

I N T R O D U C C I O N

En el curso de la prospección que se está llevando a cabo en estos momentos en la Provincia de Aysén, se ha previsto que los geólogos tengan además la misión de obtener muestras de sedimentos del lecho de los ríos y de las quebradas, a fin de estudiar la eficacia del método de prospección geoquímica en esta región.

Ya, algunos de los hechos en nuestro conocimiento nos permiten adelantar que, según los especialistas en este tema, el Sur de Chile sería más apto para este tipo de investigación dada su naturaleza, que los desiertos del Norte, en que se ha aplicado con mayor o menor éxito. Por otra parte, estimamos que es absolutamente indispensable aprovechar esta ocasión para resumir los principios de geoquímica aplicables a la prospección minera, insistiendo en la forma adecuada de preparar las muestras, para que este trabajo tenga mayores probabilidades de éxito. Podríamos citar casos en los cuales miles de muestras no han revelado nada en el laboratorio, porque se habían elegido sin aplicar sentido común.

GEOQUIMICA APLICADA A LA PROSPECCION MINERA.Definiciones:

La prospección química es la búsqueda de anomalías químicas en la superficie, anomalías que pueden actuar como indicadores para descubrir depósitos escondidos. Podríamos describirla como una versión muy mejorada del antiguo procedimiento de bateas, en el que se ha reemplazado el criterio mineralógico por el análisis químico, mucho más sensible y selectivo.

Se basa en el hecho que la situación de un depósito de



mineral enterrado puede revelarse por medio de variaciones en la composición química de los materiales que lo rodean, en especial los materiales que se encuentran en la superficie del terreno. Estas variaciones que constituyen las "anomalías geoquímicas" se evidencian por medio de análisis semi-cuantitativos, rápidos y económicos. Por lo tanto, se trata de un método de investigación directa que se basa en el parametro "Ley" para localizar un depósito.

ORIGEN DE LAS ANOMALIAS GEOQUIMICAS.

Las anomalías geoquímicas se pueden definir como zonas en que la concentración de un elemento dado es notablemente superior a la que se obtiene lejos de todo depósito. Son la resultante de fenómenos físicos-químicos complejos y poco conocidos, que se designan como "dispersión". Estas migraciones de ciertos elementos cerca de sus depósitos se clasifican en:

- Dispersiones primarias, resultantes de fenómenos hipógenos en que la acción se ha ejercido durante el período de mineralización.
- Dispersiones secundarias, se deben a la acción de la erosión y de los procesos de alteración, descomposición, y evolución de los depósitos.

MOVILIDAD DE LOS ELEMENTOS.

El comportamiento de los elementos químicos en la zona más superficial de la corteza terrestre es enteramente diferente del que prevalece en profundidad. Para la prospección geoquímica, el factor más importante de este comportamiento es la "movilidad" que se puede definir como la aptitud de un elemento para su transporte en

forma de solución o suspensión en las aguas superficiales, las tierras, los vegetales. Los elementos susceptibles de ser transportados en solución o suspensión coloidal en el agua tienen mayor movilidad. Numerosos factores físicos (gravedad, capilaridad); biológicos (acción de micro-organismos) y sobre todo químicos (pH de las aguas y terrenos, solubilidad de las sales, fenómenos de absorción, potencial de óxido-reducción) influyen esta propiedad.

Entre los elementos más móviles (muebles) se encuentran: Zn, U, Ni, Co, y entre los móviles: Pb, Au, As, Sn, Sb. El cobre parece ser relativamente móvil en condiciones oxidantes, tiende a acumularse en los suelos ricos en materias orgánicas o arcillosos, y a lavarse en los suelos ácidos. En la gran mayoría de los casos, su movilidad se encuentra entre la del zinc y del plomo, al igual que la del tungsteno y la del molibdeno.

La principal consecuencia práctica de estas constataciones es que, en igualdad de circunstancias, las aureolas de dispersión, o más sencillamente las anomalías de cobre en un suelo residual (es decir que se ha formado en el mismo lugar) serán teóricamente más extendidas que las anomalías del plomo y más restringidas que las anomalías del zinc. Por lo tanto cuando se busca un mineral compuesto (BPG por ejemplo) es conveniente efectuar una prospección tomando en cuenta el elemento más móvil, en este caso el zinc (posibilidad de un muestreo de malla amplia) y de llevar a cabo la prospección de detalle, dosificando el elemento menos móvil (el plomo) que da anomalías más densas y más cercanas a las zonas mineralizadas. La figura 1 muestra la disposición teórica de los perfiles que pasan por una mineralización en el caso de un elemento muy móvil y un elemento poco móvil. La figura 2 representa dos elementos de perfil real al paso de una vena de plomo sub-aflorante (se ve claramente la influencia de la topografía, que estira las anomalías en el sentido de la pendiente).

PRECUENCIA TERMINO MEDIO DE LOS ELEMENTOS EN LA CORTEZA TERRESTRE.

Es importante conocer este dato en toda prospección geoquímica. Diversos autores han calculado el contenido término medio de los diversos elementos, que a veces se designan como "número de clarke" o sencillamente "clarke". El cuadro adjunto, obtenido de la publicación de Rnkama y Sahama "Geochemistry" resume las cifras esenciales.

Para la mayoría de los elementos, la composición de los suelos no es muy distinta de aquella de las rocas de que provienen, y por lo tanto, las cifras que se refieren al término medio de las rocas eruptivas dan una aproximación suficiente de la composición química término medio de la mayoría de los suelos.

Todos los valores mencionados se expresan en "partes por millón" o sea ppm., única unidad particular empleada en geoquímica (1 ppm = 0,0001% o sea 1 gramo por tonelada). Se vé que las leyes que se deberán obtener son extremadamente pequeñas y que será necesario apelar a métodos de dosificación especialmente sensibles.

Uno de los principales problemas que se presentan para la interpretación de los resultados de una prospección geoquímica, es distinguir las anomalías significativas de las variaciones de ley sin importancia. Se han definido ciertos parámetros para facilitar esta discriminación (Fig. 3).

LEY DE FONDO O "TELON DE FONDO".

Es para una región determinada y un elemento dado, la ley del suelo que se obtiene cuando el equilibrio no ha sido roto por la presencia de un depósito mineral. Estadísticamente hablando, estos

"telones de fondo" se encuentran entre límites bien determinados, y se reparten de acuerdo con una ley lognormal (Ahrens). Hay que poner cuidado en no interpretar una variación del "fondo" geoquímico como una anomalía: estas oscilaciones del telón de fondo son en cierta medida el equivalente del "ruido de fondo" del amplificador en un aparato electromagnético.

Las leyes de fondo varían generalmente entre algunas ppm a decenas de ppm., según el elemento, la región y los tipos de suelos estudiados.

EJEMPLOS:

Uranio 3 ppm en suelos graníticos (Massif Central).

Cobre 10 ppm en tierras negras forestales (Vosges).

20 ppm en suelos arcillosos.

Plomo cerca de 30 ppm como término medio.

Zinc 30 a 90 ppm en medio ácido (ex 30ppm en medio alcalino o nuestro ex: 150 mm ppm en los gabros).

UMBRAL

Si bien las variaciones del telón de fondo pueden compararse al ruido de fondo de un circuito amplificador, la anomalía química representa la "señal".

Se deberá entonces, en cada caso especial, determinar el "umbral" (Threshold" de los autores anglosajones) bajo el cual las variaciones de la ley pertenecerán solamente al telón de fondo y arriba del cual se podrá considerar como anomalías significativas.

Este valor-umbral- no puede prefijarse para una región determinada, ya que depende de las condiciones geoquímicas locales. Una vez que estas sean conocidas, se podrá deducir empíricamente, del examen de cierto número de perfiles geoquímicos, y cuando se dispone

del número suficiente de resultados, el cálculo estadístico permite control o precisar las primeras aproximaciones.

CONTRASTE

Un criterio importante para juzgar la importancia de una anomalía es el "relieve" o "contraste" entre las leyes anómicas y las leyes de fondo. Se puede expresar ya sea por la relación del umbral al telón de fondo, o del máximo al telón de fondo, y ya sea por la del máximo al umbral. Según el elemento que se busque, y el tipo de depósito, se elegirá la comparación más significativa. Por ejemplo se han obtenido relaciones máximo/umbral de 4 para el CU, 10 para Pb, 10 para Co, 100 para As, etc. Teóricamente, mientras más importante sea el contraste, más significativa es la anomalía. Señalaremos, finalmente, que en general el contraste es tanto más notorio cuanto menos móvil sea el elemento. (cf. v fig. I).

LA HOMOGENEIDAD, FORMA Y GRADACION: de las anomalías son igualmente factores importantes, que habrá que considerar.

Las figs. 4 y 5 muestran algunos tipos teóricos de aureolas de dispersión en un suelo residual.

TIPOS DE PROSPECCION

Adoptaremos la clasificación usual, que no toma en cuenta el origen de las dispersiones, y se basa en la densidad de la red de muestreo y el tipo de materiales obtenidos.

Distinguiremos así dos tipos de prospección:

- Las prospecciones previas (de reconocimiento)
(clasificadas como "estratégicas" por ciertos autores).
- Las prospecciones en detalle (que se llaman a veces tácticas).

A) LAS PROSPECCIONES PREVIAS.

Tal como su nombre la indica, estas tienen por objeto la prospección de regiones extensas poco conocidas o desconocidas, desde el punto de vista minero, a fin de determinar las zonas más favorables para las prospecciones detalladas.

Ya que las superficies que deberán estudiarse son muy extensas, la red de muestreo deberá tener mallas lo suficientemente amplias para que el método siga siendo económico. Sin embargo, hay que guardar cierta proporción, y un espaciamiento máximo de las muestras, compatible con la detención de anomalías.

En este grupo se clasifican las prospecciones cuya densidad de muestreo está comprendida entre:

- 1 punto por Km² (malla kilométrica).
- 1 punto por cuatro hectáreas (malla cuadrada de 200 m. de lado).

Según las condiciones locales se efectuará el muestreo:

* EN LAS AGUAS.

Estudio de la hoya hidrográfica de una región. Este método es rápido (malla de muestreo muy grande, punto por kilómetro, por ejemplo), pero presenta dificultades desde el punto de vista de análisis (leyes muy débiles) y la interpretación de los resultados es a veces muy delicada.

Ejemplo búsqueda de indicios de uranio.

* EN LOS ALUVIONES. (o en las terrazas aluviales).

Es un método muy frecuente de prospección previa, que ha demostrado ser útil en muchos casos. Permite un estudio rápido de una red hidrográfica; los análisis son más fáciles, y los resultados más homogéneos que en el caso de muestreo en las aguas. Ejemplos: prospecciones de Zn y Cu. en el NIARI (Congo), prospección de cobre en Rodesia del Norte.

B) PROSPECCIONES DETALLADAS

Están destinadas a estudiar una indicación determinada, para precisar su situación, su extensión y eventualmente su relación con indicaciones vecinas. La densidad de muestreo es sumamente variable y puede oscilar según los casos entre 1 a 40 puntos por hectárea.

Citaremos como tipos de problemas que se han tratado en esta categoría:

• ESTUDIOS TECTONICOS:

Búsqueda de fallas o zonas de accidentes mineralizados:
Ejemplo: búsqueda de Cu en Francia y Angola (sistema de fallas del Rfo Tetelo).

• PROSPECCIONES EN INDICIOS GEOLOGICOS:

Ejemplo: Prospección de Cu en Akjoujt en Mauritania.

• EN ANTIGUAS EXPLOTACIONES:

Ejemplo: Prospección de Cu en Anozel (Francia).

• ESTUDIO DE EXTENSION DE LOS DEPOSITOS EN EXPLOTACION:

Ejemplos: Prospección de Bou Azzer (Marruecos) para cobalto, búsqueda de masas piritosas en Chizeuil (Francia).

• OBSERVACIONES DE LOS SONDAJES DE PROSPECCION POR ANALISIS DE TESTIGOS:

Ejemplos: En Francia sondajes de Valtorte y Chizeuil; en el Portugal, sondajes de Aljustrel.

• PROSPECCIONES DE TRABAJOS MINEROS POR ANALISIS EN GALERIAS:

Ejemplos: Estudio de Bou Soufa, en Algeria.

En todas estas prospecciones, el muestreo puede efectuarse con diferentes materiales:

- En los suelos residuales (casos más frecuentes).
- En los suelos de cobertura (cobertura glacial o masas sedimentarias, por ejemplo).
- En las rocas.
- En la vegetación.

Señalaremos también el empleo de la geoquímica como complemento de la física, para determinar las causas de anomalías eléctricas, magnéticas y radiométricas o para distinguir el PS debido a los sulfuros metálicos de aquel provocado por masas grafitosas;

Finalmente, en las prospecciones de uranio, la geoquímica puede ayudar a la prospección geo-radiométrica, cuando la cobertura es muy importante, y actúa como bombo para las radiaciones gama.

PUESTA EN ACCION DEL METODO

Toda prospección geoquímica tiene que contemplar siempre las siguientes fases:

- Estudio de orientación.
- Prospección propiamente tal.
- Interpretación de los resultados.

A) El estudio de orientación es indispensable, si se quiere llegar a tener éxito en la prospección propiamente tal. En efecto, es muy difícil, si no imposible, establecer a priori un programa exacto de trabajo. Por lo tanto, en el curso de este estudio preliminar, efectuado en colaboración con el geólogo de la localidad, se decidirá:

- a) La forma y densidad de la malla de muestreo.
- b) La profundidad óptima del muestreo.
- c) El o los elementos que se desea dosificar.

Para determinar la mejor profundidad de muestreo, se estudiará el reparto vertical de los elementos sobre una profundidad de 1 metro más o menos (elementos de perfiles con muestreo cada 20 cm. en cada punto) a fin de determinar si existe un nivel de enriquecimiento preferencial.

Para ciertas prospecciones previas, puede ser conveniente dosificar semi-cuantitativamente el total de los metales pesados (esencialmente Cu, Pb, Zn). Este método de clasificación rápido y económico deberá ser complementado por procedimientos más selectivos en las zonas de interés.

Pero la forma de trabajo más corriente consiste en dosificar las trazas del mineral que se busca. En todo caso, cuando este mineral no deja aureolas de dispersión fácilmente reconocibles, se puede operar por método indirecto, dosificando un elemento indicador asociado "pathfinder" sin valor económico: Ejemplos de elementos indicadores: Cu para las masas de piritas, As para el oro.

Como en geofísica, se tratará de basarse sobre una mineralización conocida para tener una idea del orden de los parámetros válidos en la región estudiada (contenido de fondo, umbral, contraste).

B) LA PROSPECCION EN SI: que también se divide en dos fases principales:

- Obtención de muestras
- Preparación y análisis.

1) OBTENCION DE MUESTRAS

Se recoge una pequeña cantidad del material elegido, en las condiciones fijadas por el estudio preliminar.

Por ejemplo:

500 ml. de agua (en frascos de polietileno).

Algunas hojas, o ramitas, o raíces de la planta elegida.

más corrientemente:

más o menos 100 gr. de tierra (en cajitas de cartón y un saquito de papel o tela) o de alárviones.

Algunos fragmentos de roca. Que se obtienen en la superficie con la ayuda del martillo o de la barreta.

Las muestras de tierra, que son de mucho el caso más frecuente, se obtienen a pequeña profundidad (20 a 60 cm. por lo general), ya sea a lo largo de los perfiles, ya sea según un cuadrángulo regular. Cada vez que sea posible, se tratará de retirar muestras del mismo nivel pedológico, antes que a profundidad constante.

La cadencia del muestreo debe ser tal que el laboratorio de análisis se encuentre trabajando constantemente.

2) PREPARACION Y ANALISIS DE LAS MUESTRAS

El fin de la preparación es poder preparar soluciones de las muestras. Para las tierras consiste en:

- Secado (al sol o en secador).
- Molido (en el mortero)
- Tamizado (con tamiz de 80 mesh).

A veces es necesario calcinar las materias orgánicas (en el análisis, para uranio).

No describiremos el proceso de solución, que consiste en la mayoría de los casos en un ataque ácido al baño maría hirviente.

El trabajo de análisis, en la prospección geoquímica, consiste en efectuar cientos, tal vez miles, de microdosificaciones en la forma más económica posible, y lo más rápido posible. También es necesario que los métodos de análisis sean lo suficientemente simples, de tal manera que se puedan efectuar en condiciones de terreno a veces bastante rudimentarias. Por el contrario, no se necesita gran precisión, porque las anomalías significativas son por lo general bastante distintas de las condiciones del fondo, sobretodo en las prospecciones de detalle, en las cuales los contrastes generalmente son bastante notorios. En las prospecciones previas, la precisión de los resultados

tiene mayor importancia, porque las variaciones relativamente pequeñas de la ley pueden ser significativas.

En resumen las cualidades de un test geoquímico deben ser: sensibilidad, rapidez, economía, simplicidad, precisión relativa de más o menos 30%.

Estimamos que no es necesario describir los distintos mé todos de trabajo que se emplean en el laboratorio.

R. Hamel.

Santiago, Diciembre de 1965.



PROSPECCION GEOQUIMICA EN EL SUR DE CHILE

En este informe examinaremos sucesivamente:

- 1) Las condiciones generales de prospección dentro del marco de la misión.
- 2) Las posibilidades de prospección geoquímica en la zona que se examina.
- 3) Tipos de prospección que deberán contemplarse y recomendaciones generales.
- 4) Conclusiones.

CONDICIONES GENERALES DE PROSPECCION DENTRO DEL MARCO DE LA MISION

SITUACION

La zona de estudio asignada a esta misión es de aproximadamente 20.000 Km². (ver mapa anexo).

CARTOGRAFIA

La zona figura en el mapa preliminar a escala 1:250.000^o, cubierto en parte por aerofotografías TRIMETROGON, escala término medio 1:40.000^o.

CONDICIONES DE TRABAJO

En general, parecen bastante difíciles. Las dificultades principales son, en breve:

- Lejanía de toda población importante.
- Dificultades de acceso y circulación.
- Clima.
- Contratación eventual de personal auxiliar.

Por lo tanto, las misiones en el terreno deberán encargarse a personal experto, acostumbrado a las dificultades de trabajos en regiones similares.

OBJETIVOS

El propósito de esta misión es de proceder, entre otras cosas, a un inventario de los recursos minerales de una región importante, ya explorada en parte, pero no se le ha asignado ningún objetivo preciso. Como es imposible, y a veces inútil, revisar detalladamente una zona de más o menos 20.000 Km²., hay que elegir cuando se estime más conveniente, los objetivos que deberán estudiarse, guiándose por la geología de detalle, y los indicios minerales ya conocidos.

Tomando en cuenta estos elementos, revisaremos las posibilidades de aplicación de la prospección geoquímica.

PROSPECCION ESTRATEGICA

MOLIBDENO:

Aunque los indicios conocidos sean pocos, parece existir un campo de acción interesante para la prospección geoquímica. El molibdeno es un elemento muy móvil, que se puede encontrar en los aluviones tanto como en los suelos residuales. Los métodos de dosificación están bien establecidos (Tolueno 3-4 dithiol. L. Marshall. Economic Geology. Vol. 59 - 1964. Bull. 1152).

COBRE:

Siguiendo la red hidrográfica (obtención de sedimentos en lechos vivos). Malla kilométrica.

RECOMENDACIONES

- La ley de un sedimento puede variar considerablemente según la granulometría y el contenido de materias orgánicas; se tratará de obtener muestras tan homogéneas como sea posible.
- Ya que una sola muestra en cada punto puede ser poco representativa, será conveniente obtener por lo menos dos (que se podrán mezclar en el mismo saquito).

- En cada punto, habrá que cuidar de no incluir material que se haya desbarrancado, caído de las riberas, especialmente cuando éstas es tán constituidas por colluvium, proveniente de las pendientes vecinas.
- Medir el pH del agua, aproximadamente vez por medio, o cada tres ve ces.
- Dos puñados representan una cantidad suficiente de muestra. Es conveniente colocar el material primero en un saquito de plástico y enseguida cubrirlo con un saco de papel grueso. Para indicar los puntos sobre el terreno, se puede clavar una placa de zinc en un tronco de árbol, por ejemplo. No basta la indicación en el mapa.

PROSPECCION EN LOS TERRENOS

Es difícil establecer un programa detallado por el momento, dado el estado actual de los trabajos, y el propósito de estas investigaciones.

De todas maneras, las muestras se pueden obtener a unos 30 cm. bajo la capa vegetal. La topografía puede ser esquemática, (tanto en planimetría como en altimetría), pero la indicación exacta es importante (en el caso de resultados positivos, o trabajos complementarios).

Será también conveniente obtener cierto número de mues tras de rocas en las diversas formaciones geológicas, con el fin de determinar las leyes generales que representan para la región.

Hay que anotar en el libro de terreno todos los datos que puedan facilitar la interpretación de los resultados (forma de las riberas, tipo de sedimentos, granulometría, tipo de terreno, profundidad de la muestra, etc.).

Las muestras se tratarán en la forma usual, (secado, molido, tamizado a 80 mesh. y análisis colorimétrico para el Cobre).

Búsqueda de depósitos estratiformes en el sedimento.

TIPOS DE PROSPECCION QUE DEBERAN CONTEMPLARSE

RECOMENDACIONES GENERALES

I) PROSPECCION ESTRATEGICA

En la mayoría de los casos que se toman en cuenta, la prospección geoquímica aparecerá bajo la forma de prospección previa de malla grande (prospección estratégica) que se puede realizar obteniendo muestras de diversos materiales: Agua, sedimentos de río, tierras. Se podrá ensayar algunas muestras de plantas.

AGUAS

El estudio geoquímico de las aguas es muy delicado, y muchas veces ha dado resultados imposibles de interpretar; esto por muchas razones:

- Las leyes de los distintos elementos en las aguas son muy pequeñas: se trabaja con ppb (parte por billón 1:1.000 ppm), por lo tanto se requieren métodos analíticos especiales, y existe el riesgo de cometer errores importantes.
- La necesidad de efectuar estos análisis muy delicados en el terreno mismo, 6 horas después de obtener la muestra, porque las paredes del frasco absorbe los elementos en solución. El agregar ácido clorhídrico palia inconveniente solo en parte.
- Variaciones de leyes debido al contenido de materias orgánicas i micro-organismos en las aguas, al pH de las aguas, y la naturaleza de los suelos por que se escurren.

- Variaciones cotidianas y estacionales de las leyes con el caudal de los ríos. La estación más favorable para la prospección parece ser el final de la época de las lluvias, en que se llega a una estabilidad relativa.

En resumen, se puede decir que en estos momentos el análisis de las aguas queda reemplazado ventajosamente por el análisis de los sedimentos, que presentan mayor fidelidad en las leyes, se manipulan más fácilmente, y en que las trazas de elementos son 1.000 veces más abundantes que en las aguas.

Por lo tanto, no es necesario contemplar la prospección con análisis de las aguas en el cuadro de esta investigación. (I).

PLANTAS

El análisis de muestras de vegetales aplicados a la prospección minera, o método bioquímico, según la terminología del geoc químico ruso VERNADSKY, es uno de los métodos más antiguos de prospección geoquímica, pero se ha desarrollado en forma menos rápida y su aplicación es menos corriente que la Geoquímica de los suelos o de los sedimentos. Su realización es relativamente difícil, y no se justifica a menos que los demás métodos no produzcan buenos resultados, por ejemplo, en las regiones cubiertas por suelos no residuales del Canadá.

Por lo contrario, la prospección geobotánica, que es el estudio de la relación entre las plantas y su medio ambiente es mucho más adecuada. Entre los numerosos factores que influyen el desarrollo de las plantas, el medio geológico desempeña un papel esencial.

(I) Tal vez exceptuando al U debido a su gran movilidad.

Según "HAWKES and LEBB" las rocas básicas tienen una influencia profunda sobre la ecología de la vegetación que llevan en casi todos los climas. En general, la vegetación que crece en las zonas de substrato ultrabásico es achaparrada y corta. Por lo general, esta relación es tan clara que la forma de los macizos ultra-básicos se puede delimitar con precisión en las aerofotografías.

No se sabe si este efecto se debe a un envenenamiento por Ni, Cr, Co o Mg de las ultrabasitas, a falta de un elemento importante para la alimentación de las plantas, tal como K o Mo, o tal vez simplemente la típica cubierta arcillosa.

Estas observaciones tal vez sean optimísticas, pero de todas maneras no pensamos que se puedan aplicar a esta misión, dada la gran variedad de la vegetación en esta región.

SEDIMENTOS

Las prospecciones previas para obtención de muestras de sedimentos en la red hidrográfica pueden entregar informaciones válidas en lo que respecta la existencia de minerales de sub-superficie, o el estudio de formaciones geológicas determinadas. (macizo ultrabásico, por ejemplo). Más segura que la prospección de las aguas, más rápida que la de los suelos, la prospección de los sedimentos es conveniente para los estudios previos.

Por otra parte, dada las difíciles condiciones de circulación en esta región del país, la prospección de la red hidrográfica está especialmente indicada. Finalmente, para estudios regionales a gran escala, se puede llevar a cabo conjuntamente, como es el caso ahora, con los trabajos de geología.

Los elementos semi-inmóviles e inmóviles son más propicios para la prospección por sedimentos. (Cu, Pb, Co, Ni, As, Sb, Cr.).

A continuación resumimos los puntos principales que influyen en la constitución de las anomalías de drenaje e influyen en la interpretación de los resultados.

- 1) La cantidad absoluta de metal que existe en la cuenca de alimentación (es de señalar que en este caso no existe diferencia, desde el punto de vista de entrega de metal, entre un gran volumen de suelos, con poca mineralización y un depósito mucho más pequeño pero interesante desde el punto de vista económico).
- 2) La eficacia del lavado y de la erosión del depósito en curso de alteración.
- 3) La distancia que separa el depósito del río.
- 4) El origen del metal que existe en los sedimentos del río. (es decir proveniente de la absorción de un metal en solución en el agua, o bien sencillamente de la erosión mecánica del depósito, o de la anomalía en el terreno que lo rodea).
- 5) La composición de los sedimentos, especialmente en lo que concierne su contenido de materias orgánicas, hidróxidos férricos, microorganismos, greda y materias coloidales.
- 6) La solubilidad del metal en el medio ambiente geológico y químico local.
- 7) El contenido de metal en los materiales de las riberas y la medida en que se han erosionado estas riberas.

Las observaciones geológicas detalladas, determinación del pH, informes sobre el contenido de diversos elementos y C_{Mg}/Mw pueden ayudar a precisar el origen de las anomalías, pero la interpre

tación de los resultados sigue siendo en gran parte empírica, y depende especialmente de la experiencia del operador.

N.B.

CxMe - Gold Extractable metal (o metal que se puede obtener mediante solución en frío).

Me - Total metal (metal que se puede obtener en solución por los procedimientos en caliente clásicos).

Un resultado CxMe/Me alto hará pensar en una precipitación química ya sea directamente en el lecho del río, sea en una zona de infiltración en curso de erosión más arriba. Un informe CxMe/Me bajo indica que la anomalía se puede deber a la erosión mecánica y a la dispersión de un suelo residual mineralizado.

SUELOS

Las anomalías en suelos residuales corresponden a depósitos escondidos de tamaño generalmente reducido, por lo que se presenta la necesidad de una malla de muestras más pequeña, y de mayor costo. Sin embargo, este tipo de prospección es interesante, porque entrega resultados seguros y precisos. Se pueden obtener muestras ya sea en forma sistemática con malla relativamente amplia, ya sea guiándose por la red hidrográfica, cuando es lo suficientemente densa, siguiendo las cumbres y los bordes de la pendiente, según las condiciones geológicas y pedológicas locales. En lo que a la misión se refiere, parece preferible atenerse a la prospección en los sedimentos para la prospección previa y trabajar después en los terrenos residuales para el detalle o semi-detalle.

PROSPECCIONES TACTICAS.

Los estudios de detalle se establecerán más adelante en el momento oportuno.

RECOMENDACIONES GENERALES.

Ya se trate de prospecciones previas o de detalle, deberán siempre estar precedidas por un estudio de orientación, en el curso del cual se establecerá el material más favorable para el muestreo, la malla y la profundidad óptima de obtención, las leyes de fondo (back ground) de las distintas formaciones geológicas que afloran en la zona en estudio, y, eventualmente el elemento más conveniente que se determinará (elemento que se busca, o elemento guía asociado).

Los trabajos de prospección geoquímica, tanto en el terreno como en el laboratorio, no requieren personal altamente especializado. De todas maneras, el personal no debe dejarse estar debido a la facilidad aparente del trabajo, sino que debe atenerse estrictamente a las instrucciones impartidas, y no desviarse jamás del programa prefijado.

La elaboración del programa o de los programas de prospección, la supervisión de los trabajos y la interpretación deberán confiarse a un geoquímico especializado, o eventualmente a un geólogo experimentado en prospección geoquímica.

Al final de una prospección, es conveniente establecer una "ficha de prospección" resumiendo todos los datos que conciernan el trabajo terminado. Estos archivos son indispensables para el estudio del total de las prospecciones en una región determinada, o para la comparación con otros trabajos de geoquímica.

Para facilitar la interpretación de los resultados, es conveniente establecer también "fichas-laboratorio mensuales" y "fichas estadísticas" por estudio o por formaciones geológicas.

La presentación de los resultados se hace bajo la forma de perfiles de mapas (de detalle y síntesis) de diagramas (histogramas, rectas de Henry, diagramas correlativos),

La organización estadística de los datos de una prospección geoquímica permite analizar y comparar fácilmente gran cantidad de resultados y precisar los parámetros importantes tales como - leyes de fondo, umbral de anomalías y dispersión.

La utilización reciente de este tipo de interpretación debe tratarse con prudencia, guiándose siempre por el razonamiento geológico, pero de tales estudios se obtendrán las reglas prácticas de prospección.

CONCLUSIONES

En nuestra opinión y tomando en cuenta lo que se ha expuesto, así como lo indicado en nuestro informe anterior, se desprende:

- Que existen interesantes posibilidades de aplicación de la prospección geoquímica en las zonas en las cuales se encuentran los miembros de la misión.
- Que algunos problemas prácticos en la aplicación de estos métodos son relativamente difíciles, a pesar de lo que se puede pensar, y por lo tanto deberán tratarse con cuidado.
- Que los grupos en el terreno deben aplicar los métodos prácticos al pié de la letra; estos métodos son fruto de la experiencia de numerosos especialistas conocidos, y deberán observarse aunque puedan parecer derisorios.

- Que en nuestra opinión el estudio de orientación no se ha detallado lo suficiente. Esto es absolutamente indispensable si hemos de obtener, como lo hemos dicho en ocasiones anteriores, algún éxito en la prospección en sí.

De todas maneras, es de esperar que a pesar de esto, esta primera campaña de prospección geoquímica a realizarse en el Sur del país dará los resultados esperados por la dirección de IREN.

P.J. Un mapa de situación, escala 1:1.000.000.
Serie de ejemplos de prospecciones geoquímicas.

BIBLIOGRAFIAS:

- | | |
|--------------------|--|
| ABELSON | 2 Researches in geochemistry. |
| DECHAUFOUR | - Précis de Pédologie. |
| LEPELTIER | - Recherches sur les ressources minérales dans le Sud de Madagascar. |
| RANKAMA and SAHAMA | - Geochemistry. |
| VINOGRADOV | - The geochemistry of rare and dispersed elements in soils. |
| GINZBURG | - Principales of geochemical prospecting. |
| HAWKES and WEBB | - Geochemistry in mineral exploration. |

