

# GEOLOGIA Y PROSPECCION GEOQUIMICA DE LA SIERRA DE MEDINA, PROVINCIA DE TUCUMAN.

Investigación de Cu, Pb, Zn, y Mn, en muestras fluviales.

por  
V. C. BUSIGNANI,  
A. URDANETA  
y  
L. SUAYTER

## SUMMARY

Geological and geochemical prospecting studies on the presence of Cu, Pb, Zn and Mn in the sierra of Medina, department of Burruyacú, prov. of Tucumán.- The statistic treatment based on the geochemical data shows the results obtained. Selected and significant areas for further and more detailed works are suggested.

## INTRODUCCION

El presente trabajo geológico y de prospección geoquímica completa el Plan de Exploraciones Geoquímicas de las Sierras del Departamento de Burruyacú iniciado por los autores con el de la Sierra de La Ramada (1971), Sierra del Campo (1977). Al igual que en aquellos se practicó un muestreo de sedimentos fluviales de los ríos y arroyos que integran la red hídrica principal de la Sierra.

El apoyo cartográfico fue tomado de los mosaicos fotográficos 20 A4, 20 B4 y 20 C4, escala 1:50.000, efectuados para el PLAN NOA-1 Geológico-Minero de los cuales, previa unificación de los mismos se dibujó la red hídrica en la que se volcó el muestreo y el levantamiento geológico fotointerpretado, con posterior confirmación de campo.

Para la definición de los resultados obtenidos, se aplicó el tratamiento estadístico de los datos por el método para la Selección de Blancos de Perforación por medio de Datos

Geoquímicos ideado por J De Geoffroy, S.M. Wu y R.W. Heins 1968 habiéndose trabajado con los elementos Cu Pb, Zn y Mn.

Los análisis fueron ejecutados por el método de Absorción Atómica para los tres primeros y por Colorimetría para el Mn y se llevaron a cabo en los laboratorios de geoquímica del Plan NOA-1 de la Subsecretaría de Minería de la Nación.

Posibilitaron la ejecución de la investigación emprendida con su apoyo material, la Dirección Provincial de Minas; Fundación Miguel Lillo, Plan NOA 1, Geológico-Minero y la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Tucumán.

## DESCRIPCION GENERAL DEL AREA INVESTIGADA

La sierra de Medina se levanta en el extremo NE de la provincia de Tucumán, en el Departamento de Burruyacú con una exten-

sión aproximada de 60 km de largo y por unos 15 km de ancho en su parte central. La altura máxima sobre el nivel del mar es de 2.167 m (Morro Aspero)

El acceso a la misma se lleva a cabo por las rutas nacional n° 9 y provincial n° 305.

Presenta las características de un clima continental con dos marcadas estaciones: seca en otoño e invierno y lluviosa en primavera y verano.

## GEOLOGIA

Las entidades estratigráficas reconocidas en la zona son las siguientes:

### Formación Medina

Definición estratigráfica: el complejo metamórfico está representado por ectinitas, constituidas por filitas pizarrosas generalmente grises y verdosas y azuladas inyectadas por lentes y veñillas de cuarzo.

Conservan en parte sus rasgos sedimentarios primitivos: presentan fina laminación y alternancia de capas de origen pelítico y arenoso fino.

Antecedentes: fue definida por Bossi (1969), en el extremo austral de la Sierra de Medina.

Afloramientos: constituye el núcleo de la Sierra de Medina; es la unidad más extensamente representada en la misma.

Contenido faunístico: hasta el momento no se ha mencionado la presencia de restos fósiles dentro de esta formación.

Relaciones de campo: constituye el zócalo o basamento metamórfico sobre el que se apoyan en discordancia angular las sedimentitas de la cobertura cretácico-terciaria.

Espesor: no determinado a causa de la ausencia de afloramientos de la base.

Edad y correlaciones: Precámbrico según Bossi (1969)

### Grupo Salta

#### Subgrupo Pirgua

Formación La Yesera y Los Blanquitos: no representadas en el mapa.

Definición estratigráfica: está representado por brechas y conglomerados rojos a rosados, compactado, con estratificación muy gruesa e intercalaciones de areniscas conglomeráticas de igual coloración y dispuestas en capas de espesores variables paralelas a la estratificación. Un complejo volcánico (Alto de la Salina, Bossi 1969) que se manifiesta en el extremo austral de la sierra formado por traquitas y riolitas que intruyen a esta formación, intercalándose numerosos mantos de basalto en el conglomerado brechoso; hacia arriba se va perdiendo el carácter brechoso para pasar a un conglomerado rojo con matriz arenosa y rodados de cuarzo - Formación Los Blanquitos - además de rodados de filitas y cuarcitas rosadas

Sección y área tipo: se halla representado en el curso superior del río Pirgua-Quebrada de las Conchas en la Sierra de Santa Bárbara, Departamento de Guachipas Salta.

Afloramientos: aflora en el sector oriental occidental y central de la sierra apoyándose discordantemente sobre el basamento metamórfico.

Relaciones de campo: el Subgrupo Pirgua se encuentra en discordancia angular con el basamento metamórfico (Formación Medina) y lo suprayace concordantemente el Subgrupo Balbuena.

Espesor: los afloramientos de este subgrupo están muy distribuidos en toda el área de estudio, que van desde unos pocos metros hasta los 700 m aproximadamente en el extremo sur de la Sierra.

Edad: Reyes y Salfity (1972) le asignan edad cenomaniana.

### Subgrupo Balbuena

#### Formación Yacoraite

Definición estratigráfica: está constituida por areniscas blanquecinas calcáreas con intercalaciones de areniscas y limolitas pardo rojizas, además de banquitos calcáreos de color blanco, amarillento a grisáceo.

Antecedentes: es redefinida por Turner (1959) como Formación Yacoraite. Moreno (1970) incluye dicha formación dentro del Subgrupo Balbuena.

**Afloramientos:** aflora en una estrecha faja al norte de la Sierra de Medina en el sector occidental de la misma.

**Contenido faunístico:** resto de gasterópodos (*Melania* sp.), en pequeños bancos calcáreos, fueron lo que permitieron individualizar esta formación en nuestra área de estudio.

**Relación de campo:** esta formación se halla depositada en concordancia sobre el Subgrupo Pirgua y suprayace concordantemente el Subgrupo Santa Bárbara.

**Espesor visible:** 150 m.

**Edad y correlaciones:** los ostrácodos y foraminíferos descritos por Menéndez y Viver (1973), señalarían una edad senoniana.

### Subgrupo Santa Bárbara

**Definición estratigráfica:** constituidas en su parte inferior por areniscas medianas a gruesas, de intensa coloración roja, friables, pobremente estratificadas y por areniscas blanquecinas medianas a gruesas con estratificación entrecruzada, en bancos friables que en algunos sectores presentan intercalaciones de areniscas limosas rojas y levemente verdosas, en capitas muy finas e irregulares.

**Antecedentes:** Vilela (1956), le dio el nombre de Formación Santa Bárbara y luego Moreno (1970), la elevó al rango de Subgrupo, reconociendo dentro de ellas tres formaciones: Mealla, Maíz Gordo y Lumbreira.

**Afloramientos:** aflora en una extendida y angosta faja en el extremo septentrional de la Sierra, en la parte occidental de la misma.

**Contenido faunístico:** Pascual y Odreman Rivas (1973), mencionan restos de peces descritos por Cockerell en 1925, junto con la de varios insectos.

**Relaciones de campo:** este subgrupo se halla depositado en concordancia sobre la Formación Yacoraité y sobre ella también concordantemente la Formación Río Salí.

**Espesor:** 150 m.

**Edad y correlaciones:** Pascual y Odreman Rivas (1973), de acuerdo a los restos de un primitivo *Notoungulata* en los términos superiores le atribuyen a este subgrupo edad paleocena superior.

### Grupo Choromoro

#### Formación Río Salí

**Definición estratigráfica:** está constituida por limolitas rojas y pardo rojizas, bien estratificadas en bancos de espesores variables, con alternancia rítmica de margas y lutitas verdosas, e intercalaciones de bancos de yeso, en la parte media de la columna y caliza oolítica en el tercio inferior.

**Antecedentes:** el nombre de Formación Río Salí, fue introducido por Ruiz Huidobro (1960) y redefinido por Bossi (1969). Mon y Urdaneta (1972), engloban las formaciones terciarias Río Salí e India Muerta dentro del Grupo Choromoro.

**Sección y área tipo:** alto valle del Río Nío, provincia de Tucumán.

**Afloramientos:** rodean a los de la Formación Santa Bárbara, encontrándose manifestaciones a lo largo de todo el sector occidental de la sierra y parte del oriental en su extremo austral.

**Relaciones de campo:** se apoya en concordancia sobre el Subgrupo Santa Bárbara y suprayacente a la misma la Formación India Muerta.

**Espesor:** 800 m.

**Edad y correlaciones:** esta formación ha sido atribuida al Terciario sin que se pueda datar con mayor precisión por el momento.

**Formación India Muerta:** no representada en el mapa.

**Definición estratigráfica:** constituida por limolitas pardo claras a rosadas, arenosas, tabulares, masivas, coherentes, con marcada laminación paralela, alternando con bancos de areniscas limolíticas verdes y limolitas verdes grisáceas con esporádicas capitas amarillentas.

**Antecedentes:** fue denominada Formación La Cocha por Rassmus. Posteriormente Bossi (1969) define a este complejo como Formación India Muerta.

**Afloramientos:** rodea a la Formación Río Salí en parte.

**Contenido faunístico:** Peirano (1957) señaló la presencia de trazas de *Eoesclerocalyptus planus* y Bossi (1969) menciona el hallazgo de la coraza de una tortuga del genero *Testudo* sp.

Relaciones de campo: esta formación se halla depositada concordantemente sobre la Formación Río Salí y la suprayacen depósitos cuaternarios.

Espesor: 100 m.

Edad y correlaciones: Bossi (1969) la designa con edad pliocena, mientras que Porto y Danieli (1974) le asigna una edad miocena superior.

#### Cuartario

Las acumulaciones cuaternarias se presentan en toda el área y están constituidas por depósitos de pie de monte, conos de deyección y terrazas aluviales.

#### Estructura

Los principales rasgos estructurales se encuentran orientados en dirección NNE-SSO.

La Sierra de Medina representa un gran anticlinal en cuyo núcleo aflora el basamento (Formación Medina), dándonos una tectónica de zócalo, donde la cobertura sedimentaria acompaña pasivamente las deformaciones de éste.

El gran anticlinal que conforma la sierra, muestra terminaciones periclinales en sus extremos causadas por el buzamiento de sus ejes tanto hacia el norte como hacia el sur. Los flancos presentan inclinaciones suaves que no superan los 25°.

Adosado al bloque principal de la Sierra, se encuentra otro de menor magnitud desprendido del primero (Sierra de Nogalito). El bloque principal está afectado además por varias fallas de segundo orden que lo han desmembrado parcialmente. Las fracturas que han producido su levantamiento y basculamiento hacia el oeste, se encuentran en el borde oriental de la sierra.

El bloque de la Sierra del Nogalito se halla separado del de Medina por dos fallas principales: una de rumbo NE-SO y otra prácticamente norte-sur, que está asociada a un grupo de fallas que presentan disposición escalonada, donde cada una de ellas tiene el labio occiden-

tal elevado con respecto al oriental. Este juego, del cual forma parte también la falla que marca el borde nor-oriental de la Sierra de Medina, corta a la fractura anterior (NE-SO), que es más antigua, en varios segmentos.

La interpretación tectónica de esta sierra es algo compleja por la asimetría que presenta el anticlinal tanto en su parte norte como sur.

Desde el punto de vista estructural, es posible distinguir dos unidades o pisos estructurales: el zócalo metamórfico (Formación Medina), y la cobertura sedimentaria cretácico-terciaria; ambas unidades separadas por una gran discordancia de importancia regional. El basamento metamórfico ha sufrido los efectos de episodios de deformación que le imprimieron una estructura compleja, mientras que la cobertura sólo ha sido afectada por los movimientos ándicos que se hicieron sentir a partir del Terciario inferior hasta nuestros días.

Ante los mismos esfuerzos, el zócalo y la cobertura reaccionaron de dos maneras distintas: el zócalo (rígido) se fracturó y la cobertura (plástica) se plegó, de modo que entre uno y otra existe una disarmonía fundamental. El basamento ha sido varias veces plegado y fracturado, y la cobertura sedimentaria ha tenido un papel pasivo, adaptándose a la deformación del primero.

#### Geoquímica

Se tomaron 219 muestras de sedimentos fluviales finos, efectuándose la extracción de las mismas, a pocos metros aguas arriba de las desembocaduras de las quebradas y arroyos principales. El sedimento fino fue colocado en bolsas de polietileno en una cantidad aproximada de 250 g, con las precauciones necesarias para evitar todo tipo de contaminación y posteriormente fueron secadas en estufa a 110° C, procediéndose luego a su molienda y homogeneización, reservándose la mitad de cada muestra para su archivo; la otra mitad fue tamizada con malla de acero inoxidable de 80 ASTM. La fracción menor de 80 ASTM, fue procesada para la determinaciones de Cu, Pb, Zn y Mn, en partes por millón.

### Tratamiento de los datos geoquímicos

Los resultados analíticos fueron sistematizados aplicando para su tratamiento estadístico el método para la Selección de Blancos de Perforación por Medio de Datos Geoquímicos de J. De Geoffrey S.M.Wu y R.W. Heins (1968), lo que permitió determinar áreas de interés prioritario definidas en la zona prospectada.

El procedimiento elegido, ha sido aplicado por los autores del mismo en áreas mineralizadas conocidas, en las que han obtenido un porcentaje de 100% de cubrimiento de los depósitos de Zn conocido con solamente el 10% de retención de las lecturas de campo, antecedentes éstos que han sido tenidos en cuenta para su elección en la metodología aplicada.

Los mosaicos fotográficos, una vez unificados, fueron divididos a tal efecto en cuadrículas de 3 km de lado o sea una superficie de 9 km<sup>2</sup>, que corresponde a lo que se llama una "sección que se toma de base para determinar las variaciones regionales del fondo" o "back-ground", que se define como componente Ti. A su vez a cada "sección" se la dividió en 4 "células" de 1,5 km de lado, o sea una superficie de 2,25 km<sup>2</sup>, que representa las variaciones locales o componente Ai de anomalía. Ambas superficies han sido determinadas por los autores del método, como las adecuadas para referir las variaciones regionales y las locales.

Por medio de la red de cuadrículas, cada muestra quedó definida por sus respectivas coordenadas X e Y, lo que permitió a su vez ubicar el valor medio de la componente regional Ti, de cada "sección" y la componente de anomalía Ai, que es la media aritmética de las desviaciones de la tendencia regional en la "célula", determinaciones que se efectuaron aplicando las siguientes fórmulas.

Coordenadas del punto del valor medio de la tendencia regional.

Componente Ti:

$$X = \frac{\sum Xi \cdot Zi}{\sum Zi}$$

$$Y = \frac{\sum Yi \cdot Zi}{\sum Zi}$$

Valor de la tendencia regional Ti en cada sección:

$$Ti = \frac{\sum Zi \cdot Ni}{\sum Ni}$$

Para una mejor ilustración damos como ejemplo la sección G5, para el elemento Cu (ver Tabla 1).

La sumatoria de las Zi, dividida por n, nos da el valor medio en Ti, de la sección, que en el ej. es T = 31. o sea:

$$Ti = \frac{\sum Zi}{n} = \frac{245}{8} = 30,6$$

Las coordenadas de Ti se obtienen así:

$$X = \frac{\sum Xi \cdot Zi}{\sum Zi} = \frac{4745,30}{245} = 19,37;$$

$$Y = \frac{\sum Yi \cdot Zi}{\sum Zi} = \frac{9892,45}{245} = 40,38$$

Ti: media aritmética de los tenores de las muestras de campaña correspondientes a una "sección" (valor de fondo).

Zi: tenor de cada muestra.

Xi: abscisa de cada muestra.

Yi: ordenada de cada muestra.

n: número de muestras en cada sección.

Obtenidas mediante las coordenadas la ubicación espacial de la Ti, se trazaron las curvas de isotenor que permitieron verificar la variación del "fondo" a lo largo y ancho de toda el área investigada, ver mapas 1, 2, 3 y 4.

Cumplido este primer paso, se procedió a calcular la componente anómala Ai, que es la medida aritmética de todas las desviaciones positivas de los tenores de las muestras con respecto a Ti, incluidas en una "célula" y que para su ubicación, se calcularon sus respectivas coordenadas X e Y, aplicando la siguiente fórmula y tomando para ello el ejemplo ya señalado para Ti, es decir la "sección" G5, "célula" n° 1:

$$Ai = \frac{n1.a1 + n2.n2 + \dots + Nn.An}{N}$$

$$A_{i_{G5-1}} = \frac{1 \times 0 + 1 \times 4}{1 + 1} = \frac{4}{2} = 2$$

por lo tanto

$$A_{i_{G5-1}} = \frac{\sum a_i}{n} = \frac{4}{2} = 2$$

$A_{i_{G5-1}}$  = valor medio de la anomalía en la "célula 1 de la "sección" G5.

$a_i$ : desviación positiva o anomalía en cada "célula".

El cálculo se efectuó así porque lo que se busca es obtener anomalías positivas, por lo tanto a las desviaciones negativas se les asigna un valor cero cuando se las incluye en el cálculo.

Las coordenadas de las  $A_i$ , se las obtiene con las siguientes fórmulas:

$$X_{G5-1} = \frac{\sum X_i \cdot A_i}{\sum A_i} = \frac{77,08}{4} = 19,27$$

$$Y_{G5-1} = \frac{\sum Y_i \cdot A_i}{\sum A_i} = \frac{166,52}{4} = 41,65$$

En los mapas 1, 2, 3 y 4, se pueden observar sobreimpresas a las curvas de isótenor  $T_i$ , las de anomalías  $A_i$ , que delimitan áreas más pequeñas con valores anómalos de los elementos investigados.

Uno de los objetivos del procedimiento empleado es determinar si existen Valores Residuales que permitan obtener la Componente Residual  $R_i$ . Estas se calculan por diferencias entre la Componente de Anomalía  $A_i$  y las desviaciones positivas. La existencia de componentes residuales indica la presencia de valores significativos de un elemento en el área bajo estudio.

En el ejemplo dado, la componente anómala  $A_{i_{G5-1}}$  es igual a 2 y la desviación positiva es 4, por lo que la componente residual  $R_i$ , para el punto 212 es igual a 2 ( $R_i = 4 - 2 = 2$ ).

En los mapas indicados, se observa en la graficación de las  $R_i$ , que estas tienen una tendencia a juntarse en pequeños grupos de dos o más componentes residuales. De este mo-

do en el trabajo efectuado se han obtenido 13 grupos de dos o más residuales, sobre un total de 26 grupos para el Cu, lo que representa un 50%; 12 grupos de dos o más residuales, sobre 25 grupos, para el Pb, o sea el 48%; 18 grupos de dos o más residuales sobre un total de 27 grupos para el Zn, o sea el 66,6% y finalmente 14 grupos de dos o más residuales, sobre un total de 30 grupos para el Mn, o sea el 46,6%.

A cada grupo de dos o más residuales, se los toma como una pequeña porción de datos, a las cuales se les asigna un sólo valor que está dado por la media aritmética de los valores de los datos significativos que integran el grupo.

En las Tablas 2, 3, 4 y 5, columna 1, se muestra la distribución de los grupos para Cu, Pb, Zn y Mn.

Una vez alcanzada esta etapa, se procedió a aplicar el método para calcular un índice de ponderación, que fuera ideado por los autores del trabajo original, el que está compuesto de dos factores 1) un factor local que representa las condiciones geoquímicas de la "célula" y 2) un factor regional que representa el panorama geoquímico de la "sección", en la que se encuentra incluida la "célula"; el cálculo está ideado de tal forma que se obtenga aproximadamente un mismo peso para ambos factores; para ello se multiplica cada factor por la recíproca de la superficie del área que representa, de esta manera el factor local se lo multiplicó por  $1/2,25 \text{ km}^2$ , lo que da 0,44 y el factor regional por  $1/9 \text{ km}^2$  o sea 0,11 (ver tablas 2, 3, 4 y 5 columnas 4 y 7).

El factor local es el resultado de multiplicar la media de los componentes residuales del grupo,  $M_c$ , por el número de residuales de ese grupo,  $N_c$ . Pero cuando el grupo tiene dos o más porciones de datos, se emplea el término  $2N_c-1$ , en lugar de  $N_c$ , con lo cual se da a este término un mayor peso (ver tablas 2, 3, 4 y 5 - columnas 2 y 4).

El factor regional se lo obtuvo multiplicando el valor del fondo o back-ground de la "sección",  $T_s$ , por el número de residuales que incluye la sección (ver tablas 2, 3, 4 y 5 columnas 5 y 6).

TABLA 1

Elemento: Cu											
Sector	Celda	Punto	X <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub>	Z <sub>i</sub>	Σ X <sub>i</sub> .Z <sub>i</sub>	Σ Y <sub>i</sub> .Z <sub>i</sub>	Coordenadas Ti	A <sub>i</sub> =Z-Ti	R <sub>i</sub> =A <sub>i</sub> -An	An
F <sub>5</sub>	2	170	16.93	41.32	20	338.60	826.40	X = 17.12	5	?	AG <sub>5</sub> -2 ≤ 5 X = 16.93
	3	169	17.50	40.38	10	175.00	403.80	Y = 41.01	-	-	Y = 41.32
					30	513.60	1230.20	T = 15			
G <sub>5</sub>	1	210	19.00	41.50	25	475.00	1037.50		-	-	AG <sub>5</sub> -1 = 2X = 19.27
		212	19.27	41.63	35	674.45	1457.05		4	2	Y = 41.63
	2	211	20.03	41.48	25	500.75	1037.00	X = 19.37	-	-	
	3	214	19.80	40.05	40	792.00	1602.00		9	4.5	AG <sub>5</sub> -3 = 4.5X = 19.80
		217	20.00	39.43	30	600.00	1182.90	Y = 40.38	-	-	Y = 40.05
	4	213	19.12	40.25	30	573.60	1207.50		-	-	
		215	18.50	39.60	30	555.00	1188.00	T = 31	-	-	
	216	19.15	39.35	30	574.50	1180.50		-	-		
				245	4745.30	9892.45		-	-		

Combinando ambos factores, el índice de ponderación queda expresado por la siguiente fórmula:

$$K = 0,44 \cdot Mc (2Nc-1) + 0,11 \cdot Ts \cdot Ns$$

Ejemplo:

Ver grupo 6 en tabla 2, columnas 4, 7 y 8.

$$K = 0,44 \times 1,5 \times 5 + 0,11 \times 24 \times 3 = 3,30 + 7,92 = 11,22$$

Multiplicado por 100 para eliminar decimal da K = 1122

En la tabla 2, se muestran los índices de ponderación para 26 grupos del elemento Cu, los que se han registrado en el mapa N<sup>o</sup> 1. En la tabla 2 bis, se muestra cómo quedan distribuidos los índices de ponderación K, para el Cu, en cuatro rangos o prioridades a saber: 1ra. prioridad, que viene dada por los índices de ponderación cuyo valor está por encima del valor medio de todos los índices de ponderación, que para el Cu, es el siguiente:

$$Cu = \frac{17338}{26} = 666,8$$

o sea desde 667 hasta el de mayor nivel que es de 2145, que corresponde al grupo N<sup>o</sup> 15.

Los restantes valores de K desde el mínimo de 187 del grupo n<sup>o</sup> 12, hasta la media de 667, se los dividió en tres intervalos iguales, con los que se obtuvo rangos de segunda, tercera y cuarta prioridad (ver tabla 2 bis).

La investigación arroja, pues, 9 grupos de primera prioridad o sea el 34% de los agrupamientos residuales detectados, lo que es de especial importancia para la determinación o selección de áreas de interés.

En forma análoga a la descripta para el Cu, se procedió con los otros elementos investigados, cuyos resultados se pueden observar en las tablas y mapas que se acompañan.

#### Análisis de los Mapas de Fondo Geoquímico, Anomalías y Residuales Ejecutados.

##### Fondo geoquímico

Se observa en el mapa n<sup>o</sup> 1, que las curvas de isotenor del fondo o back-ground del Cu, que varía entre 7 ppm y 35 ppm, en la mitad septentrional de la sierra, sigue lineamientos paralelos al eje del anticlinal y su valor crece de este a oeste, con una pendiente progresiva que adquiere su máximo valor de 30 ppm, en

TABLA 2  
CALCULO DEL VALOR DEL INDICE K PARA Cu

Nº del grupo	(1) Nc	(2) 2Nc-1	(3) Mc	(4) $0,44 \cdot Mc(2Nc-1)$	(5) Ns	(6) Ts	(7) 0,11.Ts.Ns	(8) $K=(4)+(7)$	INDICE $K \times 100$
1	1	1	2.5	1.10	1	12	1.32	2.42	242
2	3	5	0.8	1.76	3	13	4.29	6.05	605
3	1	1	2.5	1.10	1	14	1.54	2.64	264
4	2	3	2.5	3.30	2	12	2.64	5.94	594
5	2	3	3.1	4.09	2	17	3.74	7.83	783
6	3	5	1.5	3.30	3	24	7.92	11.22	1122
7	1	1	2	0.88	1	15	1.65	2.53	253
8	2	3	3.2	4.22	2	31	6.82	11.04	1104
9	1	1	1.3	0.57	1	13	1.43	2.00	200
10	1	1	8.4	3.70	1	24	2.64	6.34	634
11	1	1	1.5	0.66	1	17	1.87	2.53	253
12	1	1	1	0.44	1	13	1.43	1.87	187
13	1	1	5.2	2.29	1	13	1.43	3.72	372
14	2	3	6.4	8.45	2	15	3.30	11.75	1175
15	1	1	4.0	17.60	1	35	3.85	21.45	2145
16	2	3	8.2	10.82	2	16	3.52	14.34	1434
17	1	1	2.5	1.10	1	15	1.65	2.75	275
18	1	1	5	2.20	1	18	1.98	4.18	418
19	3	5	4	8.80	3	7	2.31	11.11	1111
20	1	1	3	1.32	1	11	1.21	2.53	253
21	2	3	2.3	3.04	2	9	1.98	5.02	502
22	1	1	18.7	8.23	1	15	1.65	9.88	988
23	2	3	4.2	5.54	2	14	3.08	8.62	862
24	2	3	3	3.96	2	11	2.42	6.38	638
25	2	3	1.5	1.98	2	12	2.64	4.62	462
26	2	3	2	2.64	2	9	1.98	4.62	462
									17338
$\sum K = \frac{17338}{26} = 666,8 = \text{VALOR MEDIO INDICE K}$									

TABLA 2 bis

PRIORIDAD	INTERVALOS INDICE K	Nº de GRUPOS	PORCENTAJE
1ra	2145 - 667	9	34,6 %
2da	666 - 506	4	15,4 %
3ra	505 - 346	5	19,2 %
4ta	345 - 187	8	30,8 %
		26	100,0 %

la zona del contacto entre el Basamento y el Subgrupo Pargua, en el faldeo oriental de la misma. Esta orientación de las curvas cambia en la zona central, haciéndose de noroeste a sudoeste y que a la altura de San Vicente, en el faldeo occidental, adquieren, en un brusco incre-

mento, un valor máximo de 35 ppm., vinculado posiblemente al contacto Basamento-Pargua allí existente, y también a las fracturas escalonadas de la sierra, distribuidas en la parte superior de la cuenca hídrica de la zona; luego las curvas, al pasar de las cumbres hacia el este, decrecen

TABLA 3

## CALCULO DEL VALOR DEL INDICE K PARA Pb

Nº del grupo	(1) Nc	(2) 2Nc-1	(3) Mc	(4) 0,44.Mc(2Nc-1)	(5) Ns	(6) Ts	(7) 0,11.Ts.Ns	(8) K=(4)+(7)	INDICE K x 100
1	2	3	2,3	3,04	2	18	3,96	7,00	700
2	2	3	1,7	2,24	2	17	3,74	5,98	598
3	3	5	1,7	3,74	3	23	7,59	11,33	1133
4	1	1	3,4	1,50	2	25	5,50	7,00	700
5	2	3	1,9	2,51	2	27	5,94	8,45	845
6	3	5	2,3	5,06	4	29	12,76	17,82	1782
7	2	3	1,7	2,24	2	29	6,38	8,62	862
8	1	1	1	0,44	1	33	3,63	4,07	407
9	1	1	4,5	1,98	1	29	3,19	5,17	517
10	3	5	4	8,80	3	28	9,24	18,04	1804
11	1	1	50	22,00	1	40	4,40	26,40	2640
12	1	1	1,5	0,66	1	17	1,87	2,53	253
13	1	1	0,5	0,22	1	19	2,09	2,31	231
14	3	5	1,6	3,52	3	19	6,27	9,79	979
15	2	3	1,6	2,11	2	24	5,28	7,39	739
16	1	1	1,5	0,66	1	22	2,42	3,08	308
17	1	1	8,6	3,78	1	24	2,64	6,42	642
18	3	5	0,3	0,66	3	19	6,27	6,93	693
19	2	3	2,4	6,34	2	21	4,62	10,96	1096
20	1	1	2	0,88	1	21	2,31	3,19	319
21	1	1	7,5	3,30	1	25	2,75	6,05	605
22	1	1	1	0,44	1	21	2,31	2,75	275
23	2	3	3	3,96	2	16	3,52	7,48	748
24	1	1	3,8	1,67	1	20	2,20	3,87	387
25	2	3	4	5,28	2	23	5,06	10,34	1034
									20297

$$\frac{\sum K}{N} = \frac{20297}{25} = 811,8 = \text{VALOR MEDIO INDICE K}$$

TABLA 3 bis

PRIORIDAD	INTERVALOS INDICE K	Nº de GRUPOS	PORCENTAJE
1ª	2640 - 812	9	36,0 %
2da	811 - 618	6	24,0 %
3ª	617 - 424	3	12,0 %
4ta	423 - 231	7	28,0 %
		25	100,0 %

en una suave pendiente que inclina ligeramente hacia el sudoeste.

En el extremo meridional de la sierra, en el faldeo occidental, las curvas de isotonor forman plegamientos o flexuras superpuestas a la zona de contacto Basamento-Pirgua, decreciendo los valores en suave pendiente hacia el sudeste.

Si observamos el mapa nº 2, correspondiente al Pb, podemos ver que en el sector septentrional de la sierra, las curvas de isotonor del fondo, crecen en su valor en forma suave de oeste a este y siguen en rumbo aproximado nort-sud, variando su valor hasta 35 ppm., para luego decrecer por el faldeo oriental, inclinando ligeramente hacia el sud.

TABLA 4

## CALCULO DEL VALOR DEL INDICE K PARA Zn

Nº del grupo	(1) Nc	(2) 2Nc-1	(3) Mc	(4) 0,44.Mc(2Nc-1)	(5) Ns	(6) Ts	(7) 0,11 Ts.Ns	(8) K=(4)+(7)	INDICE Kx100
1	2	3	7,75	10,23	2	32	7,04	17,27	1727
2	2	3	3,6	4,75	2	36	7,92	12,67	1267
3	2	3	6,35	8,38	3	62	20,46	28,84	2884
4	2	3	6,0	7,92	1	66	7,26	15,18	1518
5	1	1	30,3	13,33	1	74	8,14	21,47	2147
6	4	7	2,1	6,47	4	83	36,52	42,99	4299
7	3	5	6,4	14,08	3	61	20,13	34,21	3421
8	1	1	3,5	1,54	1	53	5,83	7,37	737
9	2	3	5,0	6,60	2	47	10,34	16,94	1694
10	1	1	1,5	0,66	1	42	4,62	5,28	528
11	2	3	14,3	18,88	2	39	8,58	27,46	2746
12	3	5	10,3	22,66	3	51	16,83	39,49	3949
13	1	1	3,5	1,54	1	43	4,73	6,27	627
14	2	3	1,5	1,98	2	42	9,24	11,22	1122
15	3	5	10,3	22,66	3	42	13,86	36,52	3652
16	1	1	0,5	0,22	1	29	3,19	3,41	341
17	1	1	4,0	1,76	1	57	6,27	8,03	803
18	2	3	3,0	3,96	2	40	8,80	12,76	1276
19	2	3	4,0	5,28	2	47	10,34	15,62	1562
20	4	7	2,9	8,93	4	44	19,36	28,29	2829
21	1	1	6,8	2,99	1	41	4,51	7,50	750
22	3	5	7,86	17,29	3	57	18,81	36,10	3610
23	2	3	5,0	6,60	2	45	9,90	16,50	1650
24	1	1	10,0	4,40	1	45	4,95	9,35	935
25	1	1	3,0	1,32	1	46	5,06	6,38	638
26	4	7	1,6	4,93	3	34	11,22	16,15	1615
27	1	1	4,5	1,98	2	36	7,92	9,90	990
									49 317

$$\frac{\sum K}{N} = \frac{49317}{27} = 1826 = \text{VALOR MEDIO INDICE K}$$

TABLA 4 bis

PRIORIDAD	INTERVALOS INDICE K	Nº de GRUPOS	PORCENTAJE
1ª	4074 - 1826	9	37,1 %
2da	1825 - 1331	6	22,2 %
3ra	1330 - 836	5	14,8 %
4ta	835 - 341	7	25,9 %
		27	100,0 %

En el sector central, hacia el faldeo occidental y de tal forma que se superpone con la distribución del Cu, el fondo alcanza su valor máximo de 40 ppm., en relación a los mismos factores expuestos para este elemento. Lo mis-

mo se puede expresar en el sector donde los fenómenos estructurales han puesto en contacto el basamento con el Subgrupo Pigua, ya que las curvas de isotenor del fondo presentan flexuras y decrecen en su valor hacia el oeste,

TABLA 5

## CALCULO DEL VALOR DEL INDICE K PARA Mn

Nº del grupo	(1) Nc	(2) 2Nc-1	(3) Mc	(4) 0,44.Mc(2Nc-1)	(5) Ns	(6) Ts	(7) Q.II.Ts.Ns	(8) K=(4)+(7)	INDICE K x 100
1	1	1	50	22	1	350	38,5	60,50	6050
2	1	1	80	35,2	1	380	41,8	77,00	7700
3	1	1	50	22	1	560	61,6	81,60	8150
4	2	3	108	142,6	2	775	170,5	313,10	31310
5	4	7	28	86,2	6	750	495	581,20	58120
6	1	1	667	293,5	1	1000	110	403,50	40350
7	2	3	75	99	2	800	176	275,00	27500
8	1	1	50	22	1	800	88	110,00	11000
9	2	3	7	9,2	2	780	171,6	180,80	18080
10	1	1	100	44	1	550	60,5	104,50	10450
11	1	1	107	47,1	2	586	128,9	176,00	17600
12	3	5	182	404,4	3	640	211,2	615,60	61560
13	2	3	148	195,4	1	575	63,3	258,70	25870
14	2	3	358	472,6	2	743	163,5	636,10	63610
15	1	1	33	14,5	1	633	69,6	84,10	8410
16	3	5	170	374	3	643	212,2	586,20	58620
17	1	1	150	66	1	525	57,8	123,80	12380
18	1	1	200	88	1	780	85,8	173,80	17380
19	1	1	25	11	1	550	60,5	71,50	7150
20	1	1	117	51,5	1	1067	117,4	168,90	16890
21	1	1	356	156,6	1	1340	147,4	304,00	30400
22	3	5	13	65	3	650	214,5	279,50	27950
23	3	5	107	235,4	3	900	297	532,40	53240
24	1	1	100	44	1	825	90,7	134,70	13470
25	1	1	88	38,7	1	1050	115,5	154,20	15420
26	2	3	212	279,8	2	600	132	411,80	41180
27	3	5	69	151,8	3	1287	424,7	576,50	57650
28	2	3	50	66	2	1200	264	330,00	33000
29	2	3	125	165	2	750	165	330,00	33000
30	1	1	178	78,3	1	825	90,7	169,00	16900
									830400

$$\frac{\sum K}{N} = \frac{830400}{30} = 27680 = \text{VALOR MEDIO INDICE K}$$

TABLA 5 bis

PRIORIDAD	INTERVALOS INDICE K	Nº de GRUPOS	PORCENTAJE
1ª	63610 - 27680	13	43,3 %
2da	27679 - 20469	2	6,7 %
3ra	20468 - 13258	7	23,3 %
4ta	13257 - 6050	8	26,7 %
		30	100,0 %

siguiendo un comportamiento que acompaña el Cu.

En el mapa nº 3, corresponde al Zn, se puede ver que en la parte septentrional de la sierra, los alineamientos de las curvas de isotenor del fondo se ubican con rumbo paralelo al de la misma, creciendo en su valor suavemente de oeste a este, mientras que en el tercio meridional, dichas curvas decrecen en suave pendiente hacia el sud, cerrándose en un amplio arco hacia el noreste. El valor del fondo, varía entre 29 ppm y 83 ppm, y ambos se presentan en el faldeo oriental de la sierra.

Finalmente en el mapa nº 4 perteneciente al Mn, se puede observar que en el extremo norte de la sierra, las curvas de isotenor del Mn, siguen una traza transversal al rumbo de la misma, mientras que en el sector central, este se hace de noreste a sudoeste y en el tercio meridional, vuelven a hacerse transversales pero con bruscos cambios de rumbo, lo que puede vincularse con los cambios litológicos de la zona de contacto Basamento-Pirgua. El valor del fondo del Mn, varía entre un mínimo de 350 ppm en la zona norte de la sierra y un máximo de 1287 ppm, en el faldeo occidental del sector meridional de la misma, próximo a la fractura de rumbo noreste-sudoeste, por la cual corre el arroyo Agua Chiquita, que en su desembocadura en el río Loro, presenta mineralización de Mn, en la brecha aflorante.

### Anomalías

En el mapa nº 1, se pueden ver las curvas de anomalías del Cu, sobreimpresas con contornos muy finos, con los valores del fondo de traza más gruesa. Se puede identificar en toda la extensión de la sierra, zonas con valores de la componente anómala que van desde 0,3 a 25 ppm, siendo la de mayor significación la que se ubica en la "célula" D-9-1, en la cuenca superior de la Quebrada de Bobayaco y directamente en el contacto Basamento-Pirgua, extendiéndose con forma elongada de noreste a sudoeste, sobre la primera formación, presentando un valor máximo de 25 ppm. Otros

focos de menor relevancia se distribuyen sub-paralelamente en la parte septentrional de la sierra y también en forma irregular en la meridional, predominando valores anómalos en las zonas de contacto Basamento-Pirgua.

En el mapa nº 2, se observa que las componentes anómalas del Pb, se distribuyen aproximadamente en forma superpuesta a los focos ya descriptos para el Cu, incluyendo una amplitud similar en los valores obtenidos que se extienden desde 0,5 ppm a 25 ppm, correspondiendo este último a la misma "célula" D-9-1. Se presentan dos focos de baja anomalía en la parte septentrional de la sierra: otro alargado de norte a sud en el faldeo occidental del tercio superior de la sierra, sobre rocas de Basamento próximo al contacto con el Subgrupo Pirgua. En el tercio sud, faldeo oriental, sobre rocas del Subgrupo Pirgua, se observa otro foco anómalo, relacionado probablemente al sistema de fractura que existen en la parte superior de la cuenca. Finalmente en el extremo sudeste de la sierra, se presenta otro foco anómalo sobre rocas del Subgrupo Pirgua, que están intruidas por vulcanitas.

El mapa nº 3, correspondiente al Zn, repite las mismas características de distribución de los focos anómalos ya vistos para el Cu y el Pb. También para este elemento observamos que el valor más alto de la componente anómala de 19 ppm está ubicado en el sector medio del faldeo occidental de la sierra, con lo que se muestra que estos tres elementos están íntimamente ligados en su distribución areal en toda la extensión de la misma.

En el mapa Nº 4, que representa la distribución del Mn, las anomalías se presentan en varios focos, que, una vez más, vemos que coinciden con los dibujados para el Cu, Pb y Zn en los otros mapas interpretados. Se observa que los tres principales centros de anomalías se presentan en una alineación de noreste a sudoeste en el sector medio de la sierra. El valor máximo de la componente anómala del Mn es de 333 ppm.

### Residuales

Los cuatro elementos investigados presen-

tan valores positivos de la componente Residual, distribuidos en agrupamientos compuestos de dos o más puntos con valores residuales, con su correspondiente índice de ponderación K, que posibilitó clasificar estos grupos en pequeñas áreas de primera, segunda, tercera o cuarta prioridad.

Si observamos los mapas 1, 2, 3 y 4, se puede ver que la distribución de estos pequeños grupos de residuales, se corresponden entre sí para los cuatro elementos investigados, demostrando una vez más que, en el área prospectada, la presencia de uno de ellos involucra la de los otros tres, aunque ello pueda variar en algunos casos en el grado de prioridad resultante, no obstante lo cual, en la mayoría de ellos se da una superposición en la prioridad misma de cada grupo.

Se observa asimismo que el mayor número de grupos de primera prioridad se presenta en la parte septentrional de la sierra, vinculados o próximos a las zonas de contacto de Basamento-Pirgua.

### Áreas de interés seleccionadas

Teniendo en cuenta la información procesada y los mapas obtenidos, se procedió para cada elemento a seleccionar las áreas de máximo interés, en base a la presencia de zonas residuales ponderadas como de primera prioridad y a la vecindad de otras de segunda o tercera prioridad. Se consideró asimismo los factores geológicos, topográficos e hidrológicos que en conjunto posibilitaron determinar la ubicación y extensión de estas áreas de interés, las que en su mayor parte coinciden en su ubicación espacial y superficial, para los cuatro elementos investigados.

Si bien el método empleado fue ideado para identificar blancos de perforación, los autores del presente trabajo consideraron que el mismo podría ser un valioso auxiliar para detectar áreas de interés, que redujesen considerablemente la amplitud superficial total prospectada, sobre la cual se pueda ulteriormente volcar un esfuerzo de trabajos detallados, con

el auxilio de otras ciencias como la geofísica, con sus métodos de polarización inducida o magnéticos-magnetométricos con los que se podría combinar, de resultar recomendable, la ejecución de perforaciones exploratorias.

Los resultados obtenidos confirmaron ampliamente las expectativas en él depositadas, como se puede apreciar en los mapas respectivos: mapa n° 1, para Cu, 6 áreas de interés con un total de 28,19 km<sup>2</sup>, lo que representa tan sólo el 3,45% del total prospectado que fue de 840 km<sup>2</sup>; mapa n° 2, Pb, 6 áreas con 28,19 km<sup>2</sup> y el 3,36% del total; mapa n° 3, Zn, 6 áreas con 26,71 km<sup>2</sup> y un 3,18% del total y el mapa n° 4, Mn, con 9 áreas que totalizan 59,02 km<sup>2</sup>, o sea el 7,03% de la superficie total.

### Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, con una marcada uniformidad para los cuatro elementos investigados, confirman la bondad del método aplicado, con un útil instrumento para seleccionar áreas de interés en prospecciones geoquímicas de gran extensión.

Se confirma asimismo que en el ambiente geológico prospectado estos cuatro elementos, Cu, Pb, Zn y Mn, presentan en su distribución un comportamiento casi similar, lo que posibilita tomarlos como elementos guías entre sí.

Se recomienda llevar a cabo en las áreas de interés seleccionadas, trabajos de relevamiento geológico y topográfico detallados en escala 1:2.000, con toma de muestras litoquímicas en reticulado o en perfiles transversales cada 100 m; detalle y medición de micropliegues.

Descripción de toda zona de alteración hidrotermal o con mineralización que se detectare y estudios geofísicos magnéticos, si los resultados que se obtuviesen, hicieran recomendable su aplicación.

## BIBLIOGRAFIA

- BOSSI, G.E., 1969. Geología y Estratigrafía del Sector Sur del Valle de Choromoro.- Acta geol. lilloana 10: 17-64.
- BUSIGNANI, REYNOSO, M., SUAYTER, L.E. y URDANETA, A., 1971. Prospección Geoquímica de la Sierra de La Ramada, provincia de Tucumán. Arg. I Simposio nac. de geol.económ. San Juan 1: 15-24.
- URDANETA, A. y SUAYTER, L.E., 1977. Prospección Geoquímica de la Sierra del Campo. prov. Tucumán. Arg.- Acta geol. lilloana 13, 4: 131-168.
- DE GEOFFROY, J., WU, S.M. y HEIMS, R.W., Selection of Drilling Targets from geochemical Data in Southwest Wisconsin Zin Area.- Econ. Geol. 63, 787-795.
- MENDEZ, I. y VIVIER, M., 1973. Estudio micropaleontológico de sedimentitas de la Formación Yacoraité (prov. Salta y Jujuy). Actas V Cong. Geol. Argent. 3, 467-470.
- MON, R. y URDANETA, A., 1972. Introducción a la geología de Tucumán.- Revta Asoc. geol.argent. 27: 309-329.
- MORENO, J.A., 1970. Estratigrafía y Paleogeografía del Cretácico Superior de la cuenca del Noroeste argentino, con especial mención del Subgrupo Balbuena y Santa Bárbara.- Rvta Asoc. geol. argent. 25: 9-44.
- PASCUAL, R. y ORDEMAN RIVAS, O., 1973. Las unidades estratigráficas del Terciario portadores de mamíferos. Su distribución y sus relaciones con los acontecimientos diestróficos.- Acta geol. lilloana. 3: 280-293.
- PEIRANO, A., 1957. Estratigrafía y Tectónica de la parte meridional del Valle Alto del Río Salí o Valle de Choromoro, Dto. Capital y Trancas, prov. de Tucumán.- Acta geol. lilloana. 1: 5-60.
- PORTO, J.C. y DANIELI, C.A., 1974. Geología del sector NW de Trancas prov. de Tucumán.- Acta geol. lilloana 12, 12: 189-230.
- REYES, F.C. y SALFITY, J.A., 1973. Consideraciones sobre la estratigrafía del Cretácico, Subgrupo Pirgua, en el NW argentino. Actas V Cong. Geol. Argent. 3: 355-381.
- RUIZ HUIDOBRO, O.J., 1960. El Horizonte Calcáreo-dolomítico en la provincia de Tucumán.- Acta geol. lilloana 3: 147-171.
- SANDELL, E.B., 1959. Colorimetric determination of traces of metals. Intersc. Publish Inc. New York.