
767
1048
1329

$$M + 1\sigma = 1048$$

$$M + 2\sigma = 1329$$

$$M + 3\sigma = 1677$$

Media aritmética

en el caso de la ley: media aritmética ponderada:  $\frac{m'_{ar}}{m_p}$

$$\sigma^2 = 0,334$$

$$\sigma = 0,578$$

$$x = 486 = 281 \text{ c/s}$$

$$m_s =$$

$$m_{op} =$$

A. Cálculo del coeficiente de dispersión absoluto  $\alpha$  (Fórmula de Matheron-Wijs)

$D =$  equivalente lineal del volumen del yacimiento  $\# A + B + \frac{C}{2} =$   
 $d =$  equivalente lineal del volumen de la muestra  $\# a + b + \frac{c}{2} =$   
 $C$  y  $c$  son las dimensiones más pequeñas.

$$\sigma^2 = 3 \alpha \cdot \text{Log} \frac{D}{d}$$

$$\alpha = \frac{\sigma^2}{3 \text{Log} \frac{D}{d}}$$

1. Varianzas de muestreo

- a) de canaletas (por exceso):  $\sigma_c^2 = \frac{\sigma^2}{N} + \frac{\sigma^4}{2N^2}$
- b) de correspondencia radiométrica:  $\sigma_w^2 = \frac{2\sigma^2(1-r^2) + \sigma^4(1-r^4)}{2n}$

$\sigma_c^2 =$  Varianza de las leyes de las vagonetas, skips, etc.

$n =$  Número de vagonetas.

$r =$  Coeficiente de correlación Radiactividad-Ley.

c) de cuartico:  $\sigma_q^2 = \left( \frac{1}{P} - \frac{1}{P^2} \right) C d^3$  (fórmula de Gy)

$P =$  Peso de la muestra.

$P =$  Peso del lote a muestrear.

$C =$  Parámetro de muestreo.

$d =$  Diámetro del tamiz que retiene 5-10 % de los productos a la granulometría de P.

$$\text{Varianza global: } \sigma_0^2 = \sigma_c^2 + \sigma_w^2 + \dots + \sigma_q^2 = \sum \sigma_i^2$$

$$\sigma_0^2 =$$

PIQUE N°1 (E+ 25/ X1) RADIMETRIA SPP 2 COLIMADO

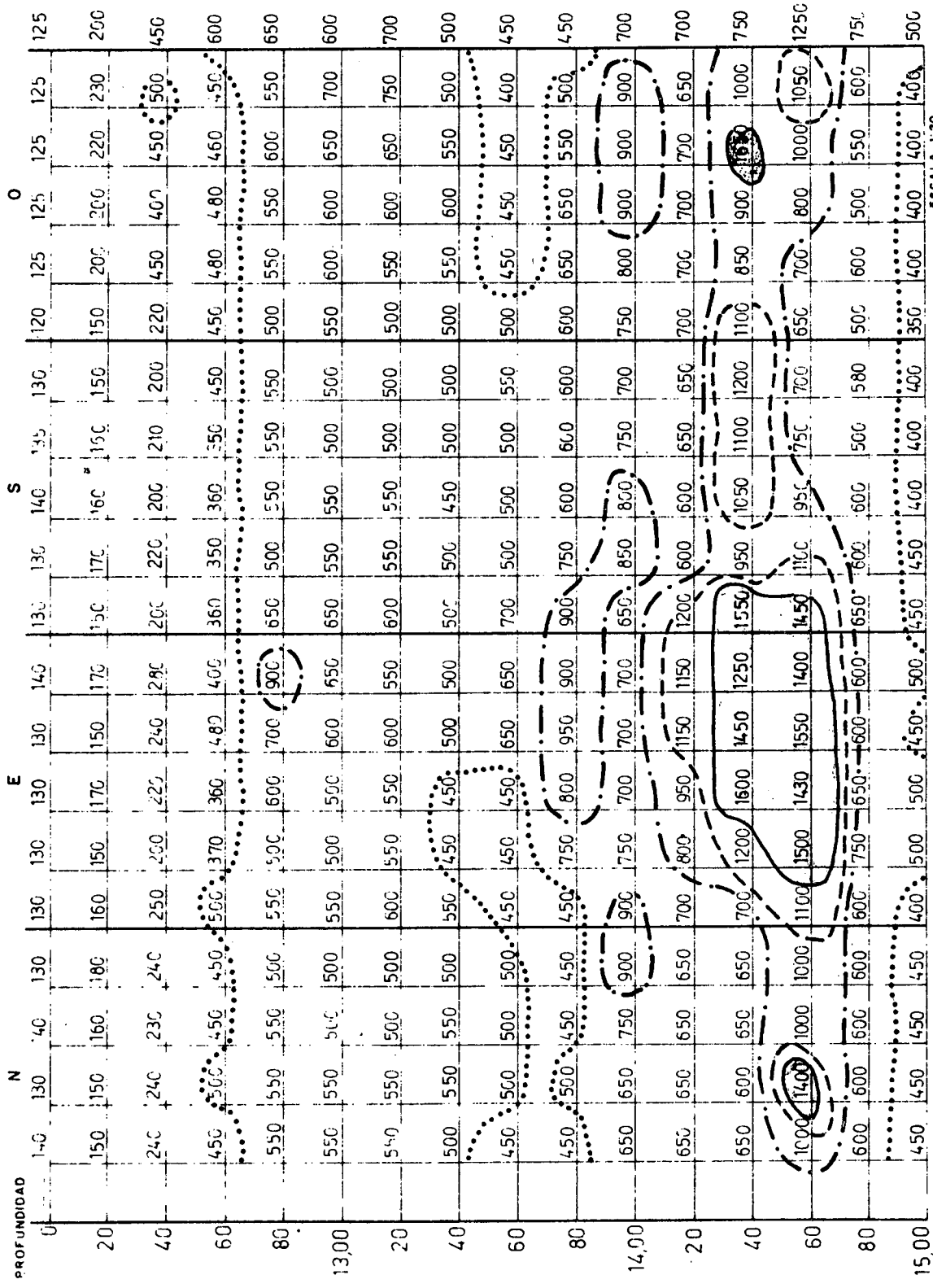


FIG. N° A-10

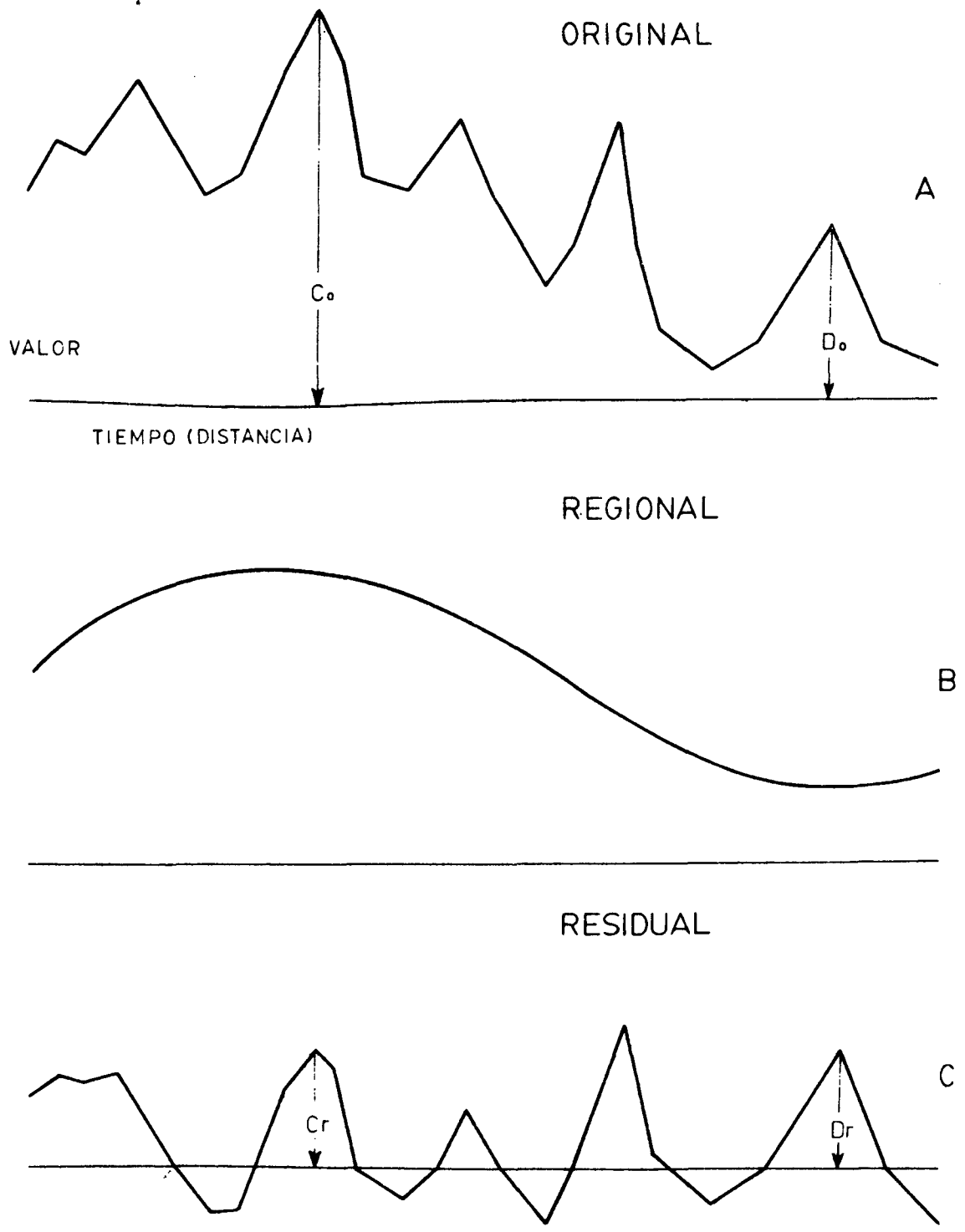


DIAGRAMA PARA ILUSTRAR LOS CONCEPTOS DEL MAPEO REGIONAL DE RESIDUALES (MARTIN 1971)

