



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**MANUAL PARA REALIZAR UN  
LEVANTAMIENTO GEOQUÍMICO DE ARROYO**

**MEMORIA DE ACTIVIDAD PROFESIONAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO**

**PRESENTA:**

**MELESIO MARTÍNEZ DE LA CRUZ**

**SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.      MARZO 2000**





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE INGENIERÍA



Agosto 24, 2000.

**AL PASANTE, SR. MELESIO MARTÍNEZ DE LA CRUZ  
PRESENTE.-**

En atención a la solicitud de autorización del Temario de Memorias de Actividad Profesional denominado: "**MANUAL PARA REALIZAR UN LEVANTAMIENTO GEOQUÍMICO DE ARROYO**" presentada por su asesor, el Dr. Rodolfo Rodríguez Ríos con el objeto de que pueda sustentar el Examen Profesional de la Licenciatura de Ingeniero Geólogo, me es grato comunicarle que el H. Consejo Técnico Consultivo, en su sesión del 28 de marzo de 1995, tuvo a bien aprobar el siguiente temario:

- INTRODUCCIÓN.
- I. PRINCIPIOS GEOQUÍMICOS BÁSICOS.
  - II. PLANEACIÓN DE TRABAJO EN GABINETE Y CAMPO.
  - III. MANEJO DE MUESTRAS.
  - IV. CONTAMINACIÓN Y FALSAS ANOMALÍAS.
  - V. MÉTODO DE ANÁLISIS QUÍMICOS.
  - VI. CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA.
  - VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS.
  - VIII. CAPTURA DE INFORMACIÓN Y DIGITACIÓN.
  - IX. REDACCIÓN DEL TEXTO EXPLICATIVO.
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.  
AGRADECIMIENTOS.  
BIBLIOGRAFÍA.

Le recuerdo que, para cumplir con lo especificado por la Ley de Profesiones, debe presentar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS ADDEBO"

ATENTAMENTE

ING. JOSÉ ARNOLDO GONZÁLEZ ORTIZ  
DIRECTOR



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCION

\*\*SMH



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE INGENIERÍA



FORMA CTTL06

Agosto 24, 2000.

**DR. RODOLFO RODRÍGUEZ RÍOS  
PRESENTE:**

Por este conducto informo a Usted que, de acuerdo con su conformidad de aceptar asesorar al Sr. **Melesio Martínez de la Cruz** pasante de la carrera de **Ing. Geólogo**, para desarrollar el *Temario de Memorias de Actividad Profesional*, el H. Consejo Técnico Consultivo en Sesión del 24 de agosto del año en curso, tuvo a bien analizar el temario propuesto por usted y se autorizó el siguiente:

**TEMARIO:**

- INTRODUCCIÓN.
- I. PRINCIPIOS GEOQUÍMICOS BÁSICOS.
  - II. PLANEACIÓN DE TRABAJO EN GABINETE Y CAMPO.
  - III. MANEJO DE MUESTRAS.
  - IV. CONTAMINACIÓN Y FALSAS ANOMALÍAS.
  - V. MÉTODO DE ANÁLISIS QUÍMICOS.
  - VI. CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA.
  - VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS.
  - VIII. CAPTURA DE INFORMACIÓN Y DIGITACIÓN.
  - IX. REDACCIÓN DEL TEXTO EXPLICATIVO.  
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.  
AGRADECIMIENTOS.  
BIBLIOGRAFÍA.

Sin otro particular, protesto a usted la seguridad de mi atenta y distinguida consideración.

“MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO”

**ING. JOSÉ ARNOLDO GONZÁLEZ ROSA**  
**DIRECTOR**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCION

c.c. COORDINADOR DE LA CARRERA.  
CONSEJERO MAESTRO DEL ÁREA.  
ARCHIVO  
\*\*SMII

<b>INTRODUCCIÓN</b> -----	4
<b>I.- PRINCIPIOS GEOQUÍMICOS BÁSICOS</b> -----	4
a.-Estudio de orientación	
b.-Movilidad de los elementos	
c.-Halos de dispersión alrededor de cuerpos mineralizados	
Tipos de dispersión	
1.-Primaria	
2.-Secundaria	
3.-Dispersión gaseosa	
4.-Dispersión electroquímica	
d.-pH	
e.-Eh	
<b>II.- PLANEACIÓN DEL TRABAJO EN GABINETE Y CAMPO</b> -----	10
a.-Metodología para elaborar cartas geoquímicas	
b.-Programación de muestreo	
c.-Método de muestreo	
d.-Definición del método de muestreo	
<b>III.- MANEJO DE LAS MUESTRAS</b> -----	19
Paso 1 (colectar muestras)	
Paso 2 (obtención de datos)	
Paso 3 (resguardo)	
a.-Densidad y localización del muestreo	
b.-Control de muestras geoquímicas	
c.-Puntos ideales de muestreo	
d.-Peso de la muestra	
e.-Cuidados de las muestras	

<b>IV.- CONTAMINACIÓN Y FALSAS ANOMALÍAS</b> -----	27
<b>V.- MÉTODO DE ANÁLISIS QUÍMICO</b> -----	28
a.- Selección del método de análisis	
1.-Absorción atómica	
2.-Activación de neutrones	
3.-Fluorescencia de rayos x	
b.-Análisis estadístico de elementos indicadores	
<b>VI.- CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA</b> -----	31
a.-Tratamiento estadístico	
b.-Empíricos	
c.-Relación de elementos	
d.-Correlación litología-metálicos	
e.-Elementos indicadores de mineralización económica	
f.-Principios generales de la interpretación geoquímica	
g.-Información geológica necesaria para poder interpretar una carta Geoquímica	
<b>VII.- ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> -----	43
<b>VIII.- CAPTURA DE INFORMACIÓN Y DIGITALIZACIÓN</b> -----	44
<b>IX.- REDACCIÓN DEL TEXTO EXPLICATIVO</b> -----	44
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> -----	46
<b>AGRADECIMIENTOS</b> -----	47
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> -----	48

## LISTA DE FIGURAS

<b>1. MUESTREO GEOQUÍMICO DE ORIENTACIÓN -----</b>	5
<b>2. CLASIFICACIÓN DE DISPERSIONES -----</b>	8
<b>3. MAPA DE PÉTALOS -----</b>	11
<b>4. SECCIÓN ESQUEMÁTICA IDEALIZADA, INDICANDO LA UBICACIÓN DE LA FRACCIÓN FINA A MUESTREAR -----</b>	16
<b>5. ESQUEMAS QUE MUESTRAN LAS OPCIONES PARA OBTENER --- UNA MUESTRA DE SEDIMENTO DE ARROYO A -80 MALLAS</b>	18
<b>6. MAPA DE CONJUNTO DE ANOMALÍAS -----</b>	39

## LISTA DE TABLAS

<b>1. FICHA DE CONTROL POR MUESTRA -----</b>	25
<b>2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ELEMENTOS INDICADORES --- ESTUDIO DE ORIENTACIÓN</b>	32
<b>2A. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ELEMENTOS INDICADORES -- POBLACIÓN FINAL DE GEOQUÍMICA REGIONAL</b>	32
<b>3. MATRIZ DE CORRELACIÓN -----</b>	35
<b>4. CORRELACIÓN DE LITOLOGÍA Y ALTERACIÓN -----</b>	36
<b>5. ESTUDIO DE ORIENTACIÓN -----</b>	38

## **INTRODUCCIÓN**

Los cambios que se han producido en el país, al realizarse la apertura comercial en 1994, han generado necesidades que la estructura empresarial del sector minero en general puede desarrollar satisfactoriamente mediante la capacitación.

Es por eso que se debe adaptar su funcionamiento a las actuales exigencias del sector minero, transformando y reorientando la vocación de sus funciones para mejorar y aumentar su capacidad operativa; el resultado es generar información útil a todos los sectores de la minería, en la forma de cartas geológicas, geofísicas y geoquímicas, siendo estas últimas en las que se hará énfasis en este folleto. El objetivo de esta actividad es la búsqueda de distritos mineros o yacimientos de gran volumen, con un método de exploración rápido, barato y de gran capacidad de prospección minera. Por lo anterior, este folleto lleva la finalidad de hacer una descripción de dicho método lo más clara, precisa y sencilla posible, para su mejor comprensión y aplicación en las áreas de trabajo correspondientes, por lo tanto se ha dividido en varios pasos consecutivos, que a continuación se mencionan de manera breve.

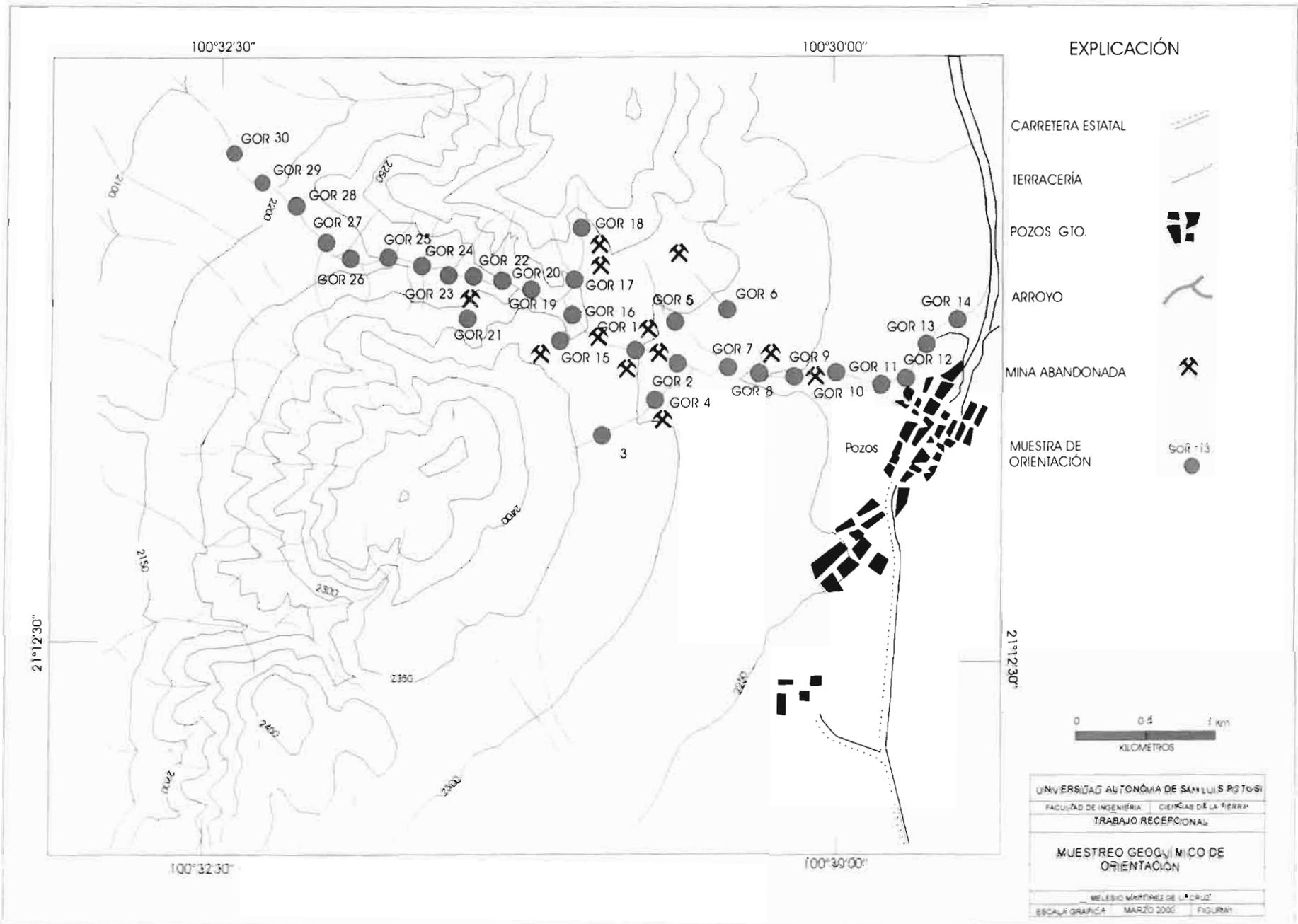
### **I.- PRINCIPIOS GEOQUÍMICOS BÁSICOS**

Los principios básicos de la exploración geoquímica son los siguientes: las dispersiones primaria y secundaria de los elementos y su capacidad de movimiento en los diferentes medios físico-químicos que conforman el ambiente de superficie en la corteza terrestre, de donde se obtienen los valores definidos y diferenciables de elementos trazadores llamados también exploradores o pioneros (pathfinder element), mismos que son utilizados como guías en la búsqueda de concentraciones mayores de elementos, que pueden ser o no extraídos con rendimiento económico ( Ramos Cruz S., et., al 1995 ) Estas concentraciones o anomalías, deben darse en ppm, de acuerdo con las características de cada elemento trazador.

A continuación describiremos algunos de los principios geoquímicos básicos que se consideran más importantes.

#### **a.- Estudio de orientación (Figura 1)**

En todo trabajo de exploración geoquímica encaminado a la localización de yacimientos minerales, es necesario realizar un estudio de orientación geoquímica en.



EXPLICACIÓN

- CARRETERA ESTATAL
- TERRACERÍA
- POZOS GIO
- ARROYO
- MINA ABANDONADA
- MUESTRA DE ORIENTACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIENCIAS DE LA TIERRA  
 TRABAJO RECREACIONAL  
 MUESTREO GEOLOGICO DE ORIENTACION  
 MELISIO MARTÍNEZ DE LA CRUZ  
 ESCALA GRÁFICA MARZO 2006 FIGURA 1

Cuerpos mineralizados conocidos (Figura N° 1). Con la finalidad de obtener parámetros importantes como los geológicos-geoquímicos, que nos servirán para evaluar correctamente las anomalías resultantes de la geoquímica regional.

En forma general se describirán las consideraciones que debemos tomar en cuenta en lo referente a los halos de dispersión producidos por los cuerpos mineralizados al emplazarse en rocas favorables; este concepto es clasificado en geoquímica como dispersión primaria y es la difusión de los iones metálicos ( Pb, Zn, Cu, Ag, etc.) producidos cuando se emplaza un cuerpo mineralizado en roca y estructuras favorables permitiendo el paso de los iones a lugares donde las soluciones mineralizantes en movimiento no tienen acceso (figura, 2-A). A la dispersión que está relacionada a los procesos físicos y químicos que afectan también a los halos de dispersión primaria se le conoce como dispersión secundaria (figura 2-B).

Es necesario considerar que el intemperismo y la erosión son procesos geomorfológicos que controlan la dispersión secundaria en sistemas hidrológicos.

Dentro de los objetivos de los estudios de orientación existen factores que hay que tomar en cuenta; a continuación se mencionan las más importantes:

- 1.- Densidad del muestreo.
- 2.- Mejor método de muestreo
- 3.- Fracción en la cual debe ser analizada la muestra.
- 4.- Elementos por los que deben ser analizadas las muestras
- 5.- Método analítico más adecuado a los elementos trazadores.
- 6.- Efecto de la topografía, hidrología, clima, vegetación, presencia de materia orgánica, y (o así como) óxidos de fierro y de manganeso
- 7.- Tipo de dispersión geoquímica que predomina en la región.
- 8.- Efectos de contaminación por diversas fuentes

(Moreira Rivera F., et al, 1998)

#### **b.-Movilidad de los elementos**

Cuando un elemento químico es liberado de las rocas o estructuras mineralizadas su migración o movilidad dependen en gran parte de factores como el pH y el Eh de un ambiente, de forma empírica, con datos de pH obtenidos en las corrientes donde se hace el muestreo, se ha determinado la movilidad de los elementos en el estudio de orientación.

coloreando por elemento el sitio que sobrepase el valor anómalo, midiendo posteriormente con escalímetro a partir del yacimiento y determinando la distancia de migración de los elementos, es claro observar que ciertos elementos son móviles en un ambiente ácido e inmóviles en un ambiente reductor ( Moreira Rivera F., et.al., 1998 )

### **c.- Halos de dispersión alrededor de cuerpos mineralizados**

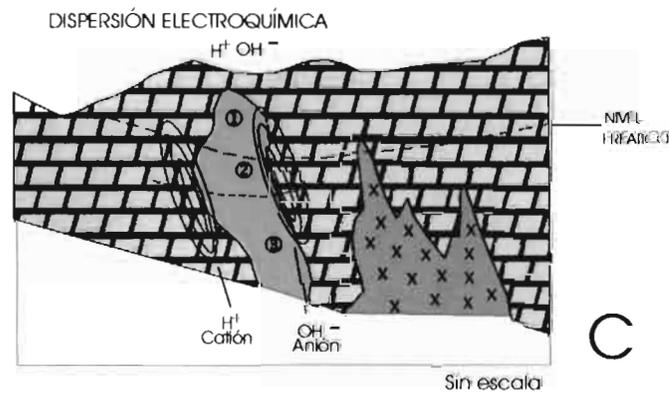
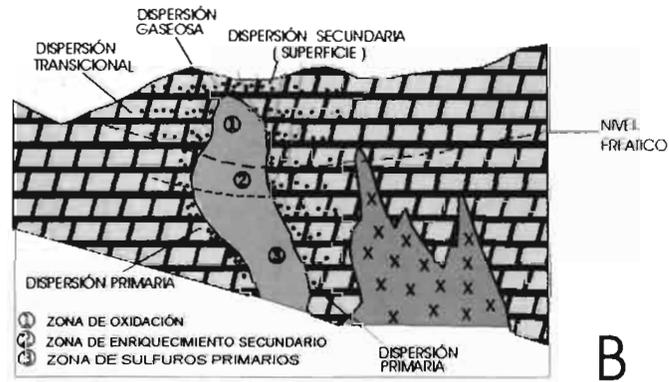
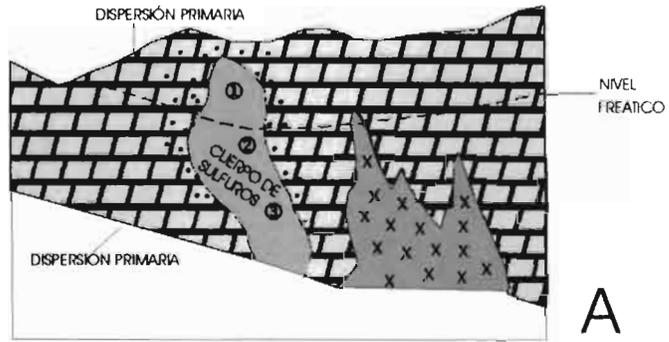
Es bien aceptado que alrededor de los cuerpos mineralizados existen aureolas o halos de dispersión, generados por éstos. Dentro de la exploración geoquímica éstos han sido clasificados como se menciona a continuación:

#### **Tipos de dispersión (Figura 2)**

Cuando se emplaza un cuerpo mineralizado en roca y estructuras favorables, produce inmediatamente la difusión de los iones metálicos (Pb, Zn, Cu, Ag, As, etc.) a través de la roca encajonante, formando halos de dispersión primaria, en pequeña escala en su inicio, pero incrementándose progresivamente conforme pasa el tiempo, ello permite el paso de los iones a lugares donde las soluciones mineralizantes en movimiento no tienen acceso, originando así la **dispersión primaria** (Figura 2A) la cual está caracterizada por los siguientes factores: un medio ambiente primario, con altas presiones-temperaturas y poco o nulo oxígeno circulante. La mineralización primaria por encima del nivel freático es atacada por las aguas oxidantes, sales o intemperismo, ocasionando las zonas de oxidación y enriquecimiento secundario. Este proceso físico-químico afecta también a los halos de dispersión primaria, removiéndolos y produciendo una **dispersión secundaria** (Figura 2 B) en superficie, caracterizada por: bajas presiones y temperaturas, abundante oxígeno libre, además de otros gases, particularmente dióxido de carbono y corrientes de fluidos. En la zona de transición de la dispersión primaria a secundaria se nos genera una dispersión transicional, con algunas características de ambas.

Por otra parte se tienen gases asociados a los cuerpos de mena, los que escapan hacia la atmósfera a través de los espacios porosos abiertos y fracturas que se encuentran en las rocas, este movimiento puede ser ocasionado por cambios de presión-temperatura, a esta reacción lo denominamos **dispersión gaseosa** (Figura 2 B).(Silva M.R., 1981)

# CLASIFICACIÓN DE DISPERSIONES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ	
FACULTAD DE INGENIERÍA	CIRCUITOS DE LA TIERRA
TRABAJO REVISORIAL	
CLASIFICACIÓN DE DISPERSIONES	
WELLSY MARTINEZ DE LA CRUZ	
SIN ESCALA	MARZO 2000 FIGURA 2

Cabe mencionar también que los yacimientos minerales de sulfuros se comportan como pilas galvánicas naturales, con la zona de oxidación actuando como cátodo (+) y los sulfuros primarios como ánodo (-) generando una **dispersión electroquímica** (Figura 2C).

#### **d.- pH**

La acidez de una solución acuosa depende de la concentración de iones hidrógeno o hidronio. La acidez de las soluciones que participan en una reacción química con frecuencia tiene importancia crítica, especialmente las reacciones bioquímicas. La escala de acidez o de pH se calculó para llenar la necesidad de un modo numérico sencillo y cómodo para expresar la acidez de una solución.

El pH del agua pura a 25 °C es 7 y se dice que es neutra; es decir, ni ácida ni básica por que las concentraciones de  $H^+$  y  $OH^-$  son iguales. Las soluciones que contienen más iones  $H^+$  que iones  $OH^-$  tienen valores pH menores que 7.

Ph < 7----- Solución ácida

Ph = 7----- neutra

Ph > 7----- Solución básica

#### **e.- Eh (Potenciales de oxidación y reducción)**

La oxidación y la reducción son procesos de importancia geoquímica ya que muchos elementos pueden presentarse en la naturaleza en dos o más números de oxidación.

El hierro que es el metal de mayor importancia geoquímica, se encuentra en la naturaleza con los números de oxidación 0, +2, y +3, es decir en forma de metal nativo y de compuestos ferrosos y férricos, a continuación se indican los números de oxidación de algunos elementos:

Mn	+2,+3,+4
S	± 2, 0, ± 6
V	+3, +4, +5
Cu	0, +1, +2
Pb	0, +2, +4
N	±3, 0, ±5
I	±1, 0, ±5

V. I. Vernadsky ha insistido repetidas veces sobre la importancia del oxígeno atmosférico como agente oxidante en el ciclo exógeno. La oxidación y la reducción tienen también importancia en la primera diferenciación geoquímica de la materia terrestre y durante la cristalización de las rocas ígneas. Sin embargo, la presencia de oxígeno molecular y de materia reductora de origen orgánico en el ciclo exógeno, demuestra que es aquí donde la oxidación y la reducción se verifican en los medios de mayor importancia geoquímica.

El grado de oxidación y reducción se mide por medio del potencial redox (O/R), llamado también potencial electrónico, potencial de oxidación, potencial de reducción, y potencial de óxido-reducción. El potencial redox es una medida de la energía de oxidación o de la tendencia a desprender electrones en un sistema reversible de oxidación-reducción, indica lo oxidante o reductor que es el sistema con respecto a la reacción,  $H^2 \leftrightarrow 2H + 2e$ .

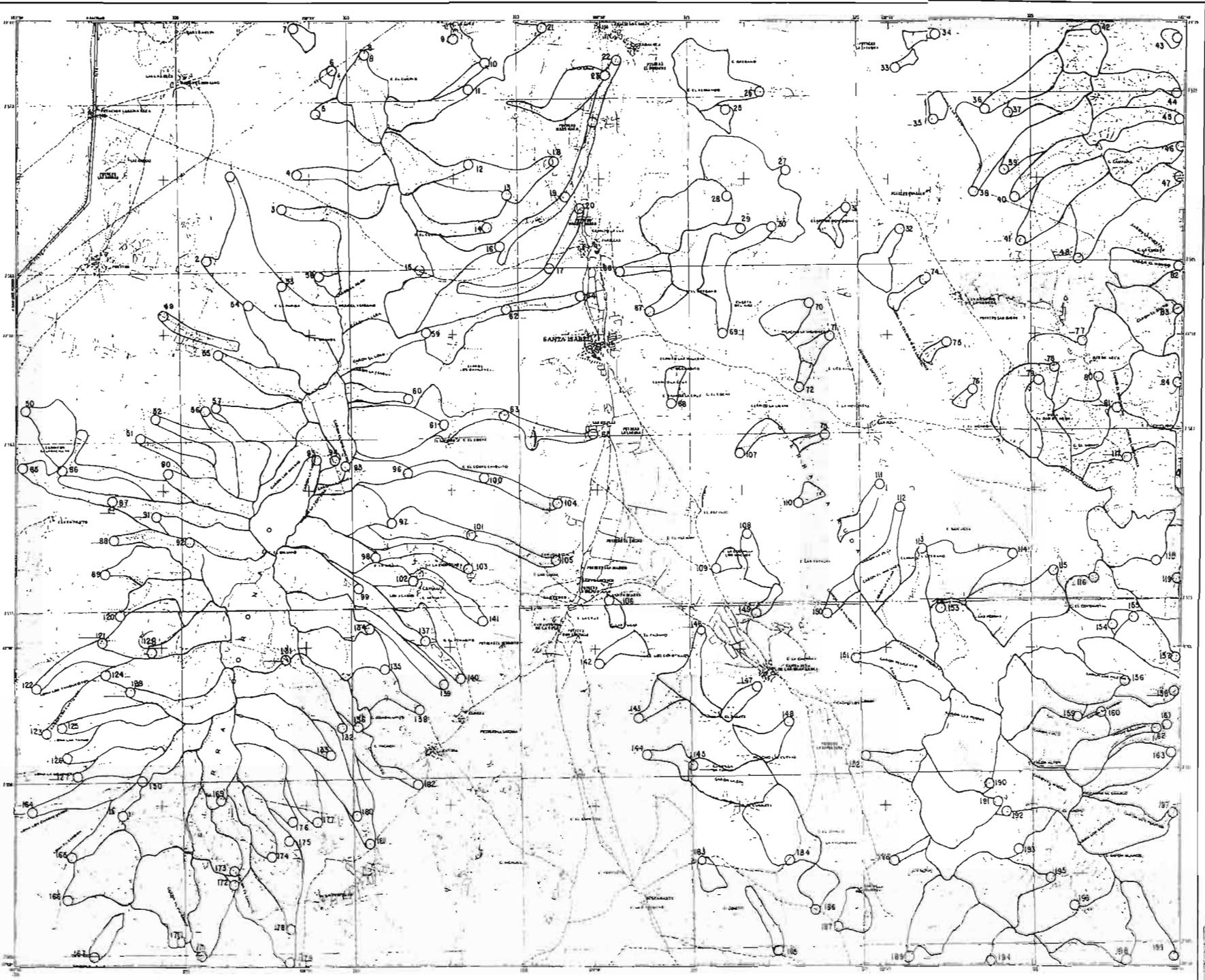
El potencial redox de un sistema se refiere a algún otro potencial, corrientemente al de reacción anterior, que se toma arbitrariamente como cero, sin embargo Goldschmidt (1943) a señalado que el potencial redox varía mucho en aquellas reacciones en la que una de las sustancias es un compuesto complejo, (p. Ej., una fase cristalina). En consecuencia, los valores que se toman para las soluciones acuosas no se pueden aplicar directamente a las reacciones en las que participan fases minerales.

El poder reductor de un sistema aumenta al disminuir el potencial redox; generalmente, el potencial redox disminuye al aumentar la temperatura, también la concentración de hidrogeniones influye sobre el potencial redox, ya que este último disminuye por lo general al aumentar el pH de la solución acuosa. Por otra parte, el potencial redox influye sobre el pH cuando participan en la reacción cantidades notables de materia en ausencia de sustancias amortiguadoras (Kalervo, Rankama, 1962).

## **II.- PLANEACIÓN DEL TRABAJO EN GABINETE Y CAMPO**

La primera actividad en la planeación del trabajo durante el período de gabinete, consiste en: identificar y señalar el sistema hidrológico mediante la determinación de cuencas hidrológicas o “pétalos de captación” (Figura 3); esto se hace en hojas topográficas a diferentes escalas, ocupando la que mejor se adapte a las necesidades del trabajo requerido. De esta manera se conocerá el área de influencia que cubre potencialmente una muestra de sedimentos de arroyo.

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS



**CANALIZACION Y FERROCARRILES**

- CANALIZACION DE AGUA DE BARRIO
- CANALIZACION DE AGUA
- CANALIZACION DE AGUA PARA RIEGO
- CANALIZACION DE AGUA PARA USO DOMESTICO
- CANALIZACION DE AGUA PARA USO INDUSTRIAL
- CANALIZACION DE AGUA PARA USO PUBLICO
- CANALIZACION DE AGUA PARA USO PRIVADO
- CANALIZACION DE AGUA PARA USO RESIDENTIAL
- CANALIZACION DE AGUA PARA USO SOCIAL
- CANALIZACION DE AGUA PARA USO URBANO
- CANALIZACION DE AGUA PARA USO ZONAL

**AEROPUERTOS**

- AEROPUERTO
- AEROPUERTO DE EMERGENCIA
- AEROPUERTO DE PASAJERO
- AEROPUERTO DE CARGA
- AEROPUERTO DE COMERCIO
- AEROPUERTO DE GUERRA
- AEROPUERTO DE USO MILITAR
- AEROPUERTO DE USO CIVIL

**LINEAS DE COMERCIO**

- LINEA DE FERROCARRIL
- LINEA DE FERROCARRIL DE PASAJERO
- LINEA DE FERROCARRIL DE CARGA
- LINEA DE FERROCARRIL DE USO MILITAR
- LINEA DE FERROCARRIL DE USO CIVIL

**ALMACENAMIENTOS**

- ALMACEN
- ALMACEN DE GRANOS
- ALMACEN DE PRODUCTOS AGRIKOS
- ALMACEN DE PRODUCTOS INDUSTRIALES
- ALMACEN DE PRODUCTOS MINEROS

**LUGARES**

- LUGAR
- LUGAR DE INTERES
- LUGAR DE USO PUBLICO
- LUGAR DE USO PRIVADO

**PUNTOS DE CONTROL**

- PUNTO DE CONTROL
- PUNTO DE CONTROL DE ENTRADA
- PUNTO DE CONTROL DE SALIDA
- PUNTO DE CONTROL DE TRANSITO

**CELAS**

- CELA
- CELA DE GUARDIA
- CELA DE INTERVENCION
- CELA DE USO PUBLICO
- CELA DE USO PRIVADO

**OROGRAFIA E HIDROGRAFIA**

- OROGRAFIA
- HIDROGRAFIA

**FECHAS**

- FECHA
- ALTA
- BAJA
- ALTA Y BAJA
- ALTA Y BAJA DE AGUA
- ALTA Y BAJA DE TIERRA
- ALTA Y BAJA DE VIENTO

**ESCALA 1:50 000**

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA GEOGRAFICA E INFORMATICA**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN JUAN POTOSI**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS DE LA TIERRA**

**TRABAJO RECEPTIVO**

**MAPA DE PETALOS**

**SANTA ISABEL F-13-A-46**

La segunda actividad consiste en definir una secuencia ordenada que nos conduzca a un objetivo, siendo éste, la ubicación de las muestras sobre las hojas ya mencionadas, o en fotografías aéreas a escala adecuada. Con base en estos argumentos se determinó coleccionar una muestra por cada 5 Km<sup>2</sup>, para trabajos a escala 1;50.000. Esta densidad es la más comúnmente utilizada en estudios de reconocimiento, cuyo objetivo principal es el determinar áreas específicas de interés económico.

Lo anterior significa obtener un número aproximado de 200 muestras, en promedio, por cada plano de INEGI, a escala 1;50.000.

El número preliminar de análisis químicos será multielemental (31 elementos), por el método de emisión de plasma. Y basándose en los resultados condiciones geoquímicas, y medio ambiente geológico minero, Se escogerán 10 elementos para editar 10 cartas geoquímicas.

Una vez que se tiene el plano con la hidrología marcada, incluyendo las cuencas subcuencas o “pétalos de captación” definidos, y las muestras a coleccionar marcadas los parámetros indicados con anterioridad deben ser respetados hasta donde sea posible, ya que de ello dependerá la cobertura adecuada de la hoja. Lo anterior, obviamente no limita la toma de muestras adicionales en áreas que se consideren de interés, procurando no exceder en más de 10% el total del muestreo ya establecido. Así mismo, cabe la posibilidad de cubrir mediante muestreo, con densidad mayor, zonas estratégicas, de acuerdo con su importancia, debida a la presencia de estructuras mineralizadas, alteraciones, etc.. entre otros.

Para llevar a cabo este proceso en el campo, se debe llevar control muy cuidadoso en fichas que para cada punto deban tener, además de la clave y número de la muestra, las coordenadas de localización y su elevación más el número de plano topográfico o fotografía aérea de referencia. Los datos de campo deben ser de dos tipos:

a).- Cuantitativos, en cuanto a las dimensiones del arroyo, sus características, y determinación del pH del agua, entre otros.

b).- Cualitativos, que indiquen las observaciones del geólogo, que sean necesarias para la interpretación de los resultados. Estas observaciones consisten en definir: litología, alteraciones, estructuras, presencia de minerales, materia orgánica y posibles fuentes de contaminación, entre otros. Estos datos servirán como complemento y serán referidos en

las hojas o cartas correspondientes. Además de que nos servirán como apoyo para la interpretación.

Existen grupos de datos que serán combinados con los resultados analíticos con el fin de desarrollar un análisis estadístico de la información obtenida.

La técnica para desarrollar el trabajo en el campo consiste en efectuar una recopilación sistemática de sedimentos y extraer, para su análisis, la fracción fina del sedimento colectado, cribado a malla -80.

La malla -80 se ha considerado como el tamaño ideal porque los iones metálicos son abundantes en esta fracción. (Ramos Cruz S., 1995);

El equipo básico para realizar este tipo de trabajo es el siguiente:

-Tamiz de malla -80 (180 micrones), de acero inoxidable.

-Bolsas de papel Kraft.

-Pintura fosforescente para rociar ( y marcar la clave, el número, en el lugar donde se saca la muestra).

-Cinta adhesiva, y marcador indeleble.

-Cinta fosforescente (listón), donde se marca la clave, y el número, de la carta que se toman como base para este tipo de levantamiento.

-Placa de plomo de dimensiones 2 X 10.cm que por su baja dureza nos permite marcar con un lápiz o un bolígrafo, clave y número del punto donde se sacó la muestra. Permaneciendo por largo tiempo ya que el intemperismo la afecta muy poco,

-Equipo personal de geólogo, martillo, libreta de campo, lupas, brújula, algunos reactivos tales como ácido clorhídrico, por mencionar uno.

#### **a.- Metodología para elaborar cartas geoquímicas**

-En la selección del área para llevar a cabo esta actividad, debe tomarse en cuenta lo siguiente

a.- Definir el objetivo que se persigue al elaborar la carta

b.- Conocer la abundancia de información sobre el área,

c.- Con lo anterior, determinar su interés minero

d.- Seleccionar la escala de exploración más apropiada con base en el objetivo definido (regional o de semidetalle)

e.- Adquisición de los materiales gráficos (mapas base necesarios)

### **b.- Programación de muestreo**

Con la finalidad de obtener la información geoquímica necesaria para cada una de las hojas topográficas sobre las que se trabajará mediante esta disciplina de exploración, la actividad se inicia con el muestreo de sedimentos de arroyo y se programará tomando como base el sistema hidrológico y los estudios preexistentes, si los hay.

El programa comienza definiendo las cuencas o “pétalos de captación”(figura, N° 3), estos “pétalos de captación” pueden diferir en la superficie de captación de acuerdo con la información que se nos pida; es decir, que si en algunas cartas se contempla conocer el comportamiento geoquímico de alguna franja metalogenética conocida, es necesario la reducción de los pétalos de captación en dicha superficie.

La disminución o ampliación de la superficie de captación no debe variar la densidad de muestreo, que es de una muestra por cada 5 Km<sup>2</sup>, dando como resultado una cantidad aproximada, de 200 muestras, por cada hoja topográfica de (INEGI) en escala: 1: 50; 000

Con el objeto de realizar la programación apropiada de muestreo, en cartas con escala 1:250,000, es recomendable utilizar las cartas de escala 1:50,000. dado que en éstas, el relieve topográfico, y la hidrografía, nos dan la oportunidad de obtener la información adecuada para este tipo de trabajo.

Otros factores que intervienen en la programación del muestreo son, por ejemplo, áreas cubiertas por cultivos. En estos casos, es donde el geólogo responsable de la carta tendrá que aplicar su experiencia y criterio para reubicar las muestras ya programadas desde la etapa de gabinete. (Moreira Rivera F., et. Al., 1998)

### **c.- Método de muestreo**

Considerando la hidrografía presente en los pétalos de captación (Figura 3), se estima que de existir un yacimiento mineral en el área de influencia de una corriente, se captaría en la muestra, el 5%, aproximadamente, de desintegración química, y 95%, aproximadamente, de desintegración mecánica, concepto por el que tamizamos a -80 mallas en varios puntos donde se levantará el sedimento en el campo, con la finalidad de obtener la desintegración química que esté presente en el sedimento de arroyo.

El sedimento que nos interesa es el que aporta la última avenida y se localiza principalmente en la zona de meandros, alrededor de las rocas arrastradas por la corriente y en las plantas que retienen el sedimento, por mencionar algunos.

Hay que tomar en cuenta que no se debe muestrear en las partes donde haya material producto de derrumbe de las pendientes ahí existentes ya que éstas nos darán anomalías in-situ, como se indica en la (figura N<sup>o</sup> 4)

El sedimento obtenido deberá conservarse en bolsas de papel “Kraft”, dado que el papel con que están hechas estas bolsas, permiten el paso del aire al interior de éstas, dando como resultado el conservarlas secas.

Al momento de envío de muestras al laboratorio donde se hará el análisis respectivo, se recomienda preservar las bolsas de papel Kraft en bolsas de plástico y ordenarlas con la parte superior hacia arriba, con el objeto de protegerlas durante su traslado a laboratorio.

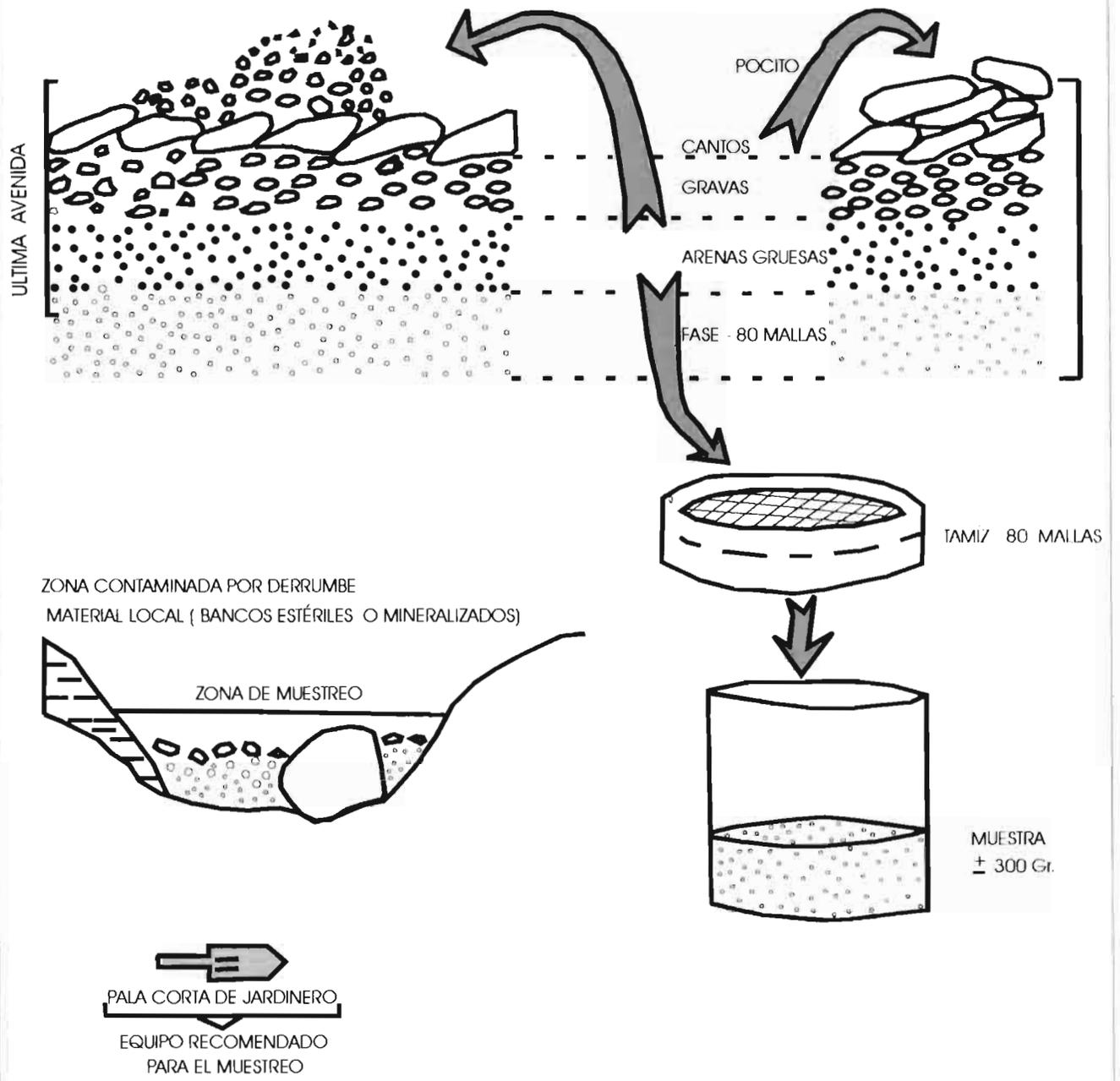
En el campo es necesario dejar marcado el sitio de muestreo con listón y pintura fosforescente, y con una placa de plomo con las claves correspondientes, ya que de esta manera es fácil localizar el lugar cuando se requiera redefinir o comprobar las características geológico-geoquímicas del lugar, por alguna anomalía geoquímica que resultara de la interpretación.

El volumen de material que se requiere para el análisis multielemental es de 150 gramos, pero tenemos que dejar un testigo con las mismas características, con la finalidad de prevenir un posible extravío del mismo, o bien para darle el uso apropiado en futuros estudios, por lo que resulta conveniente tomar al menos el doble de tal cantidad.

En el levantamiento del muestreo geoquímico es necesario definir la geología puntual por muestra y hacer un croquis geológico, apoyado en la morfología de la carta, la cual será de gran utilidad para definir las áreas que necesiten de mayor atención en el campo para presentar mejor detalle auxiliando a la cartografía. (Moreira Rivera F., et al., 1998)

#### **d.-Definición del método de muestreo**

Para todo trabajo de exploración geoquímica encaminado a la localización de yacimientos minerales es necesario que se haga un estudio de orientación; para esto se



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ		
FACULTAD DE INGENIERIA	CIENCIAS DE LA TIERRA	
TRABAJO RECEPCIONAL		
SECCIÓN ESQUEMATICA IDEALIZADA. INDICANDO LA UBICACIÓN DE LA FRACCIÓN FINA A MUESTREAR		
MELESIO MARTÍNEZ DE LA CRUZ		
SIN ESCALA	MARZO 2000	FIGURA 4

necesita conocer el área, la cual nos permitirá determinar las variaciones de los trazadores convencionales en la región de estudio y seleccionar cuáles de ellos son los de mejor y más segura respuesta a la mineralización buscada, o bien, si no son adecuados, buscar otros elementos que nos permitan definir zonas de manifestaciones anómalas dentro de la región.

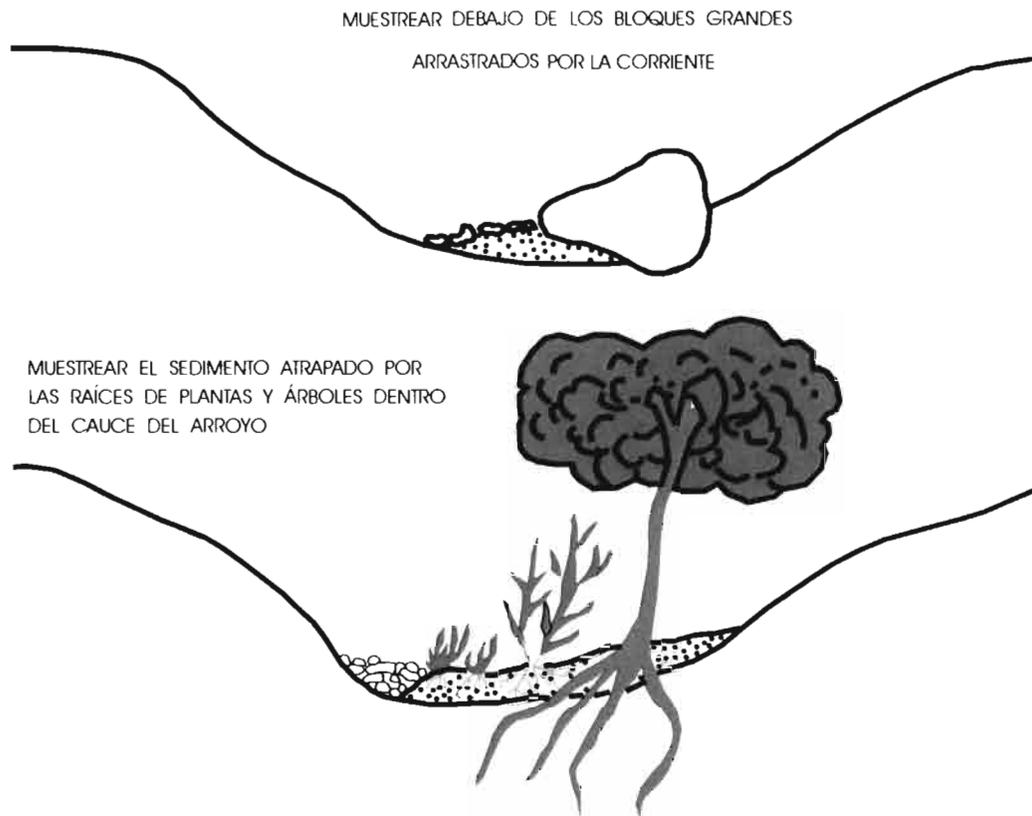
Ya que existe gran variedad de métodos de muestreo, El método seleccionado debe ser el más adecuado de acuerdo con el objetivo; en este caso específico, se eligió el muestreo de sedimentos de arroyo, ya que el reconocimiento es de carácter regional, por lo que se deben considerar los siguientes aspectos:

1.- Teniendo las cuencas bien definidas, marcaremos en el plano topográfico, a la escala adecuada (en este caso la escala es 1.50.000) del área que se estudia, el tipo de desagüe así como la magnitud de cada cauce, para programar la cantidad de muestras de acuerdo con esta información.

2.- En segundo término, se definirá el sedimento que se va a muestrear en este caso será el sedimento cribado a – 80 mallas, fracción donde obtendremos la mayor concentración de iones metálicos en los sedimentos.

3.- Una vez seleccionado el sedimento debemos definir la forma en que se va a hacer un muestreo, en este caso los pasos a seguir son simples:

a.- Efectuando un pequeño pozo, con una palilla de plástico, para evitar contaminación, pues si esta fuera de metal, al golpear con las rocas se desprenderán pequeños fragmentos que nos pueden alterar los resultados de laboratorio. El pequeño pozo es con la finalidad de llegar al sedimento que pueda pasar por la malla – 80 este sedimento se ubica en la parte baja del estrato correspondiente a la última avenida. En caso de no encontrar dicha capa, el sedimento se buscará en otro lugar donde se encuentre el material apropiado, que puede ser localizado, como ya se mencionó anteriormente, en los cambios de dirección de la corriente, troncos de árboles, plantas, bloques de roca, que de alguna manera atrapan el sedimento que buscamos.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIENCIAS DE LA TIERRA  
TRABAJO RECEPTACIONAL

ESQUEMA QUE MUESTRA LAS OPCIONES  
PARA OBTENER UNA MUESTRA DE SEDIMENTO  
DE ARROYO A MENOS 80 MALLAS

MELISSIO MARTÍNEZ DE LA CRUZ  
SIN ESCALA MARZO 2000 FIGURA 5

Otra opción que tenemos cuando sea escaso el sedimento, tiene el recurso de buscar a partir del punto marcado en el plano, 50 m aguas arriba y 50 m Aguas abajo. (Ramos Cruz S., et.al., 1995)

### **111.- MANEJO DE LAS MUESTRAS**

**Paso 1.-** Colectar el sedimento, tratando de obtener la cantidad de 0.3 Kg, en promedio; es conveniente tener cuidado de no mezclar con materia orgánica ya que esto interferirá en la lectura de los datos. El material colectado se depositará en una bolsa de papel Kraft, posteriormente se procede a sellarla y etiquetarla para evitar una posible contaminación.

La preparación de las muestras para su almacenaje y envío a laboratorio se hará de la siguiente manera:

a.- el sedimento deberá estar totalmente seco y cribado a malla -80, en caso de no ser así, la muestra deberá transportarse al campamento, dejándose secar a la temperatura ambiente para posteriormente cribarla a la malla antes mencionada.

En caso de estar húmedo el sedimento colectado, se tomarán 4 kg, o más, para ser secado al sol y cribarlo hasta obtener la mayor cantidad posible de sedimento.

b.- Cuartear el sedimento para obtener una muestra homogénea, considerando un testigo de campo de 150 gr, Es importante mencionar que, en caso de preparar la muestra en el campamento “nunca” se debe calentar la muestra ya que esto causaría que los elementos volátiles o volatilizables de la muestra se puedan escapar, por ejemplo el flúor y el mercurio.

**Paso 2.-** Tener todos los datos de campo y de la ficha geoquímica (tabla 1) perfectamente localizados, tanto en las fotografías aéreas como en las cartas topográficas y/o en los planos geológicos.

**Paso 3.-** En el resguardo del testigo de campo, se deberá observar que no haya deterioro de las bolsas, que estén debidamente etiquetadas respetando la indicación de las

políticas del tiempo de resguardo en cada una de ellas, que será de un mínimo de 15 años, en recipientes de plástico con tapón hermético, las que ahorran espacio y brindan máxima protección a la muestra.

#### **a.-Densidad y localización del muestreo**

La densidad del muestreo se determina en función de los objetivos programados; la localización de las mismas se hará analizando el sistema hidrológico que cubran las superficies; en este caso se eligió

Para la escala 1:50,000, 1 muestra x 5 km<sup>2</sup> = 200 ± 10% muestras (densidad alta)

Para la escala 1:250,000, 1 muestra x 40 km<sup>2</sup> = 600 ± 10% muestras (densidad media).

Esto es sobre la base de los parámetros utilizados por los servicios en diferentes países del mundo tales como Canadá, Francia y otros de Sudamérica, los cuales se adaptan a nuestras necesidades y objetivos.

#### **b.-Control de muestras Geoquímicas**

Explicación.

Aquí se describe un formato (tabla 1 control por muestra), al cual tiene que hacer referencia, éste está compuesto por cuadros o casillas marcados con números en forma progresiva (del 1 al 75). Estos espacios numerados servirán para marcar los números o letras que identifiquen lo solicitado.

Pasos a seguir para el llenado de la tabla 1, (control por muestra).

Para la casilla No.1, anotar el número que le corresponde a las subgerencias regionales, siendo éstas denominadas respectivamente;

**1.- NORTE**

**2.- CENTRO**

**3.- SUR.**

A las casillas de la 2 a la 5 les corresponde el número de proyecto, éste es designado desde las oficinas centrales; los números asignados, son de cuatro dígitos.

Las casillas numeradas del **6 a 11** se registra la clave de la carta INEGI. Para este trabajo se utilizó la clave F14-A 44.

En las casillas **12 y 13**, se registra el número del Estado correspondiente, enumerados del 01 al 32, identificándose como sigue:

<b>01</b>	<b>AGUASCALIENTES</b>	<b>17</b>	<b>MORELOS</b>
<b>02</b>	<b>BAJA CALIFORNIA SUR</b>	<b>18</b>	<b>NAYARIT</b>
<b>03</b>	<b>BAJA CALIFORNIA NORTE</b>	<b>19</b>	<b>NUEVO LEÓN</b>
<b>04</b>	<b>CAMPECHE</b>	<b>20</b>	<b>OAXACA</b>
<b>05</b>	<b>COAHUILA</b>	<b>21</b>	<b>PUEBLA</b>
<b>06</b>	<b>COLIMA</b>	<b>22</b>	<b>QUERETARO</b>
<b>07</b>	<b>CHIAPAS</b>	<b>23</b>	<b>QUINTANA ROO</b>
<b>08</b>	<b>CHIHUAHUA</b>	<b>24</b>	<b>SAN LUIS POTOSI</b>
<b>09</b>	<b>DISTRITO FEDERAL</b>	<b>25</b>	<b>SINALOA</b>
<b>10</b>	<b>DURANGO</b>	<b>26</b>	<b>SONORA</b>
<b>11</b>	<b>GUANAJUATO</b>	<b>27</b>	<b>TABASCO</b>
<b>12</b>	<b>GUERRERO</b>	<b>28</b>	<b>TAMAULIPAS</b>
<b>13</b>	<b>HIDALGO</b>	<b>29</b>	<b>TLAXCALA</b>
<b>14</b>	<b>JALISCO</b>	<b>30</b>	<b>VERACRUZ</b>
<b>15</b>	<b>MEXICO</b>	<b>31</b>	<b>YUCATAN</b>
<b>16</b>	<b>MICHOACAN</b>	<b>32</b>	<b>ZACATECAS</b>

Las casillas **14, 15, y 16**, corresponden al número consecutivo de la muestra colectada, considerando de la **001** a la **999**.

En las casillas **17 a 22**, se registra la fecha; las primeras dos para el DIA (**01 a 31**), para las casillas **19 y 20** el mes (**01 a 12**), y para las casillas (**21 y 22**), los últimos dos dígitos del año en curso.

En las casillas **23 a 29**, anotar la coordenada geográfica latitud norte; en las primeras casillas, (**23, 24 y 25**) para los grados, las casillas **26 y 27** para los minutos, y en las **28 y 29** los segundos, las casillas no utilizadas, deben llenarse con un guión.

En las casillas **30** a **36**, se anotan las coordenadas geográficas de longitud oeste (W), siendo 3 casillas para los grados, dos para los minutos y dos para los segundos; **30** a **32**, **33** a **34**, y **35** a **36**, respectivamente.

En las casillas **37** a **40**, se indica la cota, en metros sobre el nivel medio del mar, dato obtenido de la carta INEGI, o con el uso altímetro, levantamiento topográfico, o con posicionador geográfico, los espacios sin llenar, se marcarán con guiones.

En las casillas **41** a **47**, se anotan las coordenadas UTM Norte.

En las casillas **48** a **54**, se registran la coordenada UTM Este.

En las casillas **55** y **56**, se indica la alteración predominante observada, y si existe o no roca en el sitio donde se sacó la muestra, de acuerdo con la clave de la siguiente tabla.

<b>01</b>	<b>ALUNITICA</b>	<b>13</b>	<b>OXIDACIÓN</b>
<b>02</b>	<b>ARGILICA</b>	<b>14</b>	<b>PIRITICA</b>
<b>03</b>	<b>BIOTITICA</b>	<b>15</b>	<b>POTASICA</b>
<b>04</b>	<b>CARBONATITICA</b>	<b>16</b>	<b>PROPILITICA</b>
<b>05</b>	<b>CLORITICA</b>	<b>17</b>	<b>RODINGITACION</b>
<b>06</b>	<b>CUARZO CARBONATACIÓN</b>	<b>18</b>	<b>SERICITIZACION</b>
<b>07</b>	<b>DEUTERICA</b>	<b>19</b>	<b>SERPENTINIZACION</b>
<b>08</b>	<b>EPIDOTIZACION</b>	<b>20</b>	<b>SILICIFICACION</b>
<b>09</b>	<b>FENITICA</b>	<b>21</b>	<b>SKARN (SILICATAACION)</b>
<b>10</b>	<b>GREISEN</b>	<b>22</b>	<b>TALCO</b>
<b>11</b>	<b>HEMATIZACION</b>	<b>23</b>	<b>TURMALINIZACION</b>
<b>12</b>	<b>LIXIVIACION</b>	<b>24</b>	<b>ZEOLITIZACION</b>

En la casilla **57**, se anota , si existe, algún tipo de material orgánico, siendo:

- 1** DE ORIGEN VEGETAL
- 2** DE ORIGEN ANIMAL
- 3** DE ORIGEN HUMANO
- NO HAY

En las casillas **58** y **59** se anota el pH del agua; esto, si hay posibilidades y si hay agua en el lugar del muestreo; hay que anotar su valor, y si no, llenarlo con guiones, (auxiliarse con papel pH o tornasol).

En las casillas **60**, se indica el orden de la corriente.

Esto se aplica para el análisis de una cuenca hidrológica, a partir de una ordenación numérica de las corrientes fluviales que la integran. El orden más bajo es el que no recibe afluentes, la unión de dos afluentes de primer orden origina una de segundo orden, uno de segundo con uno de primer orden, forman uno de tercer orden y así, sucesivamente.

En la casilla **61**, indicar si existe una fuente calorífica, (termal)

- 1 EN EL LUGAR**
- 2 CERCANA AL LUGAR (máxima 5 Km de distancia)**
- NINGUNA**

En las casillas **62** y **63**, indicar el tipo de litología más significativo de la roca huésped, según la tabla siguiente:

- 01 ANDESITAS**
- 02 ARENISCAS**
- 03 BASALTOS**
- 04 CALIZAS**
- 05 GRANITOS**
- 06 GRANODIORITAS**
- 07 LUTITAS**
- 08 METAMORFICAS CRISTALINAS (GNEISES)**
- 09 METAMORFICAS FOLIADAS  
(PIZARRAS, ESQUISTOS, FILITAS)**
- 10 PEGMATITAS**
- 11 RIOLITAS**
- 12 ULTRAMAFICAS**
- 13 NO INCLUIDOS (ESPECIFICAR EN  
COMENTARIO )**

En la casilla **64**, indicar el clima predominante, de acuerdo con la clasificación según Köpen ( modificado ), siendo:

- 1 CLIMA CÁLIDO ( TEMPERTURA ANUAL >22°C)**
- 2 CLIMA SEMICÁLIDO (TEMPERATURA 18 A 22°C)**
- 3 CLIMA TEMPLADO (CON LLUVIAS ESTACIONALES)**
- 4 CLIMA SUBHÚMEDO ( " )**
- 5 CLIMA TEMPLADO SECO ( TEMPERATURA 11 A 12°C)**
- 6 CLIMA SEMIFRÍO ( TEMPERATURA 4 A 12°C )**
- 7 CLIMA FRÍO ( TEMPERATURA < DE 4°C)**

En las casillas **65** a **74**, indicar los minerales y elementos nativos que son observables en cualquiera de sus variedades, identificados a simple vista o con ayuda de una lupa de máximo 20 aumentos, siendo:

<b>A</b>	<b>CUARZO</b>	<b>M</b>	<b>ZINC</b>
<b>B</b>	<b>FELDESPATOS</b>	<b>N</b>	<b>GRANATES</b>
<b>C</b>	<b>MICAS</b>	<b>O</b>	<b>BORNITA</b>
<b>D</b>	<b>PIRITA</b>	<b>P</b>	<b>FLUORITA</b>
<b>E</b>	<b>ARSENOPIRITA</b>	<b>Q</b>	<b>TALCO</b>
<b>F</b>	<b>ORO</b>	<b>R</b>	<b>DOLOMITA</b>
<b>G</b>	<b>PLATA</b>	<b>S</b>	<b>ILMENITA</b>
<b>H</b>	<b>PLOMO</b>	<b>T</b>	<b>COBRE</b>
<b>I</b>	<b>MAGNESIO</b>	<b>U</b>	<b>CARBÓN</b>
<b>J</b>	<b>CALCITA</b>	<b>V</b>	<b>BARITA</b>
<b>K</b>	<b>MERCURIO</b>	<b>W</b>	<b>TURMALINA</b>
<b>L</b>	<b>HIERRO</b>	<b>X</b>	<b>ZIRCÓN</b>

En la casilla **75**, indicar el laboratorio a donde se enviarán las muestras para su análisis

**NOTA ACLARATORIA.-** En el espacio reservado a comentarios, hay que indicar:

TABLA 1  
CONTROL POR MUESTRA

GCIA		H PROV			BRIGADA		CLAVE CARTA INEGI					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
2	-----	-----	-----	-----	F	1	4	A	4	4		

ESTADO		N° DE MUESTRA				DIA		MES		AÑO
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
2	4	0	0	1	0	5	0	5	9	9

COORDENADAS GEOGRÁFICAS				LATITUD N		
23	24	25	26	27	28	29
2	3°	1	2°	3	0"	-----

LONGITUD W						
30	31	32	33	34	35	36
1	0	0°	5	6'	3	8"

ELEVACION M.S.N.M.			
37	38	39	40
2	1	4	3

COORDENADAS UTM						
41	42	43	44	45	46	47
2	5	6	7	8	5	0

COORDENADAS UTM					ALTERACION			
48	49	50	51	52	53	54	55	56
3	0	1	5	0	0	-----	-----	-----

MATO	pH AUGA		ORDEN	F. CAL	LITOLÓGIA		CLIMA
57	58	59	60	61	62	63	64
-----	-----	-----	-----	-----	1	1	2

MINERALES OBSERVABLES									LAB.	
65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
A	B	C	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

COMENTARIOS:

Descripción correcta del lugar donde se levanta la muestra, orientación general del arroyo profundidad del cauce, ancho del mismo, tamaño de rodados ahí presentes, tipo de roca. Datos estructurales, alteraciones. Etc

NOMBRE DEL RESPONSABLE:

- 1.- Indicar Cómo se obtuvo la cota del lugar donde se sacó la muestra: i ) Carta de INEGI y escala; ii ) altímetro; iii ) Levantamiento topográfico; iv ) Posicionador geográfico "GPS".
- 2.- Dar datos sobre la litología; en caso de encontrar rocas no reportadas, hay que anotarlas.
- 3.- Hacer referencia del número del municipio al que pertenece el lugar de muestreo, este dato se obtiene de la clasificación que hace INEGI en sus estadísticas.
- 4.- Tipo y/o características específicas de la contaminación, que tenga la muestra colectada.
- 5.- Mencionar los elementos dinámicos observables como son; fallas, fracturas, foliación, ejes de pliegue, rumbos, echados, buzamientos, escarpes, hundimientos, entre otros, y que sean de importancia.
- 6.- Al final de la hoja de control por muestra anotar el nombre del responsable quien hizo el llenado de la hoja antes mencionada (tabla 1).

#### **c.- Puntos ideales de muestreo**

Los puntos más importantes para realizar el muestreo son, las zonas donde cambia de dirección la corriente, ya que pierde velocidad y hay precipitación del material fino en suspensión. Muchas veces se presenta en forma abundante, y en ocasiones casi no existe; en caso de no encontrar el sedimento buscado en el punto predeterminado, se recurrirá a las plantas que se encuentren cercanas al cauce, ya que en éstas queda atrapado el sedimento apropiado, otro recurso sería buscar el sedimento debajo de los bloques que son arrastrados por la corriente (Figura 5).

#### **d.- Peso de la muestra**

El peso promedio de la muestra de sedimento seco debe ser de 0.3 kg, En caso de estar húmedo hay que secarlo al sol, nunca utilizando estufas o fuego directo, para evitar la fuga de elementos volátiles, obtenido el sedimento hay que tamizarlo con malla -80 para obtener los 0.3 Kg secos necesarios.

#### **e.- Cuidados de las muestras**

Es conveniente recordar que las funciones que desempeñan las empresas que se dedican al análisis de muestras, están siendo reorientadas gradualmente, y que de ser un organismo aplicado completamente a la exploración, esté cambiando a ser un servicio

geológico integral, por lo que sus actividades cambiarán tanto a corto como a mediano y largo plazo.

Con base en lo anterior, es necesario implementar en residencias o gerencias regionales, una estrategia para almacenamiento que permita conservar las muestras (15 años como mínimo, tiempo estimado para desechar las muestras) libres de contaminación y en buen estado. Esto es con el fin de realizar, con una misma muestra si fuera necesario, diferentes estudios y análisis químicos complementarios, con diferentes enfoques y aplicaciones de otras disciplinas; como monitoreo del ambiente, para conocer el porcentaje de afectación, monitoreo de dispersión de elementos pesados en el aire, entre otros.

#### **IV.- CONTAMINACIÓN Y FALSAS ANOMALÍAS**

Con el objeto de que los resultados anómalos de los análisis químicos de las muestras colectadas en los arroyos sean indicativos de yacimientos minerales localizados dentro de la cuenca hidrológica muestreada, es conveniente diferenciarlos de los datos provenientes de otras fuentes que no deriven de zonas mineralizadas, por lo que se recomienda considerar los siguientes comentarios:

La contaminación provocada por áreas residenciales o agrícolas, debe ser evitada colectando la muestra en sitios aguas arriba de las presas, estaciones de bombeo, y receptáculos de agua, entre otros.

En puentes, cruces de ferrocarril u otro tipo de construcciones, ya sean habitacionales o industriales; las muestras deben de ser colectadas a criterio del geólogo encargado del muestreo, tomando en cuenta que debe evitar la contaminación provocada por las fuentes antes mencionadas.

La contaminación derivada de la actividad minera, material de presas de jales y el material fino proveniente de alguna mina en operación, transportada por viento o agua entre otros, debe ser evitada, colectando la muestra lejos de la fuente de contaminación, esto se hará a criterio del geólogo.

Al coleccionar la muestra en los arroyos debe cuidarse que la materia orgánica sea eliminada, debido a que su poder de adsorción (partículas pequeñas que aumentan su superficie y pueden atraer a otros elementos), es bastante grande provocando que tengamos lecturas anómalas en los análisis efectuados por acumulación extraordinaria de dichos iones metálicos.

Hay que resaltar, adicionalmente, que en aquellas zonas con régimen climático cambiante y precipitación variable, las muestras deben ser colectadas durante el período estacional correspondiente (tiempo de estiaje, tiempo seco) para evitar la obtención de diversos rangos de valores, mismos que nos conducirán, a una mala interpretación de los datos obtenidos, como sucede cuando se muestrea en la época de lluvias que es cuando se produce el transporte de material en forma caótica, interfiriendo el depósito de materiales finos que viajan en suspensión, hasta depositarse a mayores distancias de los clastos gruesos arrastrados por la corriente, transportando así las anomalías posibles.

## **V.- MÉTODO DE ANÁLISIS QUÍMICO**

Dado que la persona que mejor conoce la estrecha relación existente entre el área en investigación y su mineralización, es el geólogo responsable de la misma, es él quien debe sugerir al laboratorio el método analítico más adecuado a emplear, ya que éste debe ser preciso de tal manera que la sensibilidad del mismo sea tal, que pueda detectar valores del orden de ppm y ppb y además debe ser rápido y con costo razonable.

En un programa de exploración geoquímica, en la etapa de reconocimiento, la precisión (producir y repetir el mismo resultado) es generalmente más importante que la obtención de valores inciertos (valor aproximado de la muestra). Es recomendable asimismo que éstos dos aspectos sean visualizados desde el inicio de una investigación, por lo que las muestras deben ser analizadas en el mismo laboratorio, por el mismo método y de ser posible por el mismo analista.

Un factor que influye sobre manera en la relación " valor geoquímico-campo" es el equipo que se emplea para el análisis de las muestras, ya que cada equipo utilizado está ( en función de la casa que los fabrica), presenta diferentes límites de detección o sensibilidad (mínima cantidad de un elemento que puede ser medida por un método analítico específico).

Las anteriores son sólo algunas de las razones por las cuales el geólogo recibe valores más bajos de los esperados; debido principalmente a que en el laboratorio no se utilizó ni el método analítico, ni el equipo, ni la técnica de descomposición adecuada, (Ramos Cruz S. et. al.1995).

### **a.-Selección del método de análisis**

Se debe tomar en cuenta la confiabilidad, los límites de detección, la disponibilidad y capacidad para efectuar gran variedad de análisis geoquímicos, existiendo un método apropiado para cada tipo de estudio. Los más utilizados son:

**Absorción atómica.**- será uno de los métodos que se utilice básicamente para el análisis del muestreo geoquímico de sedimento de arroyo.

**Activación de neutrones.**- Método al cual se tendrá que recurrir, en caso de que no se contara con otro, para éste tipo de análisis. Por medio de este método obtendremos la información para confirmar la presencia de elementos trazadores, conocidos también como elementos exploradores, o elementos pioneros. que son de interés específico.

**Difracción de rayos X.**- Este método nos da la posibilidad de obtener rápidamente, datos que nos indiquen cuales son los mejores trazadores para analizar en una región.

A continuación se describirá de manera breve, cada uno de los métodos antes mencionados, con el propósito de poder elegir el método que mejor se adapte a las necesidades del trabajo.

### **1.- Espectrometría por absorción atómica (AAS)**

La espectrometría por absorción atómica es una técnica basada sobre la observación de que los átomos de algún elemento pueden absorber radiación electromagnética, esto ocurre cuando el elemento es excitado y la longitud de onda de luz absorbida es específica para cada elemento. De esta manera el espectrómetro de absorción atómica comprende un plan para atomizar una fuente de luz y un detector, un abatimiento de respuesta en el detector durante la atomización de una muestra dentro de un rayo de luz como una consecuencia de absorción atómica, puede ser calibrada y es sensible a niveles de ppm. La muestra es preparada en solución y aspirada vía por vía de un nebulizador, y casi todos los elementos mayores (Si, Al, Ca, Na, K, Mn, Mg, Ti, P, Fe), que son los que constituyen mayoritariamente la corteza terrestre pueden ser medidos, y los límites de detección para el Na, K, Mg y Ca son extremadamente bajos. Los elementos traza Ba, Be, Co, Cr, Cu, Li, Ni, Pb, Rb, Sr, V, y Zn, pueden ser rápidamente determinados. AAS no puede competir con

métodos más rápidos de análisis de silicatos tales como XRF y ICP, sin embargo como AAS, es comparativamente más barato que los otros dos, es más frecuente en algunas aplicaciones.

## **2.-Análisis por activación de neutrones (INAA Y RNAA)**

El análisis por activación de neutrones es un método sensible y variado método de análisis de roca, principalmente aplicable para elementos traza (concentración demasiado pequeña contenida en la roca que tiene poco impacto en la composición global de la misma o del mineral).y capaz de determinar gran número de elementos simultáneamente sin necesidad de destruir la muestra hay dos maneras de hacer el análisis de activación de neutrones instrumental (INAA) que implican la separación química de los elementos seleccionados.

En los análisis de activación de neutrones instrumental (INAA), alrededor de 100 mg, de roca pulverizada o muestra mineral son puestos en un flujo de neutrones dentro de un reactor de neutrones junto con estándares (valores previamente calculados). La muestra y los estándares son irradiados por cerca de 30 horas. El flujo de neutrones se eleva, y los isótopos radiactivos de vida corta (por ejemplo  $C^{14}$ ) de los elementos presentes emiten radiaciones gamma. Los isótopos particulares pueden ser identificados por las radiaciones gamma emitidas y las intensidades de estas radiaciones son proporcionales a las cantidades de isótopos presentes, la espectrometría de los rayos gamma es dada en intervalos (horas, días, y semanas), después de la irradiación para medir isótopos con diferente vida media, las correcciones son hechas por el traslape de las líneas en el espectro y las concentraciones son determinadas por comparación con estándares analizados al mismo tiempo. El método es particularmente sensible para los elementos de tierras raras (Rollinson 1993)

Cuando las concentraciones de los elementos están debajo de las 2 ppm, una separación química puede ser empleada siguiendo la irradiación de la muestra pero previo al conteo. Esta aproximación es conocida como análisis de activación de neutrones radioquímica (RNAA), y claramente tiene la ventaja de incremento en la sensibilidad.

## **3.- Fluorescencia de rayos X (XRF)**

El espectrómetro (XRF) es el método más ampliamente usado en las técnicas analíticas en la determinación de elementos mayores y elementos traza de muestras de roca. Es muy versátil y puede analizar hasta 80 elementos dentro de un amplio rango de sensibilidad, determinando concentraciones en porcentajes y en ppm. Es un método rápido que permite gran número de análisis precisos que pueden llevarse a cabo en corto tiempo; la principal limitación es que los elementos ligeros (como el Na, de número atómico 11) no pueden ser analizados por XRF.

La espectrometría de fluorescencia de rayos X está basada en la excitación de una muestra por rayos X; un rayo X primario excita rayos X secundarios (fluorescencia de rayos X) los cuales tienen longitud de onda característica de los elementos presentes en la muestra, la intensidad de los rayos X usada para determinar las concentraciones de los elementos presentes, tiene base en calibraciones estándar. Alternativamente, los rayos X pueden ser determinados, sin ser separados, dentro de frecuencias diferentes, usando un detector, el cual mide la energía así como la intensidad de los rayos X. Este método, conocido como de energía dispersiva de fluorescencia de rayos X, se encuentra bajo investigación para análisis de elementos traza. (Rollinson H.R. 1993).

#### **b.-Análisis estadístico de elementos indicadores**

Con el objeto de realizar una comparación entre los parámetros estadísticos obtenidos en el estudio de orientación y el de la población final del muestreo, se obtiene la estadística por elemento (Tabla 2 y 2A). Esto se puede realizar con el programa de percentiles, mediante el cual se obtiene la media y la desviación estándar (std), considerando que el valor anómalo consiste en una desviación estándar, más una media y el valor umbral sería el rango resultante entre la media y el valor anómalo (Moreira Rivera F., et. al., 1998).

Estos parámetros son importantes, debido a que es posible que valores altos de la población final de muestreo, corresponden a la normalidad geoquímica de los yacimientos estudiados con orientación geoquímica, por lo que no se consideran como áreas anómalas como se muestra en la tabla 2, con relación a la estadística de la población final de la tabla 2A.

**TABLA 2**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ELEMENTOS INDICADORES**  
**ESTUDIO DE ORIENTACIÓN**  
**CARTA MINERAL DE POZOS F14-C45**

<b>ELEMENTO</b>	<b>VALOR DE FONDO P.P.M.</b>	<b>VALOR UMBRAL P.P.M.</b>	<b>VALOR ANÓMALO P.P.M.</b>	<b>DISTANCIA DE MIGRACIÓN CON RESPECTO AL YACIMIENTO</b>	<b>pH</b>
ANTIMONIO	0.00-10.84	10.85-17.39	17.40	2 Km	7.0
COBRE	0.00-69.56	69.57-83.30	83.31	>2.33Km	7.0
PLOMO	0.00-64.80	64.81-98.63	98.64	>2.33 Km	7.0
ZINC	0.00-144.79	144.80-208.73	208.74	>2.33 Km	7.0
ARSENICO	0.00-32.30	32.31-51.43	51.44	1.83 Km	7.0
ORO	0.00-0.25	0.26-0.46	0.47	1.66 Km	7.0
PLATA	0.00-14.09	14.10-23.06	23.07	1.83 Km	7.0
MOLIBDENO	0.00-1.34	1.35-1.67	1.68	1.83 km	7.0
SELENIO	0.00-1.34	1.35-2.04	2.05	>2.33 Km	7.0
CADMIO	0.00-1.08	1.05-1.74	1.74	1.83 Km	7.0

**TABLA 2A**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ELEMENTOS INDICADORES**  
**POBLACIÓN FINAL DE GEOQUÍMICA REGIONAL**  
**CARTA MINERAL DE POZOS F14-C45**

<b>ELEMENTO</b>	<b>VALOR DE FONDO P.P.M.</b>	<b>VALOR UMBRAL P.P.M.</b>	<b>VALOR ANÓMALO P.P.M.</b>
ANTIMONIO	0.00-1.06	1.07-2.13	2.14
COBRE	0.00-40.71	40.72-58.93	58.94
PLOMO	0.00-32.86	32.87-40.36	40.37
ZINC	0.00-70.83	70.84-85.42	85.43
ARSENICO	0.00-6.20	6.21-15.22	15.23
ORO	0.00-0.04	.004-0.09	0.09
PLATA	0.00-0.97	0.98-1.50	1.51
MOLIBDENO	0.00-1.19	1.20-1.62	1.63
SELENIO	0.00-0.09	.091-0.15	0.16
CADMIO	0.00-0.56	0.57-0.75	0.76

## VI.- CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA

La interpretación de estudios geoquímicos de sedimentos en arroyo, se inicia con la presentación de las muestras colectadas, en un plano seguido por un análisis de valores de los elementos obtenidos y que puede deberse o no a la presencia de depósitos minerales; para lograr dicho objetivo, el técnico encargado del área dispone de varios métodos de análisis, dentro de los que destacan los siguientes:

### a.- Tratamiento estadístico

Una vez obtenidos los resultados de los análisis químicos del laboratorio, se procede a realizar un tratamiento estadístico, calculando la media, la mediana y la desviación estándar de los valores reportados, determinando los límites de los rangos normales y anómalos (background y treshold) de la población.

Con los valores de la media aritmética y desviación estándar, se obtienen los parámetros de anomalía baja ( $M+S$ ), media ( $M+2S$ ) y alta ( $M+3S$ ). Considerando  $M$  como media aritmética y  $S$  como desviación estándar.

Concluido lo anterior, se procede a transferir los datos resultantes en un plano base geológico-topográfico, en conjunción con la información obtenida en el campo y complementada con los perfiles geológicos construidos, integrando así la carta geoquímica, donde se obtendrá la discriminación de cuencas anómalas y normales, por cada elemento analizado.

Es conveniente elaborar planos en láminas de acetato, con datos geológicos-estructurales y geofísicos complementarios, como apoyo en la interpretación de los resultados; el propósito es de que no se pierda el objetivo principal, que es el de resaltar las anomalías geoquímicas, indicando localidades que potencialmente pueden alojar yacimientos minerales.

La interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio, junto con los datos recopilados en campo, más la experiencia del geólogo en cuanto al conocimiento del marco geológico en que se encuentra, le permitirá hacer una interpretación adecuada respecto a las posibilidades de localizar depósitos minerales en el área de estudio.

Debe tener cuidado el responsable del área en cuanto al criterio para la definición e interpretación de una o varias anomalías, ya que éstas no deben definirse a partir de un valor (de un solo elemento), obtenido estadísticamente dentro de una población global; si

no, Tomando en cuenta el "**Entorno Geoquímico**", respecto de la distribución de otros elementos traza y en particular, de la asociación de elementos encontrados. En este caso, el criterio de "**Anomalía de Conjunto**", resulta muy útil, ya que permite visualizar más fácilmente el mencionado conjunto de anomalías asociadas a una misma cuenca.

A manera de ejemplo: una anomalía de zinc puede ser tomada en consideración para la interpretación final si adicionalmente se cuenta con la presencia de "**Indicadores**" de sulfuros, como plata, bismuto, antimonio y arsénico, entre otros. La capacidad de dispersión de cada elemento es de gran importancia en esta fase, para inferir el origen de la anomalía y su distancia de transporte hasta su posición actual desde su punto de origen.

#### **b.- Empíricos**

La experiencia acumulada en trabajos anteriores, ha conducido a los prospectores a desarrollar métodos empírico-intuitivos para realizar un análisis de resultados químicos de laboratorio. Este método indica que el valor obtenido de la muestra colectada en el arroyo, es directamente proporcional a la media de concentración de elementos del suelo localizado dentro de la cuenca de captación. Lo que significa que existen geólogos capaces de efectuar determinaciones de rangos anómalos con cierta precisión, sin la necesidad de realizar cálculos matemáticos o utilizar programas estadísticos en computadora.

Este criterio pudiera ser utilizado para realizar interpretaciones preliminares que permitan discriminar amplias zonas, por carecer de interés, en lapso de tiempo corto.

#### **c.- Relación de elementos**

Estudios sobre la distribución geoquímica de la relación de elementos, son igualmente valiosos cuando ocurren ciertas condiciones en los programas de exploración, si la precisión en el muestreo es relativamente pobre, el mapeo de cocientes metálicos (éstos se hacen en minas), ha mostrado ser más efectivo que la elaboración de los planos geoquímicos para definir las fuentes de la mineralización (Ramos Cruz S., 1995).

#### **d.- Correlación litología-metálicos**

Mediante el factor de correlación mostrado en la matriz de correlación (Tabla 3) es posible conocer la correlación litológica, si se asocia con yacimientos ubicando las correlaciones existentes en cada muestra del estudio de orientación y determinando de

**TABLA 3**  
**MATRIZ DE CORRELACION CARTA MINERAL DE POZOS F14-C46**  
**MUESTREO DE ORIENTACION**

	Al	Sb	As	Ba	Be	Bz	Cd	Ca	Co	Cu	Cr	Sc	Sr	Se	P	Te	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	K	Se	Na	Tl	U	V	Zn				
Al	1.00	-0.63	-0.72	0.42	0.90	0.42	-0.63	0.10	0.71	-0.50	0.88	0.88	0.55	0.12	0.74	0.40	ADVO	0.63	0.24	-0.38	0.31	-0.40	-0.46	-0.62	0.83	-0.88	0.32	0.00	0.72	0.13	-0.57	
Sb	-0.63	1.00	0.98	-0.32	-0.52	0.10	0.95	-0.35	-0.66	0.69	-0.58	-0.76	-0.09	-0.53	-0.66	-0.43	ADVO	-0.74	0.02	0.48	0.11	0.31	0.41	0.95	-0.77	0.94	-0.51	0.00	-0.50	-0.59	0.95	
As	-0.72	0.98	1.00	-0.32	-0.62	-0.04	0.95	-0.29	-0.71	0.72	-0.65	-0.81	-0.17	-0.48	-0.73	-0.47	ADVO	-0.75	-0.01	0.55	0.06	0.35	0.40	0.95	-0.79	0.94	-0.50	0.00	-0.57	-0.55	0.94	
Ba	0.42	-0.32	-0.32	1.00	0.11	-0.09	-0.42	0.41	0.62	0.17	0.24	0.35	0.00	0.55	0.24	0.21	ADVO	0.67	0.84	0.21	0.33	-0.21	-0.38	-0.39	0.59	-0.28	0.47	0.00	0.00	0.22	-0.29	
Be	0.90	-0.52	-0.62	0.11	1.00	0.45	-0.52	-0.22	0.57	-0.55	0.80	0.87	0.57	-0.10	0.75	0.32	ADVO	0.44	0.15	-0.38	0.25	-0.32	-0.40	-0.54	0.61	-0.59	0.19	0.00	0.92	0.05	-0.49	
Bz	0.42	0.10	-0.04	-0.09	0.45	1.00	0.05	-0.24	0.26	-0.13	0.37	0.27	0.43	-0.26	0.37	0.49	ADVO	0.00	0.13	-0.20	0.15	-0.14	0.29	0.09	0.16	-0.05	-0.09	0.00	0.21	-0.15	0.06	
Cd	-0.63	0.95	0.95	-0.42	-0.52	0.05	1.00	-0.34	-0.74	0.59	-0.54	-0.78	-0.05	-0.59	-0.70	-0.49	ADVO	-0.81	-0.08	0.51	0.11	0.41	0.40	0.95	-0.79	0.68	-0.58	0.00	-0.54	-0.65	0.94	
Ca	0.10	-0.25	-0.29	0.41	-0.22	-0.24	-0.34	1.00	0.15	-0.06	0.07	0.02	-0.04	0.70	-0.11	0.37	ADVO	0.38	0.13	0.03	0.11	-0.08	-0.25	-0.28	0.40	-0.29	0.37	0.00	-0.36	0.25	-0.24	
Co	0.71	-0.66	-0.71	0.82	0.57	0.28	-0.74	0.15	1.00	-0.17	0.67	0.84	0.21	0.49	0.81	0.81	ADVO	0.86	0.51	-0.25	0.20	-0.21	-0.14	-0.88	0.86	-0.61	0.55	0.00	0.51	0.64	-0.63	
Cu	-0.50	0.69	0.72	0.17	-0.55	-0.13	0.59	-0.06	-0.17	1.00	-0.37	-0.50	-0.11	-0.04	-0.40	-0.18	ADVO	-0.22	0.43	0.63	0.23	0.34	0.39	0.70	-0.38	0.72	-0.10	0.00	-0.51	-0.04	0.78	
Cr	0.88	-0.58	-0.65	0.24	0.80	0.37	-0.54	0.07	0.67	-0.37	1.00	0.83	0.65	0.04	0.80	0.43	ADVO	0.55	0.18	-0.28	0.36	-0.22	-0.15	-0.50	0.81	-0.62	0.23	0.00	0.64	0.23	-0.47	
Sc	0.88	-0.78	-0.81	0.35	0.67	0.27	-0.78	0.02	0.84	-0.50	0.83	1.00	0.37	0.29	0.90	0.52	ADVO	0.78	0.22	-0.34	0.18	-0.28	-0.33	-0.77	0.87	-0.74	0.43	0.00	0.83	0.46	-0.73	
Sr	0.55	-0.09	-0.17	0.00	0.57	0.43	-0.05	-0.04	0.21	-0.11	0.65	0.37	1.00	-0.36	0.33	0.18	ADVO	0.04	0.15	-0.12	-0.31	0.01	-0.02	0.02	0.30	-0.15	-0.18	0.00	0.41	-0.18	0.04	
Se	0.12	-0.53	-0.48	0.55	-0.10	-0.26	-0.59	0.70	0.49	-0.04	0.04	0.29	-0.38	1.00	0.24	0.50	ADVO	0.72	0.28	0.08	0.05	-0.11	-0.23	-0.58	0.51	-0.40	0.78	0.00	-0.11	0.58	-0.51	
P	0.74	-0.56	-0.73	0.24	0.75	0.37	-0.70	-0.11	0.81	-0.40	0.80	0.90	0.33	0.24	1.00	0.59	ADVO	0.72	0.11	-0.32	-0.09	-0.24	-0.03	-0.67	0.76	-0.62	0.38	0.00	0.74	0.57	-0.66	
Te	0.40	-0.43	-0.47	0.21	0.32	0.49	-0.49	0.37	0.81	-0.18	0.43	0.52	0.18	0.50	0.59	1.00	ADVO	0.59	0.13	-0.10	0.04	-0.11	0.15	-0.40	0.59	-0.34	0.30	0.00	0.28	0.53	-0.39	
Mg	ADVO	ADVO	ADVO	ADVO	ADVO	ADVO	ADVO	ADVO	ADVO	ADVO	ADVO	ADVO	ADVO	ADVO	ADVO	ADVO	ADVO															
Mn	0.63	-0.74	-0.75	0.67	0.44	0.00	-0.81	0.38	0.88	-0.22	0.55	0.78	0.04	0.72	0.72	0.59	ADVO	1.00	0.45	-0.12	0.14	-0.35	-0.28	-0.78	0.86	-0.64	0.63	0.00	0.42	0.72	-0.71	
Mo	0.34	0.02	-0.01	0.84	0.15	0.13	-0.08	0.13	0.51	0.43	0.18	0.22	0.15	0.28	0.11	0.13	ADVO	0.45	1.00	0.25	0.48	-0.20	-0.25	-0.04	0.34	0.05	0.32	0.00	0.03	0.08	0.08	
Ni	-0.38	0.49	0.55	0.21	-0.38	-0.20	0.51	0.03	-0.25	0.63	-0.28	-0.34	-0.12	0.08	-0.22	-0.10	ADVO	-0.12	0.25	1.00	0.40	0.25	0.13	0.48	-0.25	0.51	-0.01	0.00	-0.39	-0.10	0.53	
Pb	0.31	0.11	0.08	0.33	0.25	0.15	0.11	0.11	0.20	0.33	0.36	0.16	0.31	0.05	0.09	0.04	ADVO	0.14	0.48	0.40	1.00	-0.02	-0.21	0.06	0.20	-0.05	0.18	0.00	0.07	-0.17	0.22	
K	-0.40	0.31	0.35	-0.31	-0.32	-0.14	0.41	-0.08	-0.21	0.34	-0.22	-0.28	0.01	-0.11	-0.24	-0.11	ADVO	-0.35	-0.20	0.35	-0.02	1.00	0.33	0.37	-0.25	0.28	-0.12	0.00	-0.35	0.06	0.35	
Se	-0.46	0.41	0.40	-0.38	-0.40	0.29	0.40	-0.25	-0.14	0.39	-0.18	-0.33	-0.02	-0.23	-0.03	0.15	ADVO	-0.26	-0.25	0.13	-0.21	0.33	1.00	0.47	-0.30	0.48	-0.27	0.00	-0.31	0.19	0.38	
Na	-0.82	0.95	0.95	-0.39	-0.54	0.09	0.95	-0.28	-0.68	0.70	-0.50	-0.77	0.02	-0.56	-0.67	-0.40	ADVO	-0.78	-0.04	0.48	0.08	0.37	0.47	1.00	-0.74	0.92	-0.52	0.00	-0.52	-0.58	0.98	
Tl	0.83	-0.77	-0.79	0.59	0.61	0.18	-0.79	0.40	0.88	-0.36	0.61	0.67	0.30	0.51	0.78	0.59	ADVO	0.86	0.34	-0.25	0.20	-0.28	-0.30	-0.74	1.00	-0.73	0.81	0.00	0.48	0.54	-0.70	
U	-0.68	0.94	0.94	-0.28	-0.59	0.05	0.88	-0.29	-0.61	0.72	-0.62	-0.74	-0.15	-0.40	-0.63	-0.34	ADVO	-0.64	0.05	0.51	-0.05	0.28	0.48	0.92	-0.73	1.00	-0.42	0.00	-0.52	-0.43	0.99	
V	0.32	-0.51	-0.50	0.47	0.18	-0.09	-0.58	0.37	0.55	-0.10	0.23	0.43	-0.18	0.78	0.38	0.30	ADVO	0.63	0.22	-0.01	0.18	-0.12	-0.27	-0.53	0.51	-0.42	1.00	0.00	0.17	0.47	-0.46	
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	ADVO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Tl	0.72	-0.50	-0.57	0.00	0.92	0.31	-0.54	-0.36	0.01	-0.51	0.84	0.83	0.41	-0.11	0.74	0.28	ADVO	0.42	0.03	-0.29	0.07	-0.35	-0.31	-0.53	0.48	-0.52	0.17	0.00	1.00	0.15	-0.50	
V	0.13	-0.59	-0.55	0.32	0.05	-0.15	-0.65	0.26	0.84	-0.04	0.23	0.46	-0.18	0.68	0.57	0.53	ADVO	0.72	0.06	-0.10	-0.17	0.06	0.19	-0.58	0.54	-0.43	0.47	0.00	0.15	1.00	-0.58	
Zn	-0.57	0.95	0.94	-0.29	-0.49	0.06	0.94	-0.24	-0.62	0.78	-0.47	-0.73	0.04	-0.51	-0.68	-0.39	ADVO	-0.71	0.08	0.55	0.22	0.25	0.38	0.98	-0.70	0.88	-0.48	0.00	-0.50	-0.58	1.00	

**CORRELACIÓN DE LITOLOGÍA Y ALTERACIÓN  
CARTA MINERAL DE POZOS F14-C 45**

<b>ASOCIACIONES</b>	<b>DEPENDENCIA</b>	<b>LITOLOGÍA</b>
K/ Cr	Excelente	Calizas
K/Mg	Excelente	Calizas
K/P	Asociados	Calizas
K7/Co	Excelente	Calizas
K/Fe	Excelente	Calizas
K/w	Asociados	Calizas
K/Se	Excelente	Calizas
Sb/As	Excelente	Lutitas-areniscas
Sb/Cd	Excelente	Lutitas-areniscas
Al/Be	Excelente	Silicificación-oxidación
Al/U	Excelente	Silicificación-oxidación
Al/Sn	Asociados	Silicificación-oxidación
Ba/Mn	Excelente	Silicificación-oxidación
Sr/Na	Excelente	Silicificación-oxidación
Se/Mo	Asociados	Oxidación

acuerdo con la tabla 4, a qué litología pertenecen dichas asociaciones; esto es de gran utilidad dado que es posible tener correlaciones normales de Mg/Zn en rocas carbonatadas las que serían anomalías geoquímicas en otro tipo de litología, con esto se quiere decir que cuando exista una distribución de Zn en rocas carbonatadas, no necesariamente representa anomalías significativas de algún cuerpo mineralizado.

**e.- Elementos indicadores de mineralización económica**

Con el propósito de obtener la asociación existente en el espacio de los elementos analizados, se elaboró el diagrama o matriz de correlación, presentando como ejemplo el obtenido en el proyecto de cartografía Mineral de Pozos (Tabla 3), mediante el que obtenemos la relación o grado de dependencia entre dos tipos de mineralización, concepto de gran utilidad para determinar si dos elementos están asociados, o si uno puede usarse como guía para buscar otro.

Este concepto de dependencia entre pares de elementos se conoce como coeficiente de correlación, el cual siempre se encuentra en un rango de  $-1$  a  $+1$ ; si éste tiende a cero indica total independencia de un elemento con respecto al otro, este al tender a  $+1$  indica

buena dependencia entre pares de elementos y cuando tiende a -1 indica relación funcional inversa entre ellos: podemos simplificar mencionando que cuando el coeficiente de correlación, número que aparece en cada celda de la matriz de correlación de la ( tabla 3), se encuentra entre 0.5 y 0.6, representa dependencia entre pares de elementos, si se ubica entre 0.6 y 0.7 indican buena dependencia y si es mayor de 0.7 representa excelente dependencia (Tabla 3). Una vez que se ha obtenido la correlación existente entre los elementos analizados se definen los elementos que mejor asociación muestran y como consecuencia los elementos indicadores de la mineralización económica (Tabla 5).

#### **f.- Principios generales de la interpretación geoquímica**

Existen empresas dedicadas a generar información al sector minero, la información generada mediante diferentes métodos de exploración, los cuales serán seleccionados por el personal participante en geoquímica regional, con base en la correlación de elementos en el espacio, enviando a la gerencia de geología y geoquímica el análisis estadístico por percentiles, de éstos además del mapa con la localización real de muestreo; ésta información es independiente al análisis e interpretación que deberá hacerse en cada carta, para lo cual se menciona a continuación la metodología que se requiere realizar, y definir áreas de interés geoquímico, basado en el levantamiento geoquímica regional de sedimento de arroyo, el cual se presentarán en mapas tamaño carta, en el informe final complementario.

Si consideramos que en las muestras obtenidas en el campo captamos un 5% de desintegración química y el 95% de desintegración mecánica, la interpretación deberá adaptarse al análisis de litología- metálicos, definiendo, de acuerdo a las correlaciones que se obtengan de la población final de muestreo, las litologías normales de las diferentes asociaciones de elementos, para definir anomalías geoquímicas de elementos metálicos de interés, en otras litologías.

Al definir las zonas de anomalías geoquímicas, se considera el valor anómalo obtenido en yacimientos conocidos, para obtener la distribución de cada elemento indicador y el que interesa conocer su comportamiento y transformar esta anomalía geoquímica en área de interés económico.

**ESTUDIO DE ORIENTACIÓN  
CARTA MINERAL DE POZOS  
F14-C45**

XX Cu/ Mo	XXX Pb/Cd	XXX Zn/Sb
XXX Cu/Pb	XXX Pb/Sb	XXX Zn/As
XXX Cu/Se	XXX Pb/As	X Zn/Mo
XXX Cu/Zn	XXX Pb/Zn	XXX Zn/Se
X Cu/cd	XXX Pb/Se	
XX Cu/Sb		
XXX Cu/As		

X ELEMENTOS QUE PRESENTAN ASOCIACIÓN

XX ELEMENTOS QUE PRESENTAN BUENA ASOCIACIÓN

XXX ELEMENTOS QUE PRESENTAN EXCELENTE ASOCIACIÓN

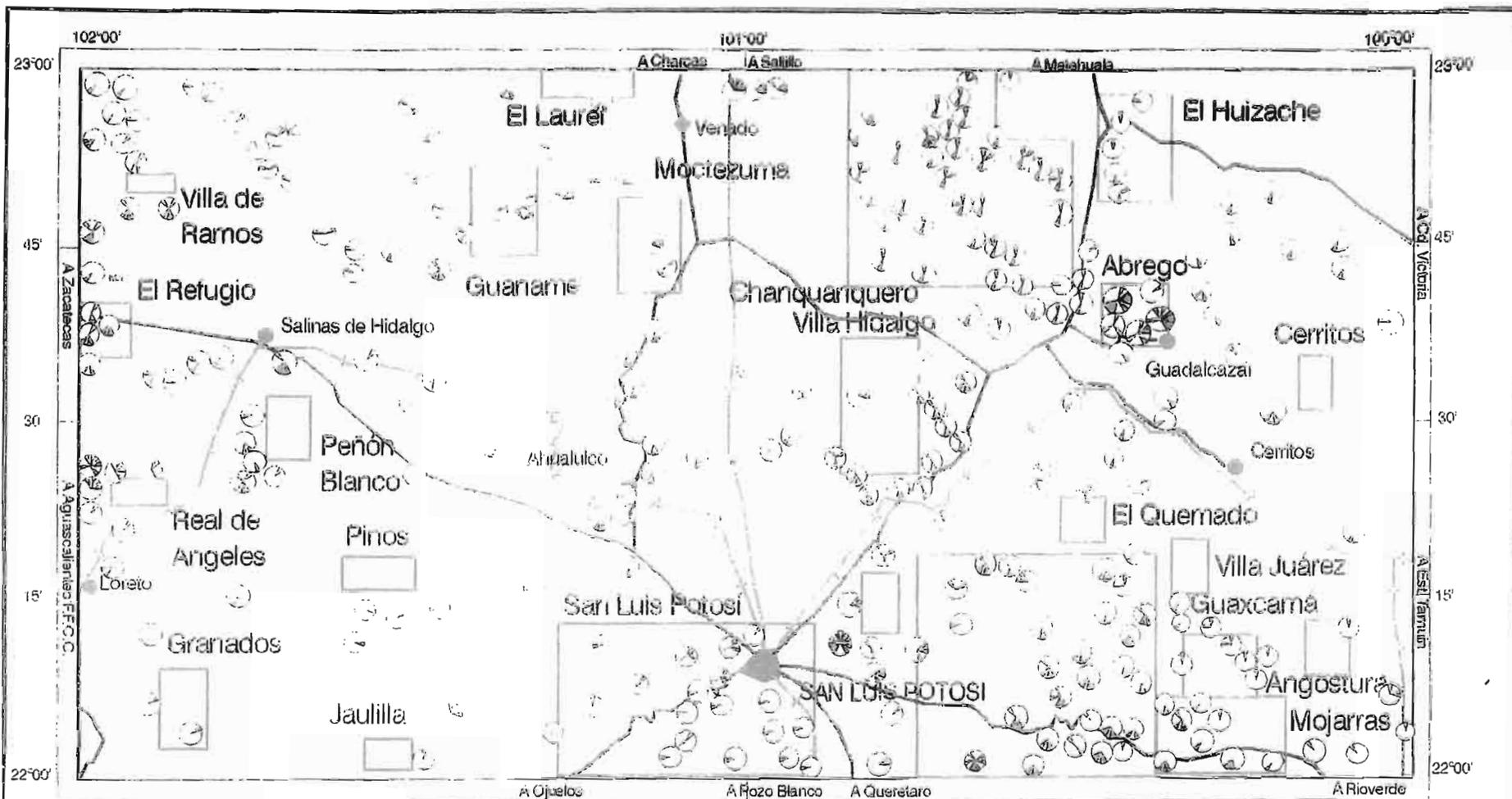
Considerando como elementos indicadores de la mineralización económica a ( Cu, Mo,

Pb,Se, Zn, Cd, Sb, As,) además de ( Au, Ag ) dado que el yacimiento tiene éstos elementos,

No obstante que existen programas para analizar la distribución de los elementos en el espacio donde se encuentran Como por ejemplo el SURFER 6, el cual se basa en el método Kriging, existe la forma de realizarlo de forma manual, para lo cual es necesario obtener los parámetros estadísticos de la población final ( Tabla 2 ) de los elementos que se necesitan analizar.

De acuerdo a los elementos seleccionados se generará una gama de colores, mostrados en un círculo, la porción que correspondería a cada elemento y su color, como se muestra en la ( figura 6 ) posteriormente en un mapa de tamaño original con la localización del muestreo geoquímico, se analizará elemento por elemento, con la lista de ensayos de laboratorio y se marcarán aquellos que sobrepasen el valor anómalo, determinado en la estadística de la población final hasta obtener un mapa similar al mostrado en la (figura 6).

Al realizar el análisis mediante este método se definirán áreas consideradas como anomalías geoquímicas, por estar afectados por el valor anómalo de la población final, las cuales se seleccionarán en otro mapa en tamaño original INEGI y se procederá a realizar

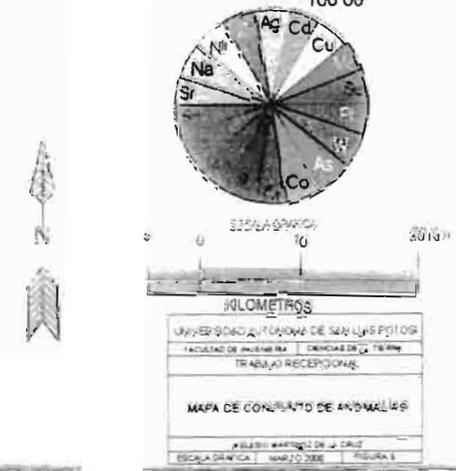


**EXPLICACION**

- CIUDAD
- POBLADO
- CARRETERA
- FERROCARRIL
- AREA DE INTERES

ELEMENTO	VALOR DE FONDO P.M.	VALOR LIMBAL P.M.	VALOR ANOMALO P.M.
1	20	20	0
2	20	20	0
3	20	20	0
4	20	20	0
5	20	20	0
6	20	20	0
7	20	20	0
8	20	20	0
9	20	20	0
10	20	20	0
11	20	20	0
12	20	20	0
13	20	20	0
14	20	20	0
15	20	20	0
16	20	20	0
17	20	20	0
18	20	20	0
19	20	20	0
20	20	20	0
21	20	20	0
22	20	20	0
23	20	20	0
24	20	20	0
25	20	20	0
26	20	20	0
27	20	20	0
28	20	20	0
29	20	20	0
30	20	20	0
31	20	20	0
32	20	20	0
33	20	20	0
34	20	20	0
35	20	20	0
36	20	20	0
37	20	20	0
38	20	20	0
39	20	20	0
40	20	20	0
41	20	20	0
42	20	20	0
43	20	20	0
44	20	20	0
45	20	20	0
46	20	20	0
47	20	20	0
48	20	20	0
49	20	20	0
50	20	20	0
51	20	20	0
52	20	20	0
53	20	20	0
54	20	20	0
55	20	20	0
56	20	20	0
57	20	20	0
58	20	20	0
59	20	20	0
60	20	20	0
61	20	20	0
62	20	20	0
63	20	20	0
64	20	20	0
65	20	20	0
66	20	20	0
67	20	20	0
68	20	20	0
69	20	20	0
70	20	20	0
71	20	20	0
72	20	20	0
73	20	20	0
74	20	20	0
75	20	20	0
76	20	20	0
77	20	20	0
78	20	20	0
79	20	20	0
80	20	20	0
81	20	20	0
82	20	20	0
83	20	20	0
84	20	20	0
85	20	20	0
86	20	20	0
87	20	20	0
88	20	20	0
89	20	20	0
90	20	20	0
91	20	20	0
92	20	20	0
93	20	20	0
94	20	20	0
95	20	20	0
96	20	20	0
97	20	20	0
98	20	20	0
99	20	20	0
100	20	20	0

ELEMENTO	VALOR DE FONDO P.M.	VALOR LIMBAL P.M.	VALOR ANOMALO P.M.
1	20	20	0
2	20	20	0
3	20	20	0
4	20	20	0
5	20	20	0
6	20	20	0
7	20	20	0
8	20	20	0
9	20	20	0
10	20	20	0
11	20	20	0
12	20	20	0
13	20	20	0
14	20	20	0
15	20	20	0
16	20	20	0
17	20	20	0
18	20	20	0
19	20	20	0
20	20	20	0
21	20	20	0
22	20	20	0
23	20	20	0
24	20	20	0
25	20	20	0
26	20	20	0
27	20	20	0
28	20	20	0
29	20	20	0
30	20	20	0
31	20	20	0
32	20	20	0
33	20	20	0
34	20	20	0
35	20	20	0
36	20	20	0
37	20	20	0
38	20	20	0
39	20	20	0
40	20	20	0
41	20	20	0
42	20	20	0
43	20	20	0
44	20	20	0
45	20	20	0
46	20	20	0
47	20	20	0
48	20	20	0
49	20	20	0
50	20	20	0
51	20	20	0
52	20	20	0
53	20	20	0
54	20	20	0
55	20	20	0
56	20	20	0
57	20	20	0
58	20	20	0
59	20	20	0
60	20	20	0
61	20	20	0
62	20	20	0
63	20	20	0
64	20	20	0
65	20	20	0
66	20	20	0
67	20	20	0
68	20	20	0
69	20	20	0
70	20	20	0
71	20	20	0
72	20	20	0
73	20	20	0
74	20	20	0
75	20	20	0
76	20	20	0
77	20	20	0
78	20	20	0
79	20	20	0
80	20	20	0
81	20	20	0
82	20	20	0
83	20	20	0
84	20	20	0
85	20	20	0
86	20	20	0
87	20	20	0
88	20	20	0
89	20	20	0
90	20	20	0
91	20	20	0
92	20	20	0
93	20	20	0
94	20	20	0
95	20	20	0
96	20	20	0
97	20	20	0
98	20	20	0
99	20	20	0
100	20	20	0



realizar el mismo procedimiento elemento por elemento afectándolas en este nuevo mapa geoquímico, con valor anómalo determinado en el estudio de orientación cual es mayor que el de la población final, por realizarse de yacimientos conocidos; en éste nuevo mapa geoquímico se disminuyen las áreas determinadas como anomalías geoquímicas, dando lugar a zonas de interés (Moreira Rivera F., et.al., 1998).

Cabe mencionar que, mediante éste método es posible ubicar en forma general contactos litológicos con base en correlaciones litología-elementos, además de franjas metalogénicas, dado que las asociaciones de elementos serán diferentes a las localizadas en las diferentes mineralizaciones presentes en cada carta .

Este método está basado en el tipo de densidad de muestreo que se desarrolla actualmente en diferentes empresas que se dedican a realizar este tipo de estudios ya sea por iniciativa privada o por empresas de gobierno, además de los parámetros geoquímicos obtenidos en el campo, por lo que es necesario considerar esta disciplina de exploración, como una herramienta útil en la búsqueda de yacimientos minerales, la que requiere del análisis de resultados y verificaciones de campo en áreas específicas; es decir, que no basta con la obtención de muestras y análisis estadísticos, si no que nos ayudarán a determinar sitios específicos, para establecer su importancia geológico-geoquímica en la etapa de cartografía geológico-minera.

Contando con los programas estadísticos para realizar la matriz de correlación y el de percentiles, no habrá problema para realizar el análisis aquí propuesto.

Finalmente, es necesario considerar que las actividades de programación, geoquímica, toma de muestras, interpretación geoquímica, etc., están bajo la dirección de los geólogos participantes en las cartas, por lo que es recomendable realizar cada etapa con la misma exactitud, lo que ayudará a que el tratamiento final sea integrado con resultados confiables (Moreira Rivera F., et. al., 1998).

#### **g.- Información geológica necesaria para poder interpretar una carta geoquímica**

Los datos que son necesarios recabar en el campo son los que bajo cualquier circunstancia se toman en un estudio geológico, que son: litología, estructuras y alteraciones hidrotermales, por mencionar algunos.

El aspecto litológico debe abarcar una clasificación genética de la roca, la cual será tan aguda como sea la experiencia y conocimiento del geólogo encargado, tomándose

muestras de clasificación petrográfica, en caso de cualquier duda o sólo para establecer un control más estricto se recurrirá a análisis por medio de laboratorio, solicitando que sean identificados los minerales accesorios en particular, para mejorar la información recabada en el campo.

El mapeo estructural debe incluir la gama de elementos dinámicos que podemos observar, como son diaclasas, fallas, cizallas, esquistosidades, foliaciones, ejes de pliegues, planos de estratificación, entre otros.

Esta información se debe obtener a lo largo de los caminamientos que se desarrollen durante la toma de muestreo geoquímico y principalmente en las estaciones o puntos de muestreo.

Las alteraciones más comunes (silicificación, oxidación, argilización y propilitización), son fáciles de identificar por el geólogo de experiencia en campo, pero al tratar de plasmarlas en un plano, presentan algunos problemas; ya que cualitativamente se pueden diferenciar, pero su grado de desarrollo ya no se puede manifestar tan fácilmente. Esto resulta de gran importancia dado que el zoneamiento que se establece con las alteraciones de alta, media y baja temperaturas, nos indica el lugar o estructuras por donde fluyeron las soluciones calientes y la dirección que siguieron a partir de ella a través de la roca y estructuras permeables al fluir a zonas de menor presión.

Tratando de ayudar en este sentido, ha sido ideado un sistema de dígitos mediante los cuales se dará esta intensidad en forma relativa.

Estos dígitos van de 0 a 3, con los que definiríamos 4 etapas de desarrollo de cada alteración desde roca sana (con valor 0) hasta una roca completamente destruida por una alteración específica (con valor de 3). Los valores intermedios de 1 y 2 serían para grados de alteración incipiente e intermedia respectivamente.

Por tratarse de una interpretación de criterio personal para definir estos diferentes grados de alteración, el geólogo puede crear otro método parecido al que a continuación se menciona.

a) Valor 0 : Para roca sana, sin alteración.

b) Valor 1: Son observables los minerales principales constituyentes de roca, aunque se aprecian cambios en minerales accesorios y matriz

c) Valor 2: La roca ha sido afectada y se presentan minerales de alteración tanto en la matriz como en fenocristales pero la estructura primaria de la roca aún es observable.

d) Valor 3: La estructura y textura originales de la roca han sido completamente destruidas y las características propias de cada alteración son claramente observables.

Lo anterior aplicado a las alteraciones mencionadas en los primeros párrafos se podría ejemplificar como sigue:

**Alteración propilítica.** El valor (0) sería para la roca sana; (1) para la presencia de clorita en la matriz; (2) para la aparición de epidota en la roca; y (3) para el desarrollo de la propilita, con su característico color gris claro, con tonos blanquecinos en la matriz, y la textura original de la roca es apenas definible, tipo arenosa mediana.

**Alteración argílica.-** En este caso el (0) sería solo para su inexistencia; (1) cuando tenga textura arenosa fina con bandas de color amarillo-naranja-rojizo; (2) cuando la textura sea arcillosa de tonos amarillo-blanco; (3) cuando la roca sea completamente arcillosa compacta y con tonos blancos-crema muy pálido.

**Alteración caolinítica.-** Esta alteración al ser de alto grado ya no presentaría zoneamiento tan "bien" definido como las anteriores, y se representaría prácticamente como inexistente (0), en desarrollo (1 a 2) y bien desarrollado (3), donde tendríamos una masa compacta, arcillosa blanca, clásica, que conocemos en zonas de intrusivos con gran actividad hidrotermal.

**Silisificación.-** Esta alteración, junto con la caolinítica, las consideramos como las más difíciles de evaluar, debido a que en ocasiones la sustitución de los elementos de la roca por sílice se efectúa átomo a átomo, generando pseudomorfos que son muy difíciles de distinguir. Como en el caso anterior son los extremos los valores más fáciles de determinar (está o no está, silicificada la roca) mientras que determinar el significado de (1) y (2) sería en razón del grado de sustitución de los minerales constituyentes de la roca, por sílice que fuera posible distinguir en ejemplo de mano; esto implica cambios texturales de minerales asimilados, textura de la matriz y tipo de fractura, entre otras características.

El manejar de esta forma los datos de alteraciones nos permitirá el poder codificarlos y ganar una base de datos que sea digitalizable, elaborándose en consecuencia planos de alteraciones con curvas isogradas, siendo útiles en la interpretación geológica-geoquímica-geofísica, de las áreas seleccionadas o en su caso de las hojas 1:50,000 y 1:250,000 geoquímicas que son el objetivo para tener un banco de datos confiables y que sirva como apoyo a las personas que se interesen en este tipo de información para su aplicación en las áreas correspondientes.

La paquetería que puede dar apoyo, se tiene en algunas empresas que se dedican a éste tipo de actividad y que se pueden rentar (a estudios de exploración, minería) sus servicios para mejor organización y a la vez un mejor funcionamiento para que ésta manera se obtengan mejores resultados, sólo sería necesario hacer algunos ejemplos para llevar a cabo los ajustes y adecuaciones necesarias para obtener los resultados deseados. Estos programas utilizables corresponden al sistema denominado GIS en el cual se pueden generar perfiles isométricos, además los planos de isogradas con orientación topográfica, pero a los que se les puede cambiar la cota vertical por contenidos de trazadores o de grados de alteración; el resultado sería el de planos de dispersión geoquímica apoyados con mascarillas conteniendo distribución de alteraciones. Esto lo creemos posible, sólo falta comprobarlo en forma práctica, como se mencionó anteriormente, mediante la ejecución de ejemplos (Ramos Cruz S., et.al., 1995).

## **VII.- ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Con los datos obtenidos de la información estadística, se realiza la carta geoquímica, integrando además, todos los datos de campo (litología, alteraciones y estructuras, entre otros, más los datos geofísicos del área prospectada). En la carta se diferencian zonas que, mediante una presentación de anomalías de elementos por medio de curvas isogradas de concentración por uno o más elementos, son indicativos de la dirección de la dispersión de los trazadores a partir de su fuente, esto permite ubicar el foco de dispersión de las estructuras mineralizadas y los sitios de concentración por la abundancia de elementos trazadores.

Durante esta etapa, se clasificará a las anomalías de acuerdo con su importancia en; baja, media y alta, derivado de la ocurrencia de elementos, para elaborar una base de datos para su posterior consulta.

## **VIII.- CAPTURA DE INFORMACIÓN Y DIGITALIZACIÓN**

La captura de datos a partir de las "fichas geoquímicas" (Tabla 1) llenadas en el campo, con toda la información que en ésta se nos pida, siendo el geólogo lo suficientemente responsable y honesto, para llevar a cabo este tipo de actividad, nos dará la oportunidad de obtener información de calidad del lugar donde se extraiga dicha información, por lo cual los resultados serán mejores, y de esta manera se evitarán pérdidas de tiempo y gastos inútiles, dando oportunidad a tener un avance positivo y progresivo. Esto nos dará la confiabilidad suficiente para culminar con éxito nuestro banco de información, para que ésta sea utilizada por personas que lo soliciten y les sea de utilidad, sin olvidarnos que los trabajos antes mencionados tienen un objetivo, el cual es el de obtener datos de calidad relacionados con la exploración y la localización de yacimientos minerales por medio de estudios geoquímicos. Se procede finalmente a digitalizar toda la información antes mencionada en un mapa geoquímico a la escala correspondiente; en este caso a escala 1:50,000 ( base topográfica INEGI ).

## **IX.-REDACCIÓN DEL TEXTO EXPLICATIVO**

### **introducción**

La exploración geoquímica de sedimento de arroyo en combinación con otras ramas de la geología, es una herramienta importante para la localización de yacimientos minerales a escala regional.

Para esto es básico un programa de muestreo geoquímico de orientación de sedimento de arroyo .

Uno de los principios de la exploración geoquímica son las dispersiones primaria y secundaria de los elementos y su capacidad de movimiento en los diferentes medios fisico-químicos, en los diferentes ambientes de superficie en la corteza terrestre, de donde se obtienen los valores definidos y diferenciables de elementos trazadores, elementos exploradores o elementos pioneros, (pathfinder elements) mismos que son utilizados como guías en la búsqueda de concentraciones mayores de elementos, que pueden ser o no, extraídos con rendimiento económico. Estas concentraciones o anomalías deben darse en ppm, de acuerdo con las características de cada elemento trazador.

### **Estudios de orientación**

En todo trabajo de exploración geoquímica encaminado a la localización de yacimientos minerales, es necesario realizar un estudio de orientación geoquímica en cuerpos mineralizados conocidos, para obtener los parámetros importantes, como son los geológicos-geoquímicos, que servirán para evaluar correctamente las anomalías resultantes de la geoquímica regional.

### **Muestreo**

Para llevar a cabo el muestreo es importante tomar en cuenta los pétalos de captación, se estima que de existir un yacimiento mineral en un afluente del drenaje, se captaría en la muestra el 5% aproximadamente de desintegración química, y el 95% aproximadamente de desintegración mecánica, concepto por el cual tamizamos a -80 mallas en varios puntos en el campo, con la finalidad de obtener la desintegración química que está presente en el sedimento arroyo.

### **Anomalías**

Para llegar a la interpretación de anomalías, debemos de tomar en cuenta lo siguiente: levantamiento total de muestras colectadas en campo, envío de ellas al laboratorio. Ya teniendo los resultados se podrá trabajar según el método elegido, para su posterior interpretación; teniendo los resultados estadísticos, matemáticos, gráficos, ubicaremos las muestras que sean anómalas y se marcarán con un color pre-definido en el plano correspondiente.

### **Generalidades de la región estudiada**

Es importante tomar en cuenta todos los detalles que nos encontremos en el campo y plasmarlos en el plano encomendado, como son: datos estructurales, geohidrológicos, geológicos, topográficos, tipos de clima y vegetación, todas las minas pequeñas, medianas, y grandes que se encuentren en la región estudiada, tipos de mineralización en sus diferentes formas, sacar el pH en los lugares accesibles, arroyos, agua estancada, presas, bordos, entre otros, así como claves y símbolos, edades radiométricas, alteraciones, secciones, columna estratigráfica, leyenda, y todo lo que pueda complementar el plano para tener la información necesaria para contar con una fuente confiable de datos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda tomar todas las precauciones pertinentes, desde el momento de empezar a planear el trabajo de gabinete y campo, tomando en cuenta, planos, qué escala se va a utilizar, diseño de los pétalos de captación, auxiliándose en fotografías aéreas y planos, tomar en cuenta que los planos que se utilizan estén actualizados, o ver que actualidad tienen, porque hay algunos que son demasiado antiguos. En éste caso las cartas se elaboraron en el año de 1968 y en la actualidad tienen aproximadamente 32 años de editadas; en este tiempo la erosión ya causó variaciones en el terreno; éstas variaciones podrían ser; caminos que ya no existen, alambrados recientes que los agricultores y ganaderos ponen para delimitar sus propiedades cerrando caminos que que antes se marcaban en los planos y que eran transitables y a la actualidad ya no existen. Muchas veces los arroyos marcados en el plano ya no existen o están cercanos a donde fueron marcados en el plano. Esto entorpece la actividad geoquímica invirtiendo tiempo no planeado en el programa, haciendo más tardía la actividad que se nos encomienda.

El trabajo se concluye con la elaboración de una carta geoquímica, plasmando la información que se requiera al respecto, como son los múltiples elementos analizados, en este caso es de 31 elementos, teniendo los valores de dichos elementos se procede a hacer el cálculo por el método y programa requerido, de este análisis obtendremos los resultados para interpretar los valores de las anomalías que plasmaremos en el plano geoquímico, esta información nos dará una visión más objetiva para la localización de nuevos depósitos de interés económico, y de esta manera se podrán planear estrategias propias a seguir dentro de los programas de exploración a corto, mediano, y largo plazos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Ing, Guillermo Labarthe H. director del Instituto de Geología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por el apoyo moral y material brindado para la realización del presente trabajo.

A todo el personal de investigación del Instituto de Geología, por su cooperación y apoyo.

A los ingenieros Francisco Moreira Rivera, Rafael Juárez Jacobo, Julián Eduardo López Reyes, del Consejo de Recursos Minerales, por su desinteresada ayuda.

A el ingeniero Francisco Javier Orozco Villaseñor por sus consejos y orientaciones.

Al doctor Rodolfo Rodríguez Ríos, por aceptar la asesoría del presente trabajo.

A mis padres; por haber depositado en mi toda su confianza

A mis hermanos

A mi esposa Sofía.

A mis hijos Jorge, Y Karina Arisbé, fuente principal de apoyo y comprensión.

A todas las personas que de una manera u otra colaboraron para llevar a cabo la realización de este trabajo, mi eterno agradecimiento.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Goldschmidt, V.M., 1943:** Oxydation og Reduktion i Geokjemien. Geol. fören Stockholm förh.65, P.84.
- Grande López R., 1990:** Principios fundamentales de geoquímica; Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ingeniería. Página 69.
- Köppen,W., 1931:** Climatología. Fondo de Cultura Económica, 320 p.
- Kalervo Rankama; TH.G. Sahama, 1962:** Geoquímica. Páginas 220 , 222.
- Moreira Rivera F. 1998:** Manual de operación en la metodología de geoquímica regional de sedimento de arroyo; Coordinación General de Minería, Consejo de Recursos Minerales, Gerencia de Geología y Geoquímica, 11 p.
- Ramos Cruz S., 1995:** Manual de Elaboración de Cartas Geoquímicas; Consejo de Recursos Minerales; Gerencia de Exploración Geológica, 16 p.
- Rollinson H.R., 1993:** Using Geochemical Data; evaluation, presentation, interpretation, Páginas, 10,13,14.
- Silva M. R., 1981:** Resultados de los estudios de orientación geoquímica en la exploración minera; Industrial Minera México. Memoria XIV Convención Nacional AIMMGM. Acapulco, Guerrero. Páginas 418,419,420,421,422.
- Vernadsky, V. I., 1930:** Sur la Classification et sur la Composition Chimique des eaux Naturelles Bull. Soc . Franc. Mineral. 53, p. 417.