

MEDICIÓN DE ALGUNOS ELEMENTOS METÁLICOS EN ROCAS DEL DISTRITO MINERO DE GUANAJUATO, GTO., MÉXICO

SURENDRA PAL*

RESUMEN

El presente trabajo es continuación de un estudio geoquímico (Pal, 1972) en el área de Guanajuato, México. Esta zona se caracteriza por contenidos altos de cobre y zinc pero contenidos normales de Li y Ba.

ABSTRACT

The present work is a continuation of a geochemical study (Pal, 1972) in the Guanajuato area of Mexico. This area is characterized by high Cu and Zn abundances but normal contents of Li and Ba.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la distribución de elementos químicos en rocas del área de Guanajuato forma parte de un programa general de estudios geoquímicos en la República Mexicana. El propósito principal del presente trabajo no es la búsqueda o exploración de metales sino un paso más para un mejor entendimiento de su comportamiento y distribución en diferentes tipos de rocas.

DETALLES EXPERIMENTALES

Se lavaron las muestras de rocas con agua destilada y desionizada. Después se pulverizaron y se tomaron fracciones cuarteadas para este análisis. Se

* Instituto de Geofísica, UNAM.

usaron técnicas ya establecidas para convertir las muestras pulverizadas en soluciones. Se prepararon soluciones patrones de diferentes elementos a partir de sustancias químicas de pureza analítica (Merck). Se empleó un espectrómetro digital de absorción atómica modelo 403 de Parkin-Elmer. La reproducibilidad de mediciones en duplicado o triplicado fue dentro del 10%.

GEOLOGÍA DEL ÁREA Y LOCALIZACIÓN DE MUESTRAS

La geología de esta área se puede encontrar en Guiza *et al.* (1949) y Echegoyen *et al.* (1970). Un breve resumen de ella está dado por el autor en otra parte (Pal, 1972). Un mapa del área se presenta en la fig. 1, donde se pueden ver las localizaciones de las muestras usadas en este estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de estas mediciones se presentan en las Tablas 1 y 2 para rocas ígneas y sedimentarias respectivamente. Algunos promedios obtenidos para rocas de esta área se dan en la Tabla 3.

La geoquímica de cobre se ha resumido por Wedepohl (1970a). A grandes rasgos, en rocas basálticas y peridotíticas, el mineral común que más contenido tiene de cobre (40-50 ppm) es el olivino; cuando otros minerales tales como piroxena, hornblenda, espinel o granate en rocas ultrabásicas comunes no contribuyen en forma significativa al contenido de cobre en estas rocas. Intrusiones ultramáficas a máficas se encuentran asociadas frecuentemente con sulfuros de Ni y Cu, así que existe una buena correlación de estos elementos en intrusiones ricas en sulfuros. Excluyendo ciertas rocas muy ricas en cobre, el promedio de las concentraciones de cobre reportadas en rocas ultramáficas es de 47 ppm Cu, siendo únicamente como la mitad de la concentración encontrada en condritas ordinarias. Se ha estimado una concentración de 96 ppm Cu en el material no-empobrecido del manto superior, mismo que no ha sufrido todavía una fusión parcial. Por otro lado, la media aritmética de 1674 determinaciones de cobre en basaltos es de 90 ppm Cu. Sin embargo los basaltos y gabros con 40 o 60 ppm Cu son los más abundantes. Por otro lado, existen pocos datos sobre rocas alcalinas, que indican sus contenidos de Cu generalmente entre 4 y 40 ppm. Debido a su composición mineralógica y a su génesis, se espera que las dioritas y andesitas sean intermedias en cuanto a sus concentraciones de

E X P L A N A T I O N

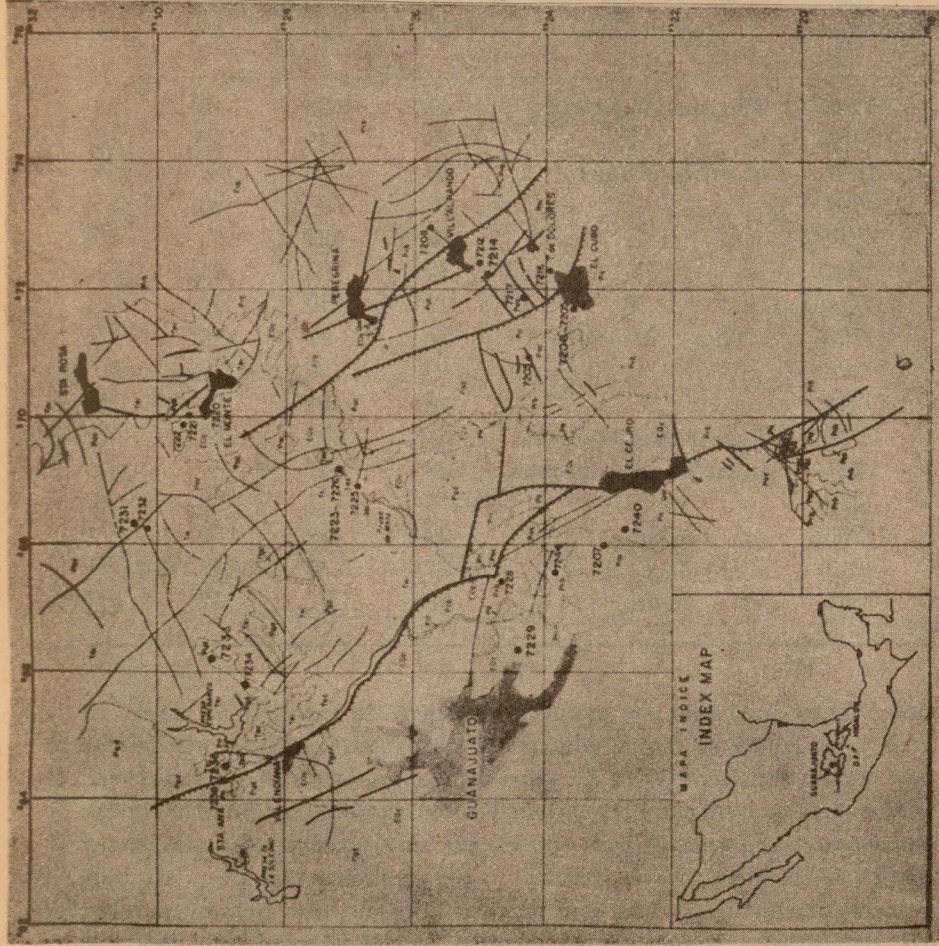
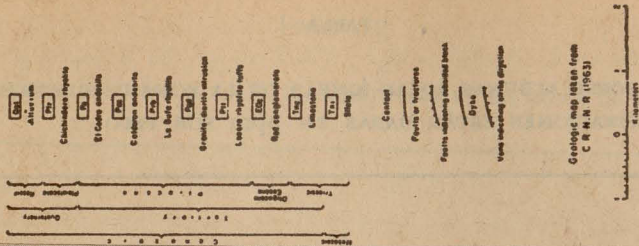


Fig. 1. Mapa geológico de la región de Guanajuato, indicando las localizaciones de las muestras.

TABLA 1

DATOS SOBRE ALGUNAS ROCAS ÍGNEAS DE LA ZONA DE GUANAJUATO. (LAS CONCENTRACIONES ESTÁN DADAS EN ppm POR PESO)

Número de muestra	Tipo de roca	Cu	Zn	Li	Ba
7240	Andesita 'El Cedro'	47	123	48	554
7206	"	28	101	56	784
7217	Andesita Calderón	23	60	67	546
7207	"	16	106	58	565
7216	"	98	431	77	409
7231	"	32	90	81	855
7214	"	23	159	70	530
7208	Riolita 'La Bufa'	22	42	20	750
7228	"	19	96	33	652
7244	"	19	68	38	264
7236	Toba riolítica Lucero	61	875	83	1290
7221	Intrusivo granito-diorita	203	27	37	12
7233	"	15	31	22	295
7203	Dique	22	127	53	530
7217	"	27	62	83	260
7238	Veta Madre	68	112	32	<5

cobre, entre los basaltos y granitos. El rango de variación de cobre en dioritas y andesitas es tan amplio como para rocas máficas, pero parece ser que las muestras con 10 a 20 ppm de Cu son algo comunes. Existen diferencias apreciables entre los promedios de dioritas de diferentes áreas, observación que puede indicar diferencias en el origen de estas rocas. Las medias aritméticas de 80 dioritas y 230 andesitas son 50 y 55 ppm Cu respectivamente. Las rocas graníticas son mucho más pobres en cobre que las basálticas y gabroicas. La mayoría de las rocas graníticas, riolitas, obsidianas y dacitas contiene hasta 10 ppm de Cu. El promedio aproximado para rocas graníticas es probablemente entre 12 y 15 ppm de Cu.

TABLA 2

DATOS SOBRE ALGUNAS ROCAS SEDIMENTARIAS DE LA ZONA DE GUANAJUATO

Número de muestra	Tipo de roca	Cu	Zn	Li	Ba
7223	Caliza	10	36	89	193
7234	"	48	124	96	155
7226	"	202	46	16	104
7232	Lutita	35	372	13	155
7220	"	142	239	32	2710
7225	"	112	196	27	918
7229	Conglomerado Rojo	36	56	142	71
7222	"	38	140	104	161

TABLA 3

ALGUNOS PROMEDIOS PARA LAS ROCAS DE GUANAJUATO

Tipo de roca	(n)	Cu	Zn	Li	Ba
Andesita	(7)	38 ± 28	153 ± 126	65 ± 12	606 ± 156
Riolita	(3)	20 ± 2	69 ± 38	30 ± 9	555 ± 257
Caliza	(3)	87 ± 102	69 ± 48	67 ± 44	151 ± 45
Lutita	(3)	96 ± 55	270 ± 92	24 ± 10	1261 ± 1312

(n) Es el número de muestras analizadas para cada tipo de roca.
 ± significa una desviación estándar del promedio obtenido para cada grupo de rocas.

Las dacitas, riolitas y obsidianas contienen generalmente 6 ppm de Cu; la media aritmética de los datos sobre estas rocas es de 9 ppm Cu.

De las rocas sedimentarias, un gran número de lutitas contienen cobre entre 20 y 40 ppm. La media aritmética para más de 2000 muestras es de 39 ppm Cu. Las rocas argiláceas bituminosas se caracterizan por lo general por un alto contenido de cobre en comparación con rocas no-bituminosas. La concentración media de cobre en rocas bituminosas (355 muestras) es de 95 ppm Cu. Las lutitas negras (779 muestras individuales), representando gran variedad de ambientes geológicos, dan un promedio de 70 ppm Cu. Las arcillas y lutitas contribuyen de 3.5 a 5 ppm Cu como una fracción insoluble a rocas carbonatadas comunes, ya que el contenido de silicatos y óxidos en calizas es entre 10 y 15% y aquéllas contienen ~35 ppm Cu. Tomando en cuenta también la fracción carbonatada, se puede estimar un promedio de 4 a 6 ppm de Cu para las rocas carbonatadas. Sin embargo, estas rocas pueden contener localmente cobre de un origen secundario. La media aritmética de 2633 rocas compiladas por Wedepohl (1970a) es de 6 ppm Cu.

En cuanto al área de Guanajuato, casi todas las rocas, tanto ígneas como sedimentarias, presentan un alto contenido de cobre, por lo que se trata de una "provincia" rica en cobre.

La geoquímica del zinc está descrita por Wedepohl (1970b). En la recopilación, este autor da un promedio de 56 ppm Zn en peridotitas de espinel. Este valor es muy cercano al promedio de Zn en condritas ordinarias, por lo que no se espera encontrar diferencias apreciables en los contenidos de zinc en el manto superior de la Tierra y las condritas ordinarias. Las serpentinitas contienen casi el mismo promedio de zinc que las peridotitas (sean de tipo espinel, que se originan a presiones menores de 20 Kbar, o de tipo granate, que se originan a presiones superiores a 20 Kbar). Esto indica que no ocurre ninguna pérdida o ganancia durante el proceso de serpentización. En las rocas basálticas y gabbroicas, el zinc se encuentra principalmente en la fracción de magnetita. Con los datos compilados, parece ser que no existen diferencias sistemáticas en el contenido de zinc entre gabros y basaltos, entre basaltos tholeiíticos de cuarzo y de olivino, entre basaltos tholeiíticos continentales y oceánicos, entre basaltos tholeiíticos y alcalinos, entre basaltos y metabasaltos (espilitas, etc.). En basaltos, parece que sí existe una correlación entre zinc y fierro. El rango de los promedios de zinc encontrados por diferentes autores en diferentes áreas no es muy grande, ya que la mayoría de los valores está entre 80 y 120 ppm, dando un promedio aproximado de 100 ppm Zn para todos los datos.

Por otro lado, las rocas intermedias dan un promedio de ~ 70 ppm Zn (132 determinaciones en andesitas y dioritas). Además, no existen diferencias sistemáticas en el contenido de zinc entre andesitas y dioritas y el rango de variación en los promedios no es muy amplio. Tratándose ahora de rocas graníticas, la abundancia de zinc está controlada por sus contenidos de biotita y/o amfíbolos. Así que las rocas graníticas de color claro contienen por lo general menos zinc que las rocas de color oscuro. Los promedios del contenido de zinc en rocas de diferentes localidades se encuentran generalmente entre 30 y 70 ppm Zn. 482 análisis en granitos dan un promedio de 48.0 ppm y 624 análisis de granodioritas un valor de 52.4 ppm Zn. Se debe mencionar que existe una acumulación de zinc en riolitas alcalinas tales como comanditas y panteleritas. Esto es aún más alto en sinitas de nefelinas.

En las rocas sedimentarias, el contenido de minerales de fierro parece controlar la abundancia de zinc en estas rocas. Los promedios son 120 ppm Zn para lutitas, 105 ppm para greywackes, 95 ppm para lutitas con bajo contenido de materia bituminosa, 200 ppm para lutitas con alto carbón orgánico, 130-150 ppm en arcillas pelágicas, 20 ppm para calizas y 30 ppm en areniscas de cuarzo y arkosas.

El área de Guanajuato parece ser rica en zinc también, ya que los promedios en todos los tipos de rocas de esta área son altos en comparación con los datos antes mencionados.

Los datos sobre litio se encuentran recopilados por Heier y Billings (1969). El ion Li^+ , siendo pequeño (en comparación con Na^+ o K^+), puede reemplazar al Mg^{2+} (y Fe^{2+}) en minerales, de tal manera que la geoquímica del litio difiere bastante de la geoquímica de otros elementos alcalinos, así que el litio se encuentra en los minerales de silicatos de tipo fémico. Además, se ha establecido la ocurrencia de un cambio sistemático en el contenido de litio y el incremento en la razón de Li/Mg con diferenciación. BEUS (1964) ha presentado promedios de litio en rocas ígneas que son 2 ± 1.5 para rocas ultramáficas de olivino y olivino-piroxena; 15 ± 5 para ultramáficas de piroxena-amfíbolos y 14 ± 1 para basaltos, 18 ± 5 para gabros, 18 ± 3 para andesitas, 27 ± 3 para dioritas, 38 ± 4 para granitos, 38 ± 8 para granodioritas.

Los minerales arcillosos y silicatos detríticos deben contener la mayoría del litio en rocas sedimentarias de tipo carbonatos, ya que la sustitución de Ca ó Mg por álcali es difícil de realizar en minerales de tipo carbonato. Los promedios de litio en calizas son entre 5 y 7.5 ppm Li. Sin embargo, se han encontrado valores mucho más altos de litio (1-1000 ppm; promedio

37 ppm) en rocas sedimentarias (carbonatos) de Escocia. Las lutitas (204 análisis) han dado un promedio de 76 ± 3.7 ppm Li (rango 4-400 ppm).

Los valores de litio encontrados en las rocas de Guanajuato no demuestran ninguna tendencia general en cuanto a la característica de la "provincia", ya que algunas tienen contenidos más altos que los que indica la literatura y otras presentan contenidos más bajos.

La geoquímica del bario se puede encontrar en Buchelt (1972). Los promedios dados para diferentes tipos de rocas son: de 9 a 25 ppm Ba para rocas ultrabásicas, 15 para basaltos tholeiíticos oceánicos, 246 para tholeiíticos continentales y rocas gabroicas, 613 para basaltos alcalinos, 1177 para rocas intermedias efusivas, de 1000-1976 para rocas alcalinas, de 811-888 para rocas graníticas altas en Ca y 732 para granitos bajos en Ca. En rocas sedimentarias, las de tipo carbonato tienen un promedio de 90 ppm Ba con un rango bastante amplio de 1-10 000 ppm para valores individuales. El contenido de bario en lutitas varía entre 250 y 800 ppm con un promedio de ~ 546 ppm Ba. Las areniscas y graywackes contienen de 5 a 900 ppm, con un promedio de 316 ppm Ba.

Una comparación de datos de bario en Guanajuato con estos valores, no demuestra tampoco ninguna tendencia general para este elemento.

Se espera que estos datos sobre los elementos Cu, Zn, Li y Ba combinados con los de otros elementos químicos permitan en el futuro entender el origen y génesis de estas rocas, así como también que estudios similares llevados a cabo en otras áreas de la República Mexicana proporcionarán información de nivel regional.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Fís. E. Camarillo la ayuda prestada en las mediciones de absorción atómica.

BIBLIOGRAFÍA

- BEUS, A. A., 1964. Distribution of lithium in igneous rocks. *Geochem. Internat.*, 808-811.
- BUHELDT, H., 1972. Barium *In Handbook of Geochemistry*, vol. II-3. (Editor principal K. H. Wedepohl), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- ECHEGOVEN, S. J., M. S. ROMERO y S. S. VELÁZQUEZ, 1970. Geología y Yacimientos Minerales de la Parte Central del Distrito Minero de Guanajuato, CRNNR, Boletín 75: 36 p.

- GUIZA, R., Jr., F. C. RENDÓN y J. J. B. BALTIERRA, 1949. Estudio Geológico del Distrito Minero de Guanajuato, Gto. (Zona de la veta Madre). Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales, Boletín núm. 22: 75 p.
- HEIER, K. S. and G. K. BILLINGS, 1969. Lithium. *In Handbook of Geochemistry*, vol. II-1. (Editor principal K. H. Wedepohl), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- PAL, S., 1972. Reconnaissance Geochemistry of some Rocks of the Guanajuato Mineral District, Mexico. *Geofis. Inter.* 12: 163-199.
- WEDEPOHL, K. H., 1970a. Copper. *In Handbook of Geochemistry*, vol. II-2. (Editor principal K. H. Wedepohl), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- WEDEPOHL, K. H., 1970b. Zinc. *In Handbook of Geochemistry*, vol. II-2. (Editor principal K. H. Wedepohl), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.