



DI.NA.MI.GE.

PROYECTO URANIO

PROSPECCION GEOQUIMICA

por

ALAIN LAMBERT

AGOSTO 81 - MAYO 83

*Alain Lambert*



MONTEVIDEO

1983

## INDICE

	<u>Pág.</u>
1. PRINCIPIOS DE LA PROSPECCION GEOQUIMICA	1
1.1. Terminología	1
1.2. Etapas de la prospección geoquímica	1
2. UTILIDAD DE LA PROSPECCION GEOQUIMICA	3
3. GEOQUIMICA DEL URANIO	
PRINCIPIOS GENERALES	4
4. PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS EN EL MARCO DEL PROYECTO URANIO	6
4.1. Medios disponibles	6
4.2. Selección de las zonas de prospección geoquímica	6
4.3. Etapas de la prospección	7
4.3.1. Estudio de orientación	8
4.3.2. Prospección estratégica	8
4.3.2.1. Preparación de la campaña de muestreo	8
4.3.2.2. Numeración de muestras	9
4.3.2.3. Muestreo	9
4.3.2.4. Rendimientos estadísticos	10
4.3.2.5. Preparación de las muestras para los análisis	11
4.3.2.6. Tratamiento analítico	11
4.3.2.7. Presentación de los resultados	13
4.3.3. Interpretación de los resultados	14
4.3.4. Fase de prospección táctica	17
4.3.4.1. Preparación de la campaña	17
4.3.4.2. Sistema de numeración	17
4.3.4.3. Muestreo	18
4.3.4.4. Plan contador radimétrico	19
4.3.4.5. Estadísticas de producción	20
4.3.4.6. Preparación de las muestras y análisis	20
4.3.4.7. Presentación de los resultados	20

	<u>Pág.</u>
5. CRITICA DEL TRABAJO EFECTUADO	22
6. RECOMENDACIONES	24
6.1. Prospección estratégica	24
6.2. Semitácticas y tácticas	24

## 1. PRINCIPIOS DE LA PROSPECCION GEOQUIMICA

La geoquímica estudia la repartición de los elementos químicos en la corteza terrestre y sus modos de migrar.

### 1.1. TERMINOLOGIA

Para no repetir lo que ya fue explicado en detalle en el informe final del Inventario Minero, aquí se dará un resumen de la terminología empleada en este informe.

- Tenor: proporción de un elemento dado en una muestra cualquiera. En geoquímica se expresa en ppm (partes por millón) o ppb (por billón).
- Tenor de fondo o background: corresponde a los valores promedios de una gran cantidad de análisis efectuados para un ambiente geológico determinado.
- Anomalía: tenor cuya importancia se destaca estadísticamente de los demás. Una manera de jerarquizar las anomalías consiste en calcular el promedio y la desviación standard de una población dada. Se habla así de anomalía de 1er. orden para tenores superiores a  $(\bar{x} + 4\sigma)$ , de 2º orden para  $(\bar{x} + 3\sigma)$ , de 3er. orden para  $(\bar{x} + 2\sigma)$ .
- Umbral de anomalía: son estos límites así definidos. Existen otros cálculos posibles y también, en realidad, deben considerarse factores empíricos para reajustarlos eventualmente.
- Aureola de dispersión: área en la cual se encuentran muestras con tenores anómalos de uno o varios elementos metálicos alrededor del stock metal fuente.

### 1.2. ETAPAS DE LA PROSPECCION GEOQUIMICA

La manera de llevar a cabo un estudio geoquímico completo consiste en realizar:

a) Una fase estratégica preliminar, con una densidad de muestras variable pero siempre baja, para cubrir rápidamente grandes áreas. Los resultados analíticos de este muestreo pueden poner en evidencia zonas anómalas que justifiquen una posterior revisión.

b) La fase táctica, justamente consiste en realizar un muestreo con una densidad mayor en un sector ya reconocido de interés, para precisar el lugar-fuente del elemento en concentración anormal y, restringiendo la superficie de interés, limitar el esfuerzo de los demás métodos de investigación (geofísicos, sondeos, etc)

Generalmente, si el tiempo lo permite, se utiliza una fase intermedia que consiste en un control de las anomalías de la fase estratégica.

## 2. UTILIDAD DE LA PROSPECCION GEOQUIMICA

Dos fenómenos intervienen, imponiendo este método como uno de los más eficaces para la investigación minera.

1º) Una ocurrencia mineral puede ser cubierta por un suelo o cualquier tipo de alteración que la vuelve invisible al observador clásico.

La posibilidad de migración de los elementos metálicos a través de esta pantalla posibilita el hallazgo de la mineralización escondida. Basta con analizar fracciones de esta pantalla.

Este fenómeno resulta de la componente vertical de la migración geoquímica.

2º) Además existe una componente horizontal cuyo interés es de igual importancia: la aureola de dispersión de cualquier elemento original por una concentración mineral amplía considerablemente la superficie en la cual un prospector tiene la posibilidad de detectar esta mineralización.

Estos dos hechos disminuyen muchísimo el papel del azar en la búsqueda de mineralizaciones escondidas y de tamaño reducido.

3.

GEOQUIMICA DEL URANIO  
PRINCIPIOS GENERALES

La prospección del Uranio tiene que tomar en cuenta su comportamiento particular.

El Uranio puede encontrarse en estado tetravalente y en tal caso es inmóvil por no ser soluble, o en estado hexavalente (cación uranil  $UO_2^{2+}$  o sus complejos) forma más general y en la cual es muy móvil. Todo depende pues de su estado de oxidación y, como consecuencia, de las condiciones oxidantes o reductoras del medio ambiente.

Así, en condiciones superficiales, cualquier cuerpo mineralizado puede ser lixiviado en parte, y su uranio migrar de varias maneras:

- tratándose de un nivel sedimentario se puede formar una aureola de dispersión dentro de la misma capa o sus vecinas, alrededor del cuerpo principal (dispersión química corta).

Esto afecta las mineralizaciones a cualquier profundidad pero no tiene interés a nivel de prospección geoquímica hasta que este halo no alcance la superficie (o próxima), excepto en caso de hidrogeoquímica en pozos de perforación.

- El Uranio de la aureola pudo haber llegado a la superficie en forma mecánica (si el cuerpo está próximo) o química. De esta forma es posible detectarlo analizando los suelos "contaminados" en la vecindad.

- También las aguas superficiales y subterráneas pasando a través de (o sobre) el halo mineralizado se cargan en un Uranio que de nuevo se fijará aguas abajo en los sedimentos, ampliando la zona de detección de la mineralización. Condiciones reductoras, presencia de óxidos de Fe y materia orgánica cuyos complejos con los uraniles son fáciles, haciendo posible la estabilización del elemento. Se debe tomar en cuenta este dato a nivel de muestreo y, sobre todo, de la interpretación de los resultados.

- Por otra parte no se debe olvidar la dispersión mecánica, sobre todo tratándose de rocas cristalinas, porque una parte del uranio incluido en la malla silicatada de minerales resistentes (circón) no se lixivía fácilmente. También esta dispersión en forma clástica tiene un papel tanto más importante cuanto más uno se acerca al cuerpo mineralizado fuerte.
- Varios elementos menores o en trazas suelen acompañar al Uranio en su migración (S, V, Mo, Se, As por ejemplo). Su análisis puede ayudar a interpretar los resultados en ciertos casos.
- En cuanto a la posibilidad de correlacionar las medidas radiométricas dadas por cintilómetros y los tenores químicos de los mismos suelos o formaciones, precisa considerar las series de desintegración radioactiva: los espectrómetros detectan el rayo gama de 1.76 MeV emitido por  $^{214}\text{Bi}$ , un descendiente del  $\text{U}^{238}$  que nos interesa. La relación U/Bi se mantiene en equilibrio si no hubo pérdida de uno u otro elemento desde el inicio de la desintegración. En realidad los dos casos siguientes pueden ocurrir: Bi falta en parte, sobre todo porque un elemento intermedio ( $^{222}\text{Rn}$ ) es un gas que ha podido escaparse fácilmente, y las medidas radiométricas subestiman la proporción de Uranio; o por el contrario, el elemento U, muy móvil en condiciones oxidantes, ha emigrado de los afloramientos o del subsuelo lixiviado y queda principalmente su descendiente Bi. En tal caso el cintilómetro da una idea exagerada de la cantidad de Uranio presente.

**SITUACION DE LAS ZONAS MUESTREADAS  
POR EL INVENTARIO MINERO CON RESULTADOS ANALITICOS URANIO**

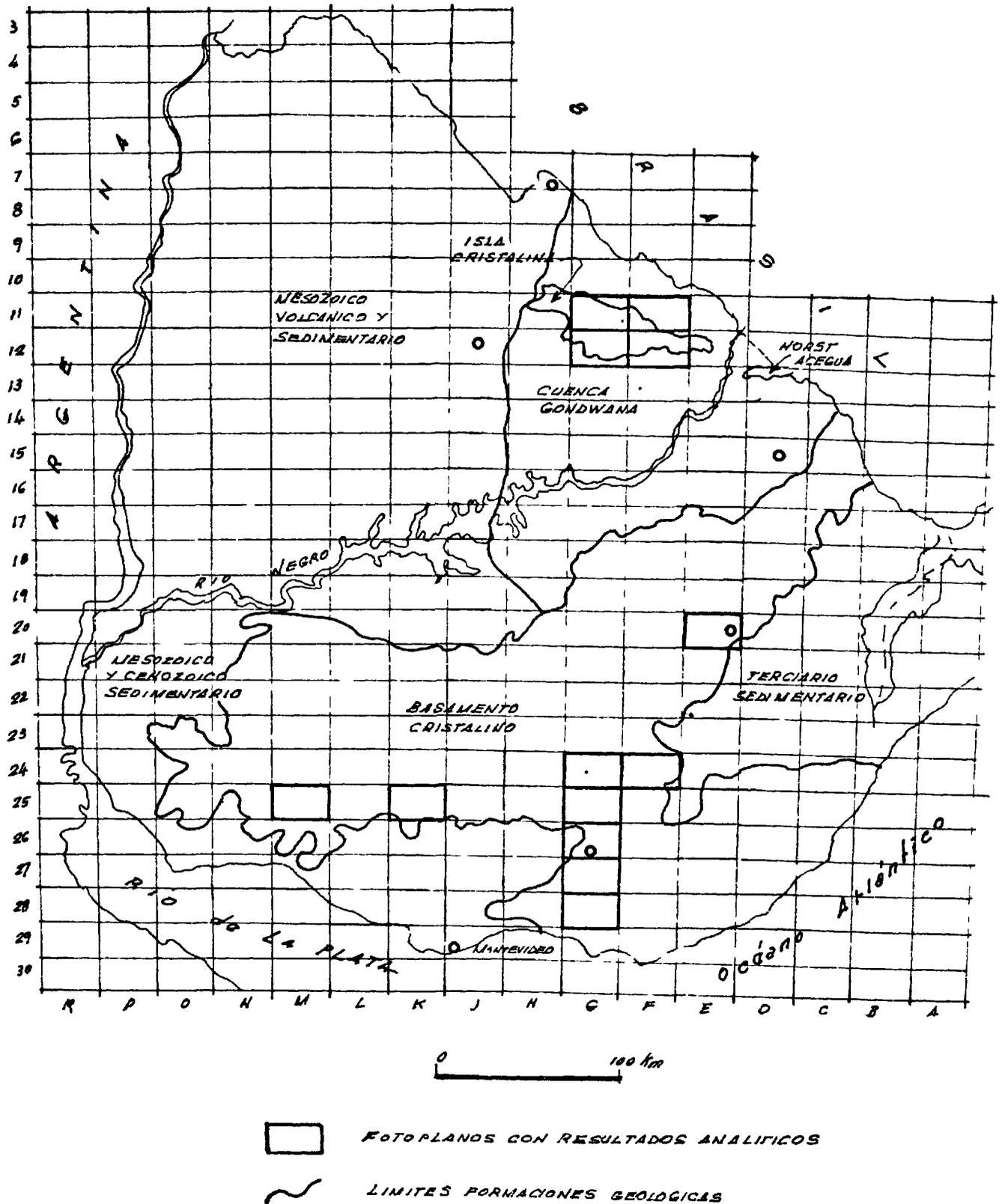
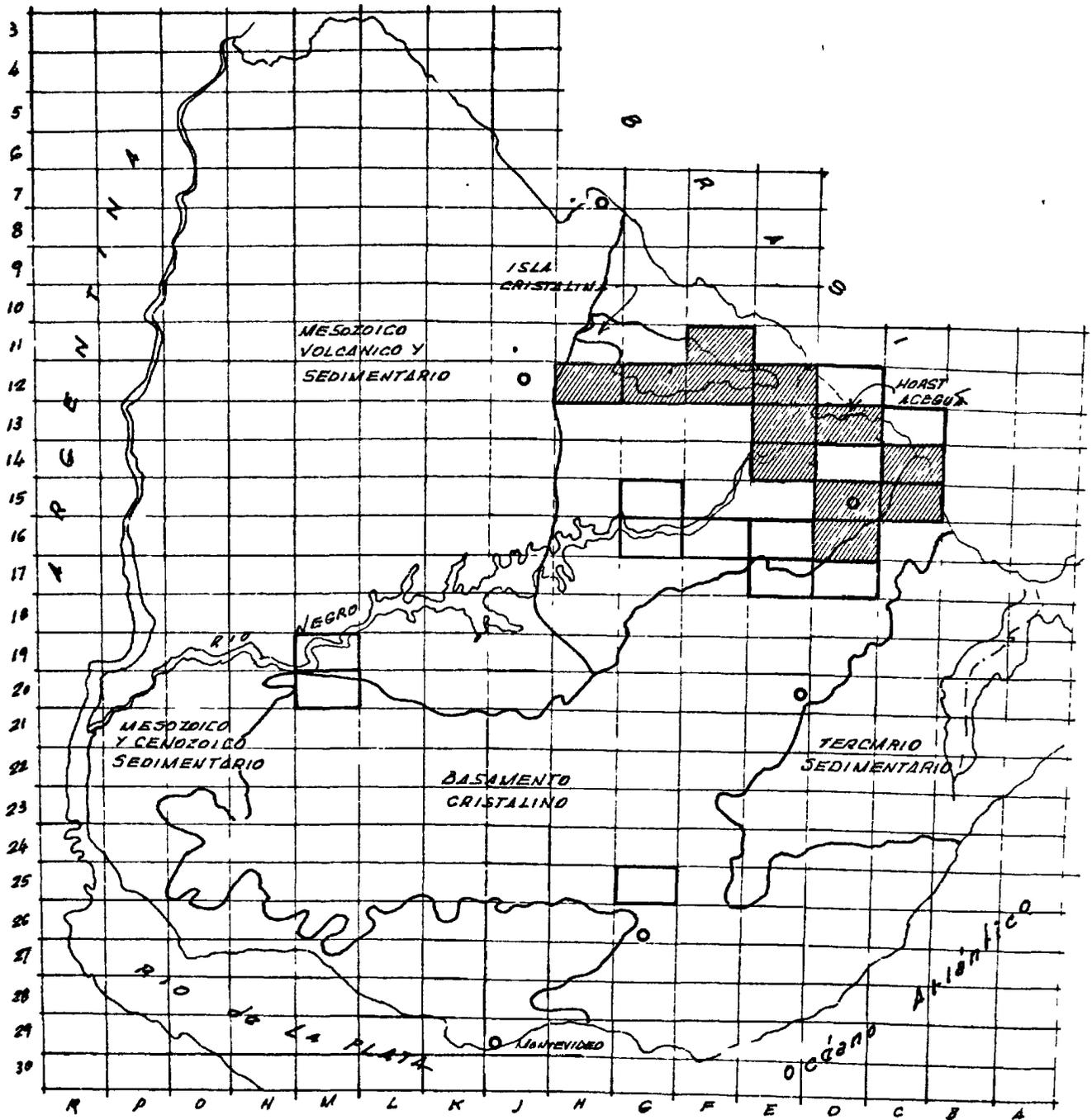


FIG. 1

**SITUACION DE LAS ZONAS MUESTREADOS  
POR EL PROYECTO URANIO (hasta el 31.05.83)**



- FOTOPLANO PARCIALMENTE MUESTREADO
- FOTOPLANO CON RESULTADOS ANALITICOS
- LIMITES FORMACIONES GEOLOGICAS

**FIG. 2**

4. PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS EN EL  
MARCO DEL PROYECTO URANIO



4.1. MEDIOS DISPONIBLES

Personal: 1 geólogo BRGM de 08/81 a 07/83 (20 meses)  
1 geólogo BRGM de 12/81 a 02/83 (14 meses)  
1 geólogo DINAMIGE de 01/82 a ———→  
4 prospectores a partir de 12/81  
1 (+1) chofer

Material: 1 ó 2 vehículos Toyota  
Taladro de mano y material para trincheras  
3 cintilómetros SPP2, Topofil  
material de muestreo en general  
carpas y material de campamento

Informaciones geológicas y bases de trabajo:

Literatura geológica sobre el país  
Mapas geológicos a escalas varias  
Resultados analíticos del Inventario Minero  
sobre 10000 muestras correspondiendo al cris-  
talino de 13 fotoplanos (ver fig. 1).

4.2. SELECCION DE LAS ZONAS DE PROSPECCION GEOQUIMICA

Consultando los datos anteriormente citados, el blan-  
co más evidente en el territorio nacional se encuentra en la  
cuenca gondwana del NE. Estudios anteriores probaron la existen-  
cia, en ciertos sectores del SE y S del Pérmico, de mineralizacio-  
nes uraníferas. Además, el Inventario Minero muestreó los bordes  
de la cuenca y aparecieron varios valores anómalos.  
Se consideró pues de interés iniciar una prospección sistemática  
de los bordes de la cuenca haciendo hincapié en las formaciones

de la base (San Gregorio-Tres Islas).

Se postergó este tipo de prospección en el basamento cristalino a la espera de los resultados analíticos del Inventario Minero que vieran posteriormente, y de las informaciones conseguidas por otros tipos de prospección más rápidos (prospección autoportada, aeroportada, reconocimientos geológicos previos, etc.) Cuando conseguimos los datos geoquímicos del Inventario Minero en el Basamento Joven, los tenores de Uranio resultaron muy bajos para la mayoría de los sectores muestreados. Se revisó en táctica los mejores puntos, y en el caso del fotoplano Polanco, en estrategia con densidad mayor que la del I.M. a título de comparación.

Sin embargo el trabajo se concentró en la cuenca pérmica (fig.2).

#### 4.3. ETAPAS DE LA PROSPECCION

##### 4.3.1. ESTUDIO DE ORIENTACION

Durante la primera fase del Proyecto hicimos 2 muestreos en zonas de ocurrencias uraníferas conocidas: Cerro Largo Sur y Yerba Sola. La meta era, conociendo con certeza la ubicación de una fuente potencial de Uranio, investigar con las condiciones morfológicas y climáticas del país, las posibilidades de dispersión vertical y horizontal y en consecuencia, aplicar métodos de muestreo adecuados.

Estos estudios de orientación son descritos en dos informes anteriores (Orientación Cerro Largo Sur, Feb.82 y Yerba Sola, Julio 82 por Bernard Pradier). Consistieron en muestrear pendiente abajo de la fuente de Uranio en ambientes diferentes (hondonadas, crestas, llanos, bordes de zanjas, etc.) y a profundidades distintas (superficial, nivel de oxidación, bedrock) y observar los mejores resultados analíticos.

Las conclusiones fueron que las muestras superficiales dan resultados mejores o suficientemente representativos cuando se trata

de fondos de hondonadas.

La componente horizontal de la dispersión se reveló muy limitada (del orden de 100m), factor negativo al nivel de la prospección. Las razones están explicadas en el informe de visita técnica de E. Wilhelm (mayo 83): entrampamiento rápido del Uranio en los suelos con materia orgánica joven, abundantísimos en los bajos.

#### 4.3.2. PROSPECCION ESTRATEGICA

Los prospectores, divididos en 2 equipos de 2 personas, fueron entrenados por geólogos del BRGM acompañados por geólogos de la DINAMIGE.

Considerando los resultados de los estudios de orientación y tomando en cuenta el tiempo disponible, se considera una densidad de 3 muestras por km<sup>2</sup> como aceptable para localizar eventuales mineralizaciones de cierta importancia.

##### 4.3.2.1. PREPARACION DE LA CAMPAÑA DE MUESTREO

Después de escoger la región a estudiar según las informaciones anteriormente mencionadas, el geólogo tiene que conseguir los documentos de trabajo (mapas cartográficos, fotoplanos 1/50.000, fotos al 1/20.000).

En estas fotos, material básico de trabajo de campo, el geólogo escoge y señala los sitios para muestrear de acuerdo con los criterios siguientes:

- conservar más o menos la densidad de muestreo deseada
- muestrear en los drenajes cortos preferentemente

Se prepara además una planilla para el grupo de prospección y se decide la numeración de las muestras.

#### 4.3.2.2. NUMERACION DE MUESTRAS

Se adoptó un sistema tomando en cuenta el proyecto, el sector geográfico, el tipo de muestreo y la muestra en sí. Un ejemplo describirá mejor este sistema: PU 24 XX-0123

PU = Proyecto Uranio (geoquímica)

24 = Número del sector (mapa 1/100.000 del IGM correspondiente)

XX = Prospección estratégica

0123 = Número de la muestra en este sector

Como existen 4 fotoplanos por sector, el primer fotoplano trabajado tiene los números más bajos (0001 en adelante). Si eventualmente otros fotoplanos del sector son muestreados, se pasa a los números 1001, 2001, etc.

Este sistema en letras y cifras no debe permitir equivocaciones y tiene la ventaja de poder entrar sin cambios en el proceso de computación en el futuro.

#### 4.3.2.3. MUESTREO

Es efectuado por los equipos de prospectores que escogen sus recorridos en los fotoplanos 1/20.000 y según las posibilidades de acceso constatados directamente en el campo. Un vehículo los acerca a la zona de trabajo y los recoge por la tarde. Los prospectores fueron entrenados para reconocer el lugar más adaptado para escoger una buena muestra cuando llegan al sitio señalado en la foto. Se recoge generalmente en fondos de hondonda o sedimentos finos de drenaje y zanjas cortas, excepcionalmente en llanos o arroyos mayores.

Se saca el material de debajo del pasto a 10 o 15 cm o del lodo aluvial, con una palita o una piqueta. 300 a 500 gramos húmedos son guardados en una bolsita plástica con una etiqueta indicando el número completo de la muestra (ver párrafo anterior).

Mientras tanto el segundo prospector del equipo llena una planilla de muestreo con detalles concernientes a la muestra (geomor-

fología, color, contenido mineral predominante, medida radimétrica), indica en la foto el lugar exacto y lo numera, y señala en el terreno con una cinta o una marca en el suelo.

Después el equipo se dirige hacia el lugar de muestreo siguiente.

En todos los recorridos está funcionando constantemente un cintilómetro SPP2, señalando cualquier cambio o anomalía radiactiva a lo largo del recorrido, lo que corresponde a una prospección radimétrica según una malla del orden de 500m. Además, si afloran formaciones en los alrededores se comprueba también su radiactividad. Las medidas en el lugar de muestreo anotadas en la planilla, para ser comparables entre sí, tienen que ser tomadas no en la zanja sino en el suelo vecino.

Cada equipo tiene un rendimiento diario promedio de 25 muestras. De regreso a la base del campamento se ordenan y guardan las muestras por paquetes de 10, y al fin de la campaña (después de 10 a 20 días) se entregan a los laboratorios encargados de la preparación y almacenamiento.

#### 4.3.2.4. RENDIMIENTOS ESTADÍSTICOS

(Ver el diagrama de la figura 3 y los cuadros 1 y 2). Hasta la fecha 31 de mayo de 1983 fueron recogidas 7979 muestras correspondiendo a fracciones de 22 fotoplanos. Así, fueron muestreados 2675 km<sup>2</sup> con una densidad promedio de 3m/km<sup>2</sup>. (Estas cifras incluyen una parte del muestreo previsto en P<sup>o</sup> San Diego y no terminado a la fecha).

Todo ha sido ya preparado y almacenado, y los análisis están en curso.

Cuadro 1

## ESTADISTICAS DEL MUESTREO GEOQUIMICO

Fecha	Km <sup>2</sup> Estrat.	Σ Km <sup>2</sup>	Σ Estrat.	Σ Táct.	Σ Est.+Táct.
1981-12	0	0	0	297	297
1982-01	265	265	801	499	1300
02	132	397	1231	643	1874
03	380	777	2221	685	2906
04	155	932	2670	685	3355
05	153	1085	3105	797	3902
06	70	1155	3330	797	4127
07	265	1420	4158	897	5055
08	70	1490	4317	995	5312
09	10	1500	4346	1228	5574
10	0	1500	4346	1260	5606
11	345	1845	5561	1373	6934
12	170	2015	6004	1797	7801
1983-01	0	2015	6004	2072	8076
02	80	2095	6211	2161	8372
03	170	2265	6885	2225	9110
04	270	2535	7586	2225	9811
05	140	2675	7979	2506	10485

DESARROLLO DE LA PROSPECCION GEOQUIMICA  
(hasta la fecha 31.05.83)

n. muestras  
10000

● total  
○ estratégica  
□ táctica

8000

7979

6000

4000

2000

1000

2506

12-81 01-82 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 01-83 02 03 04 05 Fecha

FIG. 3

10485

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL MUESTREO ESTRATEGICO

Cuadro 2

FOTOPLANO	FECHA MUESTREO	CANTIDAD MUESTRAS	AREA MUESTREADA (km <sup>2</sup> )	DENSIDAD Mues/km <sup>2</sup>	Mues./ Día/ Equipo
Las Flores	1/ 82	543	180	3.0	30
Alborada	1-2/	593	188	3.1	25
Moirones	2/	95	29	3.3	24
Vichadero	3/	488	165	3.0	25
Aceguá	3/	284	125	2.3	26
Zanja Hon.	3-4/	(163) 286	55 110	2.7	21
Lechiguana	3/	91	34	2.7	23
Pº Mazang.	4/	48	21	2.3	24
Tacuarí	4-5/	407	145	2.8	23
Sier. Ríos	5/	193	60	3.2	24
Melo	5/	77	28	2.7	19
Centurión	6/	225	70	3.2	19
Fr. Muerto	6-7/	987	335	2.9	21
C. del Ombú	9/	29	10	2.9	29
Cº Cuentas	10/ 11/	897	260	3.5	25
Arbolito	11/	318	85	3.7	26
Pº Puerto	12/	219	84	2.6	20
Porrúa	12/	224	86	2.6	25
Polanco	2-3/83	557	130	3.5	18
Pº Minuano	3-5/	545	220	2.6	26
Pº Pereira	4/	412	150	2.8	21
Caraguatá	4-5/	225	80	2.8	21
Pº S. Diego	5/	(73)	(25)	Muestreo incompleto	
TOTAL	A1 31/5/83	7979	2675	2.98	

#### 4.3.2.5. PREPARACION DE LAS MUESTRAS PARA LOS ANALISIS

Hasta febrero de 1982 la producción entera llegaba al servicio de molienda de la DINAMIGE y recibía el tratamiento siguiente:

- secado (estufa de 12 a 24 horas)
- disgregación
- tamizado a 100  $\mu$ m
- conservación en bolsitas plásticas numeradas
- entrega al laboratorio de análisis (Ing. Tosi)  
Capacidad de producción (20 a 30 muestras/día)

Desde febrero de 1982, lo relativo a la prospección estratégica está preparado por el taller del Inventario Minero. El tratamiento está ampliamente descrito en el informe final del Inventario Minero (pág. 46) y el informe "Organización de la Prospección Geoquímica en Uruguay" de J. Beneito, marzo 1982. En resumen las muestras son:

- secadas en un cuarto "secador" durante 5 a 10 días, dispuestas en bandejas de plástico.
- disgregadas con mortero
- tamizadas para recuperar lo inferior a 125  $\mu$ m (producción posible de 100 muestras/día)
- conservadas en tubos plásticos etiquetados
- almacenadas y a la disposición del laboratorio de análisis.

#### 4.3.2.6. TRATAMIENTO ANALITICO

##### a) Laboratorio Ingeniero Tosi

A la espera de la puesta en funcionamiento del nuevo laboratorio, se analizaron las primeras muestras de estratégica en el laboratorio del Ing. Tosi, donde se pudo alcanzar una producción de unos 100 análisis por semana. Esta ayuda fue valiosa, permitiéndonos conseguir rápidamente suficientes resultados para comprobar la validez de nuestra prospección y el interés de los blancos estudiados. Hasta ahora fueron analizadas en este laboratorio las muestras de los fotoplanos Alborada, Las Flores, Moirones, Cuchilla del Ombú, Vichadero (excepto el sector SE), Aceguá y porción de Zanja Honda. Representan 2073 muestras estratégicas analizadas en Uranio móvil al 31.05.83.

### Método analítico

- fluorescencia UV

Puesta en solución del U móvil:

250 mg muestra + 5cm<sup>3</sup> HNO<sub>3</sub> 4N

Después del ataque se completa a 10ml con HNO<sub>3</sub> 4N.

De esta solución se preleva 100 a 200  $\mu$ l en una cápsula de platino y se evapora. Se quema para eliminar la materia orgánica.

Se agregan 3g de mezcla triple 9% FNa + 91% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> .

La fusión se realiza en el horno a 650°C durante 10'. Después de 15' de enfriamiento, la pastilla está lista para pasar al fluorímetro.

El límite de detección es de 0,1ppm

### b) Nuevo laboratorio (Dra. Rodríguez)

Empezó a producir resultados de análisis de Uranio móvil en marzo de 1983.

En la actualidad, los fotoplanos Zanja Honda (parcial), Pº Mazangano, Melo, Centurión, Sierra de los Ríos y Tacuarí son interpretables (con un total de 1109 muestras analizadas). Hay que incluir además 250 muestras de Cº de las Cuentas para la producción al 31.05,83 = Total 1359 muestras de estratégica.

### Método analítico

Puesta en solución del U móvil:

500mg muestra+5ml HNO<sub>3</sub> 2,5N (1h al baño de María a 100°C)  
Se deja enfriar y se completa a 50ml con H<sub>2</sub>O.

Después de decantación de 12h, 100  $\mu$ l del líquido de ataque y se ponen a secar.

Producto de disecación + pastilla de fusión 0,2g  
10% NaF + 90% Na<sub>2</sub> CO<sub>3</sub> en horno (800°C) 15' en atmósf.N.

Después de enfriar la pastilla está lista para analizar por fluorescencia UV (laser N<sub>2</sub>).

c) Correlación entre los resultados de diferentes laboratorios

Se hizo un estudio de correlación entre los laboratorios, y los resultados son perfectamente comparables. Igualmente en lo que concierne a la repetividad de los valores anómalos del Inventario Minero analizados en el BRGM Orléans.

4.3.2.7. PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

Después de concluida una gira, se pasan en limpio los datos en la oficina. Esto requiere:

- 1 - Dibujar una cartografía de la red hidrográfica de los fotoplanos para tener una base.
- 2 - Traspasar la localización de las muestras con su numeración desde la foto de trabajo 1/20.000 a esta base 1/50.000.
- 3 - Anotar la radiactividad medida en cada punto de muestreo en una copia del mapa base. Si unas anomalías radiactivas fueron encontradas se señalan también en este plano.
- 4 - Después de obtener los resultados de análisis, se anota el tenor correspondiente a cada muestra en otro plano, de acuerdo con su ubicación. Sólo después de esto puede comenzarse la interpretación de los resultados.

De este modo, todos los datos de la prospección estratégica están reunidos en 3 carpetas (localización de muestras, radimetría, resultados de análisis-tenores Uranio móvil) acompañando en anexo este informe.

En el estado actual existen los planos relativos a localización y radimetría en 22 fotoplanos, pero los planos de resultados son solamente 12, estando los análisis en curso.

### 4.3.3. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

El total de 3146 muestras analizadas hasta la fecha corresponde a los 12 fotoplanos mencionados en 4.3.2.6.

(Hasta el 31.05,83 alcanzaba la cifra de 3432 con resultados parciales en Zanja Honda y C<sup>o</sup> de las Cuentas). Conciernen el Norte y el Este de la cuenca gondwana. Se trata por lo tanto únicamente de formaciones sedimentarias y, en primera aproximación, de ambientes similares en cuanto a tenores de fondo (background). Por otra parte la ausencia de una cartografía geológica suficientemente precisa y la escasez de afloramientos no nos permite delimitar las distintas formaciones del permo-carbonífero antes de interpretar los resultados.

Puesto que, hasta ahora, no se analizaron otros elementos más que el Uranio móvil, no ha sido necesario utilizar la computadora para interpretar eventuales asociaciones. Sin embargo, en el futuro podremos aprovechar esta posibilidad (el análisis por plasma de 22 elementos ya está programado para las 593 muestras del fotoplano Alborada).

#### SELECCION DE LAS ANOMALIAS

Teóricamente los tenores que se destacan estadísticamente tienen que estar por encima de un cierto umbral. En el caso de 3 fotoplanos los cálculos dan:

FOTOPLANO	Nº MUESTRAS	TENOR MAXIMO (ppm)	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x} + 2\sigma$ anom. 3er. ord.	$\bar{x} + 4\sigma$ anom. 1er. ord.
Alborada	593	131.0	1.4	1.5	4.4	7.4
Las Flores	543	27.0	1.5	1.4	4.3.	7.1
Vichadero	474	49.0	1.4	1.2	3.8	6.2

Por lo tanto una anomalía de 3er. orden correspondería a un tenor de 4 a 4,5 ppm en este ambiente sedimentario, y una anomalía de 1er. orden de 6 a 7,5 ppm.

En realidad la interpretación es más empírica y la observación en el mapa de los grupos de tenores contados según valores redondeados (por ej. 3,5,10 ppm) y señalados por colores distintos, enseña mucho más (un alineamiento de tenores medianos puede resultar de la presencia de un nivel litológico distinto pero escondido por el suelo; un valor fuerte en un flat no se puede comparar con su equivalente en una ladera).

Así, se deben descartar las anomalías de uranio formacionales (presencia de granitos ricos en uranio en la cernacnía por ej.) y las anomalías pedogenéticas. Estas últimas son más difíciles de comprobar y generalmente es necesaria una revisión en el campo. Tienen tendencia a exagerar las anomalías pero, a pesar de todo, pueden tener interés.

Sin embargo, para eliminar algunas de estas anomalías parásitas, el geólogo que interpreta utiliza:

- los datos geológicos conocidos
- las planillas de muestreo (color, lugar de muestreo)
- la foto (geomorfología)

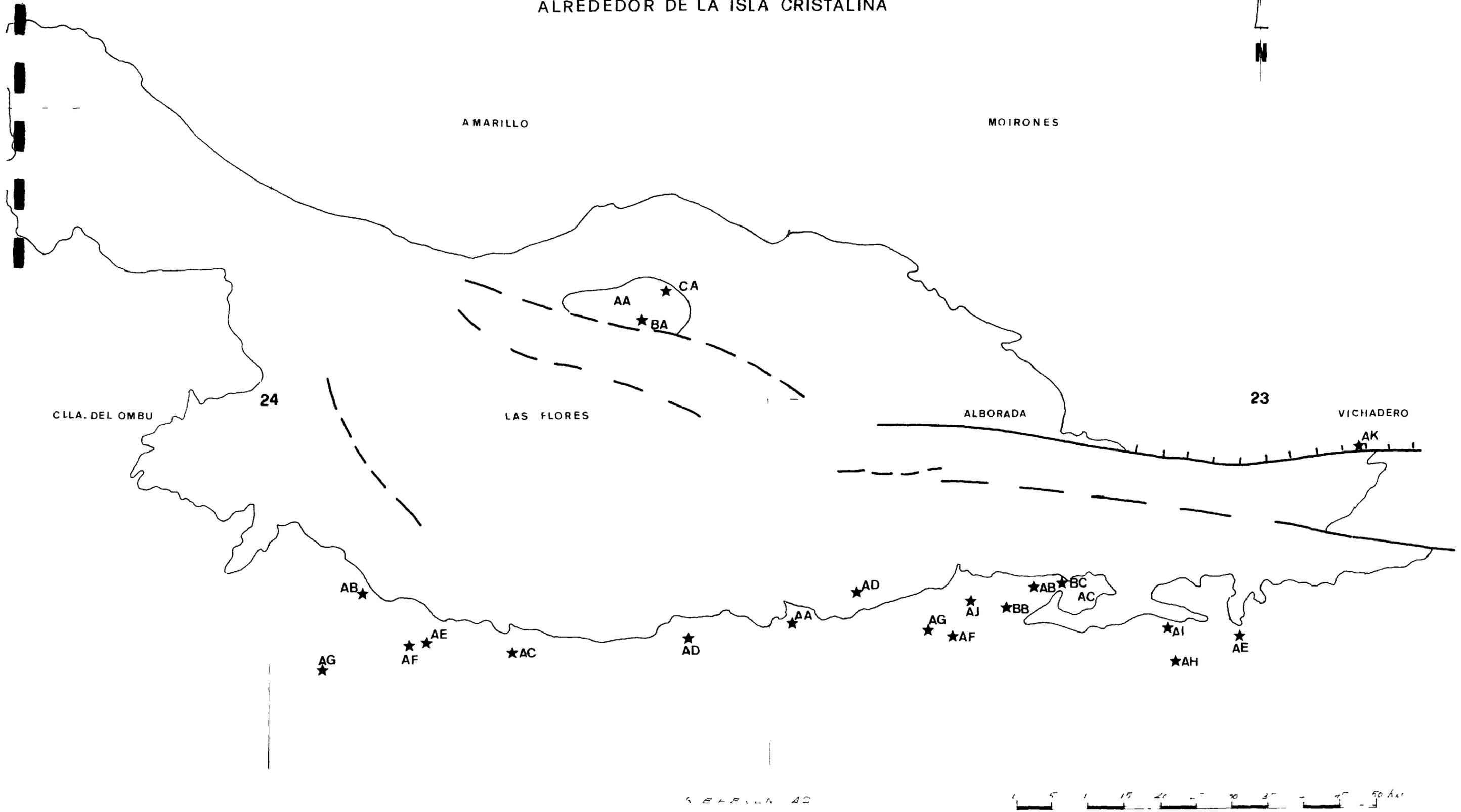
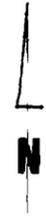
Esto en el caso de que haya dudas en la jerarquización de las anomalías.

En el Proyecto Uranio se verificaron casi todas las anomalías superiores a 10ppm o los grupos de valores mayores de 5ppm en los primeros fotoplanos cuyos resultados son conocidos desde hace varios meses.

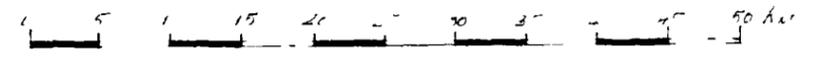
Este trabajo ya fue objeto de varias campañas de prospección táctica. Los resultados analíticos recién adquiridos (Aceguá, Centurión, Sierra de los Ríos, Tacuarí) presentan varias anomalías que van a ser verificadas en los meses que vienen.

En el cuadro 4 se da una lista de las anomalías revisadas con una opinión sobre los resultados y los trabajos que prever en cada caso, así como la prioridad que merece. Este orden de prioridad debe ser modificado constantemente al tomar en cuenta todos los resultados analíticos llegados diariamente.

LOCALIZACION DE LAS ANOMALIAS GEOQUIMICAS  
ALREDEDOR DE LA ISLA CRISTALINA



SE FRENTO AC



ESCALA 1 500 000

-  - LIMITE ZONAL TEMPORARIO
-  FALLAS
-  ANOMALIA GEOQUIMICA Y NUMERACION

FIG 4

Cuadro 3

ESTADISTICAS DE TACTICAS Y ESTUDIOS  
DE ORIENTACION

Nº anom.	Nombre	Fotoplano	Coordenadas		Total muest.	Area km <sup>2</sup>	Densidad
			X	Y			
Sedimentario Pérmico							
23 AA	Zorrillo	Alborada	570	6480	96	3.5	27
23 AB	Ptas. Abroj. Centro	"	586	6482	188	13	14
23 BB	Mellizos	"	585	6482	67(+9)	1	67
23 AC	Ptas. Abroj. Este	"	590	6482	92	11	8
23 BC	"	"	589	6483	51	0.8	64
23 AD	Abrojal	"	575	6482	26	1.2	22
23 AE	"	"	602	6480	26	1.7	15
23 AF	Tacurú	"	582	6478	44(+9)	1.3	34
23 AG	Tacurú W	"	580	6478	105	6.2	17
23 AM	Coronilla	"	597	6476	90	5.9	15
23 AI	"	"	596	6479	32	2	16
23 AJ	Ptas. Abroj. Deste	"	583	6483	128	9.2	14
23 AK	Adelaida	Vichadero	608	6493	89(+133)	5	18
24 AA	Pº Amarillo	Amarillo	560	6502	116	18	6.5
24 BA	"	"	560	6502	42	0.4	100
24 CA	"	"	560	6502	54(+32)	0.5	100
24 AB	"	Las Flores	542	6482	18(+13)	0.4	45
24 AC	Magnolia	"	551	6478	47	1.8	25
24 AD	Mercedes	"	564	6478	48	1.7	28
24 BD	"	"	565	6478	167	15	11
24 AE	Las Chilcas	"	547	6478	63(+105)	2.6	24
24 AF	Las Chilcas Deste	"	545	6478	1		
24 AG	"	"	538	6477	44	3.4	13

../Cont. Cuadro 3

Nº anom.	Nombre	Fotoplano	Coordenadas		Total Muestras	Area km <sup>2</sup>	Densidad
			X	Y			
Cristalino joven							
80 AA	Aº del Medio	Aº Soldado	564	6224	73(+7)	6.5	11
80 AB	La Serrana	"	562	6229	94	7,8	12
80 AC	El Penitente	Minas	564	6202	108	22	5
80 AD	La Calera	Aº Soldado	552	6218	64	2	32
Estudio de orientación							
46 AA	Cº Largo S	Arbolito			107 (+10)		
47 AA	Yerba Sola	Cº Cuentas			100 (+8)		
Total: 2506							

#### 4.3.4. FASE DE PROSPECCION TACTICA

Cuando se considera una anomalía digna de interés, las etapas del trabajo a seguir antes de obtener los resultados son los mismos que en el caso de la estratégica.

##### 4.3.4.1. PREPARACION DE LA CAMPAÑA

Según el tipo de anomalía, su grado de interés, la geomorfología del lugar y los medios disponibles, se escogía uno de los métodos de muestreo disponibles (muestreo semitáctico, con malla regular, perfiles, taladro, etc.).

Se consiguen los documentos de trabajo, generalmente ampliaciones fotográficas al 1:10.000 de las fotos base 1:20.000 en las cuales se escogen los puntos para muestrear con densidad, malla, clase de muestra variable según el tipo de anomalía.

##### 4.3.4.2. SISTEMA DE NUMERACION

Para distinguir entre ellas y localizar geográficamente las anomalías, se utiliza un sistema parecido al del muestreo estratégico.

- 2 letras PU = para Proyecto Uranio Geoquímica
- 2 cifras = número del sector (mapa 1:100.000)
- 2 letras = especifican la anomalía dentro del sector
  - + la segunda corresponde alfabéticamente a la anomalía por orden de intervención
  - + la primera define el número de revisión más detallado en la anomalía considerada.

Así, 2 letras + 2 cifras + 2 letras definen una táctica. Además un número de hasta 4 cifras al final se refiere a una muestra particular tomada en esta táctica.

Ej.: PU 24 AC 1234 = muestra Nº 1234 sacada en la táctica de la tercera (letra C) anomalía revisada en el sector Minas de Corrales (mapa 1:100.000 Nº 24). La letra A significa que es la primera revisión de dicha anomalía.

PU 24 CA = tercera táctica (letra C) de revisión en la anomalía PU 24 AA siendo esta última la primera anomalía revisada en el sector 24 (Minas de Corrales).

#### 4.3.4.3. MUESTREO

a) Un sector del orden de varios km<sup>2</sup> (2 a 10km<sup>2</sup>) era por lo general muestreado en forma semitáctica, con una densidad de muestras adaptada a la geomorfología y al grado de interés (densidad 10-15 m/km<sup>2</sup>). Un factor limitante, sobre todo al principio, era la posibilidad de producción del laboratorio de análisis.

Las muestras eran recogidas, como para la estratégica, en fondos de hondonada y flat, excepcionalmente en laderas o crestas (PU 23 AC, AG, AH, AJ, AK, 24 BD).

Este método permite confirmar un punto anómalo aislado, volviendo a tomar una muestra en el mismo lugar y en sus alrededores. Si después de analizar se confirma esta anomalía y/o si aparecen otras en el área nuevamente muestreada, se vuelve a la zona para un estudio más detallado.

Caso Paso Amarillo (PU 24 AA): De la observación del ambiente geológico de la zona y conociendo la presencia de 2 ó 3 valores débilmente anómalos, se decidió un muestreo semitáctico en esta pequeña cuenca. Sobresalió un grupo de valores anómalos que fue revisado en muestreo de malla (100 x 100m) y en plan contador (PU 24 BA). Los resultados confirmaron esta anomalía. Paralelamente fue encontrado por radimetría otro indicio en otra zona de la cuenca,

inmediatamente muestreado con la misma malla (100 x 100) (PU24 CA) y los resultados confirmaron y especificaron igualmente la presencia de mineralización de Uranio. El nivel mineralizado fuente del Uranio fue encontrado por sondeos. Desgraciadamente en ambos casos, el tenor resultó demasiado débil.

b) Las zonas anómalas de tamaño más reducido ( 2km<sup>2</sup>) permitieron un muestreo con una densidad mayor, de 20 hasta 100 por km<sup>2</sup>, ya sea estableciendo una malla cuadrada (PU 23 AA, AF, BC, 24 BA, CA, AD y BB) o en fondo de hondonada, base de pendiente y flat (PU23 AD, AE, AI, 24 AB, AC, AD, AE).

#### 4.3.4.4. PLAN CONTADOR RADIMETRICO

Las medidas radimétricas acompañan siempre el muestreo y son tomadas del mismo modo que en estratégica (párrafo 4.3.2.3) El SPP2 está siempre encendido y señalaría cualquier elevación del movimiento propio durante el recorrido del prospector. En zona de cierta amplitud, donde el trabajo se hace en semitáctica, se anota el valor medido en cuentas por segundo en cada punto de muestreo y, entre los puntos, cada 100m aproximadamente, lo que representa una densidad de valores suficientes para trazar líneas iso radimétricas (ver en anexo: tácticas). En caso de malla regular ya implantada para el muestreo, se hizo el estudio radimétrico en un segundo tiempo, siguiendo líneas paralelas, con traspaso a un plan contador según una malla 100 x 50m generalmente (PU 23 BB, AF, AA, 24 BA, CA). Las informaciones se revelaron valiosas, tanto directamente en el campo para detectar e inmediatamente muestrear suelos o sedimentos anómalos radimétricamente (PU 24 BA, CA), como posteriormente después de mapear y trazar las curvas isorradimétricas, dar una idea del subsuelo invisible (informaciones litológicas) y confirmar anomalías geoquímicas dudosas (PU 24 AA, BA, CA, 23 AK).

#### 4.3.4.5. ESTADISTICAS DE PRODUCCION

Los datos aquí suministrados corresponden también al período entre el inicio de la prospección y el 31 de mayo 83. Las anomalías revisadas corresponden a los fotoplanos Las Flores, Alborada, Vichadero y Amarillo, con un total de 18. De este total, 6 fueron revisiones de anomalías del I.M. cuyos resultados obtuvimos en primer lugar.

Cabe mencionar además algunas otras anomalías ubicadas en el basamento joven, muestreado y analizado por el Inventario Minero. Estos sectores fueron muestreados en semitáctica para confirmar las anomalías geoquímicas o radiométricas señaladas (4 anomalías). Las muestras de todas las tácticas, semitácticas (incluyendo los estudios de orientación) suman 2506.

Se reparten según el cuadro N° 3 (los números de muestras entre paréntesis (+x) corresponden a estudios metodológicos o perfiles de suelos de muestreos posteriores y no entran en los cálculos de densidad de muestreo).

#### 4.3.4.6. PREPARACION DE LAS MUESTRAS Y ANALISIS

Todas las muestras de táctica fueron entregadas al servicio de molienda (laboratorio Ing. Tosi) donde recibieron el tratamiento descrito en el párrafo 4.3.2.5.) y fueron analizadas rápidamente, con prioridad sobre las muestras estratégicas. Este hecho permitió conocer el resultado del trabajo de campo en una o dos semanas.

#### 4.3.4.7. PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

La puesta en limpio de los datos conseguidos se hacía automáticamente al regreso de la gira en planos incluyendo ubicación de muestreo, radiometría y poco después, resultados de análisis. Por lo tanto 3 mapas reúnen las informaciones (a escala 1:5000 a 1:20000 según el documento base empleado).

La comparación radiometría-tenores que ya hemos mencionado, es interesante como confirmación de zona de interés uranífero y/o información geológica.

En la fig. 4 están localizadas todas las tácticas efectuadas en el sedimentario.

LISTA DE LAS ANOMALIAS REVISADAS  
Y RECOMENDACIONES

Cuadro 4

ANOMALIA	PRIORIDAD	RESULTADOS	TRABAJO PROPUESTO
23 AA	2	Tenores anómalos en crestas	Perfiles con taladro
23 AB	-	Ya estudiado 23BB + 23 BC	
23 BB	1	Tenores anómalos posible nivel de gris con U	En curso de perforación
23 AC	-	Resultados positivos → 23 BC	
23 BC	1	Umbral paleogeográfico con valores anómalos	Controlaron perfiles con taladro y después Minuteman
23 AD	NO	En zócalo. Débil anomalía del IM no confirmada	Abandonar
23 AE	NO	Control anóm. IM no confirmado	Abandonar
23 AF	1	Control de anom. strat. PU conf.	Control con suelos de flat y bajos de pendiente y después taladro
23 AG	2	Control grupo anóm. PU conf.	Muestreo apretado en hondonadas y bajos pend. y seguir con perfiles talad.
23 AH	2	Control grupo anóm. PU conf.	Muestreo flat y hondon. apretado alrededor de los tenores altos
23 AI	3	Control grupo anóm. PU conf. pero con anom. déb.	Controlar eventualmente
23 AJ	1	Cont. grupo anóm. PU conf. y especificado Cont. de 23 BB	Confirmar anom. de flat por muestreo apretado y perf. c/taladro. Insistir alr. del 109 y del 63 a 69
23 AK	1	Cont. grupo anóm. PU conf. 2a. fase: taladro y suelos de base pendiente entre #79 y 32	Según los resultados, perforar con Minuteman Cont. las demás anom. c/muestreo apretado

ANOMALIA	PRIORIDAD	RESULTADOS	TRABAJO PROPUESTO
24 AA	3	Semitáct. cuyos result. son 24BA y CA	Eventual control de # 317
24 BA	-	Anomalia geoquím. conf. por sondeos	Terminado
24 CA	-	Anomalia geoquím. conf. por sondeos	Terminado
24 AB	3	Control anom. PU confirmado	Muestreo apretado base pend. cerca #102 y taladro de lomita
24 AC	-	Control geoq. anom. radim. No resultó por geoq. pero nuevos afl. radiact. Sondeos positivos	Terminado
24 AD-BD	3	Control grupo anom. PU conf. y especific. Sond. no conf. anom.	Terminado, pero se puede averiguar origen anom. c/perf. c/taladro
24 AE	1	Control grupo anom. PU conf. y especific. 2a. fase: muest. apret. base pend. y perf. talad. cerca # 9	Según resultados 2a. fase. Perforar con Minutaman
24 AF	NO	Control radim. y geoq. de un aumento radimétrico	Abandonar
24 AG	3	Control grupo anom. PU confirmado	Controlar flats y fondo hondonada; sobre todo # 27 a 29
80 AA	NO	Control anom. IM confirma, pero valores altos de origen lit. y concent. hidromórficas	Seguir estudio de orientación en granito
80 AB	NO	Cont. anom. IM y pba. táct. zona cristalín Tenores norm. en terreno granítico	Sin interés
80 AC	NO	Semitáctica para comprobar respuesta de un granito intrusivo	Abandonar
80 AD	3	Anom. radim. IM/Radim fina. Muestreo canal aflor. táct. alred. Miner. fosf. poca extensión lenticular	Eventualmente seguir ciertos niveles de cuarcita conteniendo U.

5.

**CRITICA DEL TRABAJO EFECTUADO**

(ver informe de visita técnica del Dr. Wilhelm,  
mayo, 1983)

Después de una visita a los lugares de principal interés, el experto consultante del BRGM confirmó los métodos empleados a nivel estratégico y táctico insistiendo en el interés de afinar más la fase táctica muestreando en profundidad y con malla apretada.

En efecto, los resultados de táctica contienen una mayoría de buenos valores en flat y fondo de hondonada en relación con los suelos en laderas y crestas. La razón debe ser la lixiviación de los horizontes superficiales en terreno inclinado, y en cambio, la concentración en los horizontes superficiales hidromorfos de las partes bajas.

Para eludir esta limitación al hallazgo de un eventual cuerpo mineralizado por métodos geoquímicos, limitación impuesta por ciertas condiciones pedogenéticas, es necesario muestrear en profundidad en las vertientes de las lomas u hondonadas por medio de sondeos con taladro o Minuteman, y analizar las muestras en varios niveles.

Además, se hicieron sugerencias a nivel analítico:

- análisis del Uranio total en ciertos casos y su comparación con U móvil para presenciar el modo de captación de este elemento.
- Control multielemental para tener en cuenta ciertos acompañantes habituales u ocasionales del Uranio y valorizar las anomalías.
- Pruebas de extracción selectivas por solventes de la materia orgánica para verificar dónde se entrapa el Uranio. Este dato permitiría corregir los valores de las anomalías a nivel estratégico y semitáctico.

El consultante opina que la presencia de acumulaciones del metal Uranio en ciertos niveles del Pérmico es cierta y haberlo puesto

en evidencia es un resultado importante. Estas acumulaciones son responsables de varias anomalías geoquímicas (Hasta ahora los resultados conciernen solamente el Norte y NE de la cuenca gondwana, sectores sin prospectar por este método antes de la fecha).

## 6. RECOMENDACIONES

### 6.1. PROSPECCION ESTRATEGICA

- Seguir el estudio de las zonas de interés puestas en evidencia (borde de cuenca) sabiendo que existe un stock metal en varios niveles (tope de San Gregorio: Magnolia-Cerro Largo Sur-Yerba Sola; Pelíticos grises: (Amarillo, Mercedes, Puntas de Abrojal?); eventualmente Yaguarí (Adelaida).

- Diversificar los blancos, iniciando muestreos en regiones recomendadas por los geólogos que trabajan con otros medios (autoportada, reconocimientos geológicos previos...) en el zócalo joven y antiguo, eventualmente en sedimentario post-gondwana.

### 6.2. SEMITACTICAS Y TACTICAS

- Seguir con las tareas efectuadas hasta ahora en las regiones donde tenemos resultados de estratégica, es decir controlar las anomalías según la regla siguiente:

1a. fase: Muestreo de suelos superficiales apretados cada 100 a 50m en los flat o a lo largo de las honconadas donde aparecieron valores altos, para confirmar los análisis, y sobre todo, comprobar su repetitividad en un área más o menos extensa. Esto probaría un stock U en los alrededores. Al mismo tiempo, muestrear al pie de las laderas adyacentes al drenaje para delimitar mejor el origen del uranio.

2a. fase: Después de obtener resultados analíticos de la 1a. fase, limitarse a las partes más interesantes y muestrear el subsuelo de las laderas haciendo perforaciones cortas con taladro de mano o Minuteman. Estos perfiles tienen que corresponder a una malla cerrada (líneas siguiendo la pendiente alejadas de 100m, y en cada línea, perfiles cada 20 ó 40m por ej.) para asegurarse de penetrar o acercarse lo más posible al cuerpo

mineralizado responsable de la anomalía.

La lixiviación de los horizontes superficiales de los suelos hace necesaria esta operación.

En caso de cuenca no demasiado extensa, se pueden efectuar las 2 operaciones en la misma campaña para ahorrar tiempo, analizar las muestras correspondientes a la 1a. fase y según los resultados obtenidos, analizar sólo la parte interesante de las muestras de la 2a. fase.

- - -  
-

## LISTA DE FIGURAS

1. Localización de las zonas muestreadas por el Inventario Minero con resultados analíticos Uranio
2. Localización de las zonas muestreadas y analizadas por el Proyecto Uranio
3. Desarrollo de la prospección geoquímica
4. Localización de las anomalías geoquímicas

## LISTA DE CUADROS

1. Estadísticas del muestreo geoquímico
2. Distribución geográfica del muestreo estratégico
3. Estadísticas del muestreo táctico y estudios de orientación
4. Lista de anomalías revisadas y recomendaciones

## ANEXOS

1. Prospección geoquímica estratégica.  
Localización muestras
2. Prospección geoquímica estratégica - Radimetría
3. Prospección geoquímica estratégica - Resultados análisis - Tenor U móvil
4. Prospección geoquímica táctica