NOTAS SOBRE LAS PERSPECTIVAS PARA EL DESCUBRIMIENTO DE DISTRITOS CUPRIFEROS EN LA REPUBLICA MEXICANA *

GEORGES ORDÓÑEZ **

Quiero agradecer a la Sociedad de Estudiantes de Ingeniería de Minas y Metalurgia de la Universidad Nacional Autónoma de México, el haberme seleccionado para iniciar esta serie de conferencias durante las cuales tendremos la oportunidad de escuchar algunas opiniones relacionadas con las perspectivas mineras en nuestro país. Además, es muy grato para mí el poder conocer mejor y convivir, aunque sea por un momento, con los futuros profesionistas y estrechar así los lazos que nos deben unir a ellos.

Durante esta plática, voy a tratar de exponer brevemente algunos conceptos de orden estadístico relacionados con la industria extractiva del cobre, y además expondré brevemente la geología de la gran provincia metalogenética cuprífera de norte y sud América, con énfasis en aquellos factores que pudieran tener alguna influencia o relación con las condiciones geológicas y por consiguiente, con las perspectivas para el descubrimiento de distritos cupríferos importantes en nuestro territorio.

Hace algunos años se hizo un estudio estadístico * del consumo de los minerales básicos como son el plomo, zinc y cobre y posiblemente de algunos otros que para el objeto que persigo no tiene importancia mencionar, y como resultado de este estudio se elaboraron unos diagramas que a grandes rasgos y generalizando, a continuación reproduzco (figuras 1, 2, 3, 4).

Estos diagramas representan el consumo anual mundial de cada uno de los metales que nos ocupan; los ejes representan respectivamente, toneladas de consumo en las absisas y tiempo en las ordenadas. Quiero hacer notar, primero, que el tiempo de iniciación de cada curva coincide simplemente

---

* Conferencia sustentada en la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M.

** Geólogo Consultor.

* Sam Lasky.—Comunicación personal.

con el primer año en que se cuenta con datos de consumo mundial para cada metal, y por consiguiente, esta fecha no es la misma en las tres curvas; y segundo, que he omitido expresamente en estos diagramas las escalas sobre los ejes, pues ni el monto del consumo, ni el período de tiempo que tienen en uso los metales son de importancia para la discusión que voy a hacer. Lo importante es la forma de la curva.

Es importante hacer notar además que las curvas se han corregido en tal forma que las grandes irregularidades en el consumo de los metales se han eliminado para dar uniformidad a la curva. Se considera que mediante este proceso no se ha alterado su pendiente o gradiente a largo plazo y en cambio su forma adquiere mayor significado.

La primera impresión que se tiene al examinar estas curvas es una notable similitud en su forma. Durante los primeros años representados en ellas, las necesidades mundiales de estos metales no eran grandes y el consumo iba en aumento muy paulatinamente hasta llegar a un momento en que se experimentó un fuerte incremento en la demanda, representado en la curva por el tramo de mayor pendiente. Este ritmo de aumento en el consumo se conservó durante un período de tiempo más o menos largo y de distinta duración en cada uno de los metales, después del cual el incremento en el consumo anual tiende a disminuir. Esta disminución se reflejó por un abatimiento en la curva que en el caso de algunos metales ha llegado a estabilizarse en un gradiente uniforme. Es decir, que la curva se puede dividir en tres períodos que llamaremos, primero, el período de consumo inicial, segundo, el período de gran desarrollo y tercero, el período de estabilización.

Ahora bien, el período de desarrollo inicial indudablemente es de diferente duración para cada uno de los metales que nos ocupan debido a numerosas causas entre las que podemos contar, principalmente, las dificultades iniciales en su fundición; la relativa abundancia de materia prima y por consiguiente la facilidad de abastecimiento, y por último, y de manera muy importante, la demanda del metal en el momento. Asimismo la duración del período de gran desarrollo varía en los diferentes metales, pero la forma de la curva en general es notablemente similar en los tres casos.

Completando este breve análisis es notorio que el consumo mundial de plomo y zinc ha llegado a un grado de estabilización más avanzado que el cobre. Es decir, que el plomo y el zinc han llegado a una mayor madurez. Esto a pesar de que el hombre utilizó el cobre mucho antes que llegara a aprovechar el plomo y el zinc.

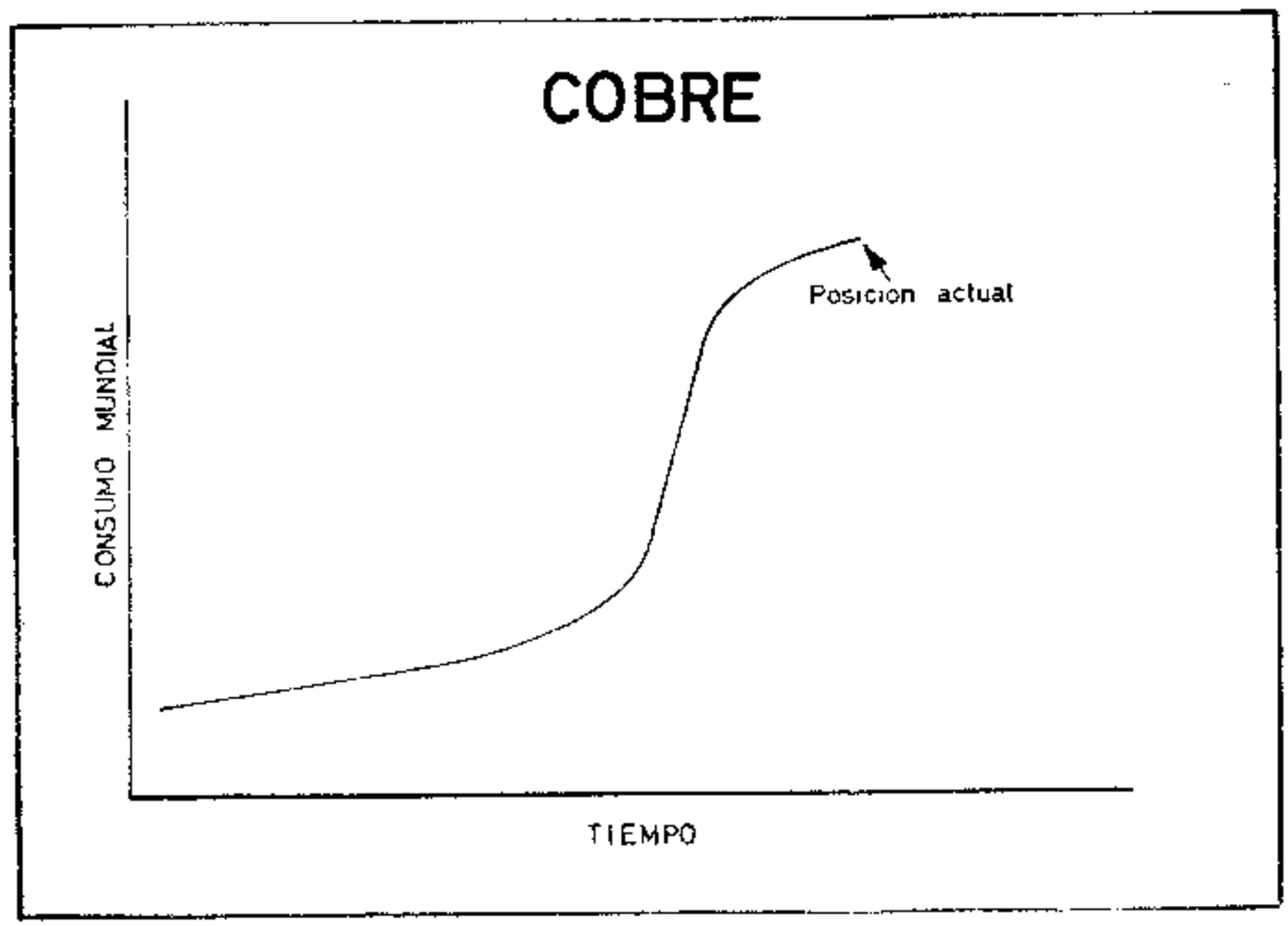

Fig. 1

Son muy diversas las hipótesis que se han propuesto para explicar esta diferencia en la madurez de los metales o de sus mercados y me tomaría más tiempo del que tengo disponible el intentar la discusión de estas diferentes teorías. Basta decir que algunos economistas argumentan que el abatimiento en el consumo es debido a una saturación del metal en el mercado. Otros atribuyen el descenso a una sustitución en el uso del metal por otro u otros, ya sea más baratos o más dóciles, o como ha pasado en nuestros días, por substancias químicas elaboradas, como los plásticos, que por su bajo costo han venido a reemplazar a algunos metales en ciertos usos específicos, a pesar de no tener en su totalidad las características de los metales que sustituyen.

Muy diversas son también las predicciones que se han hecho acerca del posible comportamiento de los mercados en el futuro. Se pueden resumir, sin embargo, en dos hipótesis importantes. En la primera se adelanta la idea de que la curva de consumo mundial conservará un gradiente leve y quizás podría llegar a la horizontalidad. En la segunda se predice que el consumo anual del metal tendrá tendencia a disminuir.

En resumen, el plomo y el zinc han llegado a una madurez más avanzada que el cobre, y por consiguiente las perspectivas para un aumento en el consumo mundial de cobre son más halagadoras que las que se pueden preveer o estimar para el plomo o el zinc. Esta firmeza en la demanda del cobre forzosamente da como resultado una mayor estabilidad en el precio del metal en comparación con las fluctuaciones que normalmente pueden esperarse en los mercados del Plomo y Zinc. En otras palabras, desde un punto de vista puramente estadístico, y sin entrar en consideraciones de orden económico de inversión y costos, es más halagador el panorama para el futuro de un productor de cobre que para aquellos que extraen plomo y zinc.

Nuestro territorio, favorecido como lo es por condiciones óptimas para la formación de concentraciones minerales, ha sido explorado desde épocas remotas en busca de aquellos metales cuya demanda hacía su extracción altamente provechosa. Los metales preciosos, el oro y la plata, se encuentran en la naturaleza en forma de metal nativo, y siendo inconfundibles y fáciles de localizar fueron objeto de largos e intensos trabajos de exploración con resultados notoriamente exitosos principalmente en lo concerniente a minerales de plata. Debido a la asociación natural de la plata con el plomo, este último con el zinc, fue secuencia lógica y natural que se encontraran y desarrollaran con ímpetu los distritos mineros productores de plata, plomo y zinc. En mi concepto, sin embargo, poco se ha hecho en lo concerniente a una búsqueda juiciosa y firme de minerales cupríferos, y quiero ahora señalar a grandes rasgos algunos conceptos geológicos de orden continental, que indican con bastante claridad que nuestro territorio presenta posibilidades excelentes para el descubrimiento de importantes yacimientos de cobre.

Un fuerte porcentaje, más del 60%, de la producción de cobre mundial proviene de una gran faja fuertemente mineralizada que se extiende a lo largo de la costa occidental de los continentes de norte y sud América. En esta zona se han encontrado un gran número de importantes distritos mineros que producen principalmente minerales cupríferos además de otros minerales en mayor o menor cantidad. Esta zona fuertemente mineralizada que se ha llamado la "Provincia Metalogenética de la Cordillera Occidental de Norte y Sud América" (Figs. 5 y 6), se caracteriza por una gran semejanza en las condiciones geológicas, tanto históricas como mineralógicas y estructurales en toda extensión.

Un ligero análisis de los planos geológicos a lo largo de esta gran provincia metalogenética revela que los grandes movimiento o fenómenos geológicos que la caracterizan acaecieron más o menos en concurrencia, y dieron

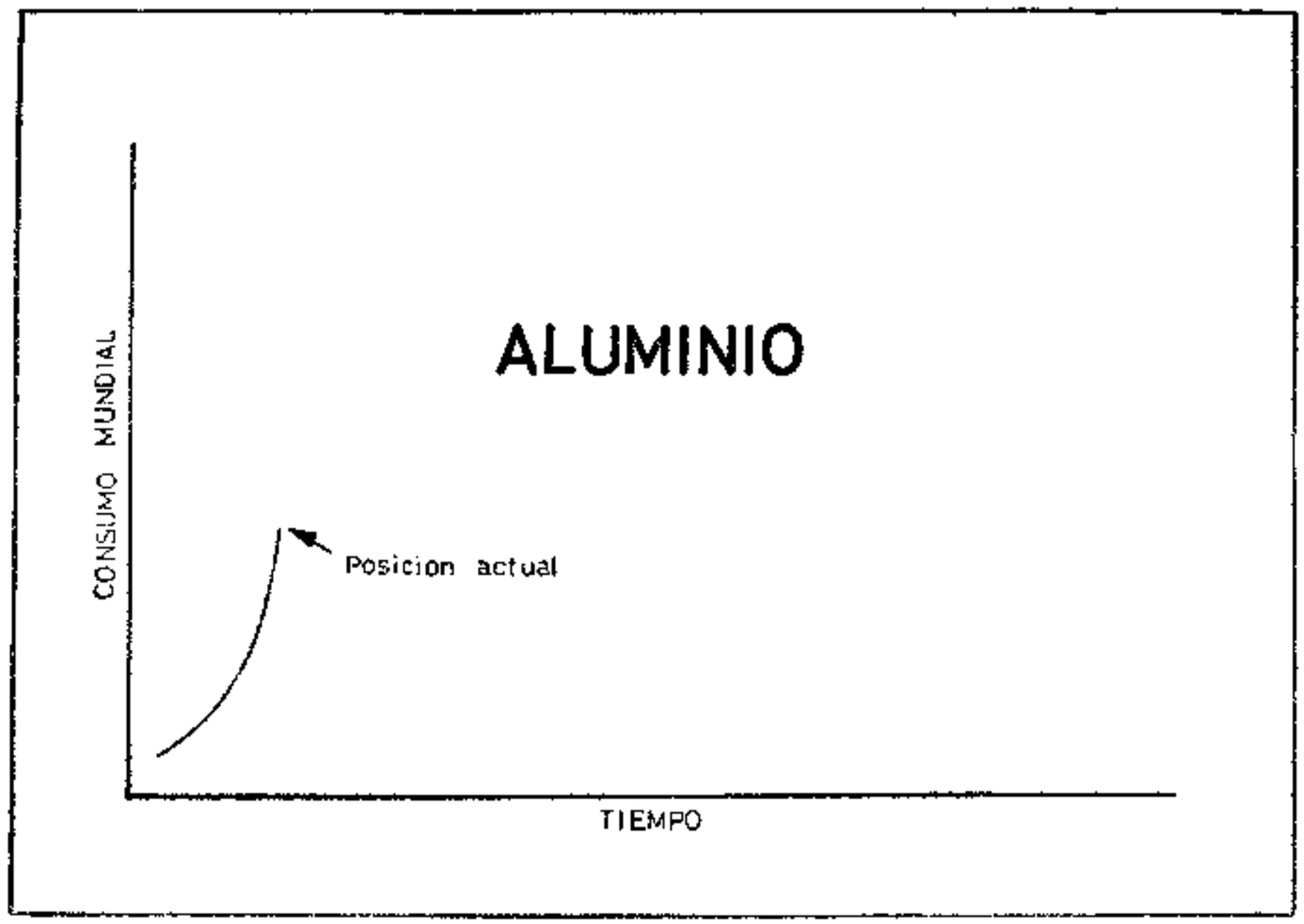

Fig. 2

lugar a grandes estructuras geológicas semejantes entre sí que a menudo vienen acompañadas de yacimientos minerales semejantes.

En vista del alto grado de desarrollo a que ha llegado la extracción de minerales de cobre en una buena parte de esta gran provincia metalogenética, y en vista de que ha sido objeto de numerosos estudios tanto de carácter geológico académico como de orden geológico económico, se ha llegado a un buen número de conclusiones firmes acerca de la génesis de los criaderos minerales que en ella se encuentran, así como del medio ambiente que más favorece a su emplazamiento y formación.

Es reconocido que los distritos mineros importantes están relacionados a fuertes movimientos que han producido intensos plegamientos y afallamientos en las rocas, dando lugar a complicadas estructuras acompañadas de intrusiones complejas, comúnmente de varios tipos de roca, generalmente de tipo porfirítico y de composición intermedia, digamos de cuarzo-diorita a cuarzo monzonita.

Estos disturbios, cuya edad se ha podido determinar con una exactitud satisfactoria, tuvieron lugar en el intervalo de tiempo comprendido entre

fines del Mesozoico y principios del Terciario, durante el período de intensas perturbaciones en la corteza terrestre conocido con el nombre de Revolución Laramide.

En breves palabras, el historial de los acontecimiento que dieron como resultado las estructuras que vemos ahora, principia probablemente con una serie de grandes afallamientos acompañados de fuertes plegamientos y levantamientos de las rocas afectadas. Estas aperturas en la corteza terrestre permitieron el emplazamiento de un gran número de intrusiones de roca ígnea, que vinieron a plegar, quebrar y levantar aún más las formaciones que las rodean. El gran período de mineralización siguió al de intrusión, y constituye la fase final de este primer tiempo de actividad ígnea de la Revolución Laramide.

Siguió un período de calma durante el cual la erosión cavó una topografía de fuertes relieves en las grandes serranías que se habían formado. Es indudable que durante este período de gran desgaste, se destruyeron algunos de los recién formados criaderos minerales más superficiales, pero al mismo tiempo la erosión destapó o descapotó a otros que se habían emplazado a mayor profundidad. No sabemos cuánto tiempo duró este período de calma y erosión a fines del Mesozoico, pero sí tenemos pleno conocimiento de la importancia de sus resultados, pues fue durante este período de tiempo que se formaron, sobre los yacimientos minerales que afloraban, los enormes cuerpos de enriquecimiento secundario de cobre que en nuestros días han venido a constituir una parte importante de nuestras reservas de este metal.

Finalmente, a consecuencia de nuevos afallamientos, la provincia se vio recubierta por un enorme espesor de lavas emitidas en una larga serie de erupciones sucesivas. Este período final de actividad volcánica que duró hasta fines del Terciario cierra los grandes disturbios de la gran Revolución Laramide. Quizás las erupciones volcánicas que hemos presenciado en nuestro territorio hasta nuestros días representen la parte final de esta actividad.

Después de la breve exposición que acabo de hacer, no es difícil comprender los grandes problemas que hay que confrontar y resolver para la exploración y el descubrimiento de criaderos minerales asociados a estructuras complejas en parte recubiertas o enmascaradas por corrientes de lava más jóvenes. En nuestro país, siento decir que la falta de comunicaciones adecuadas, particularmente en las grandes serranías que son precisamente las que ofrecen mejores perspectivas, hace que nuestra tarea sea más árdua y difícil.

Son muy variados los tipos de criaderos minerales que se formaron durante la Revolución Laramide, pero los más importantes, y a los que me voy

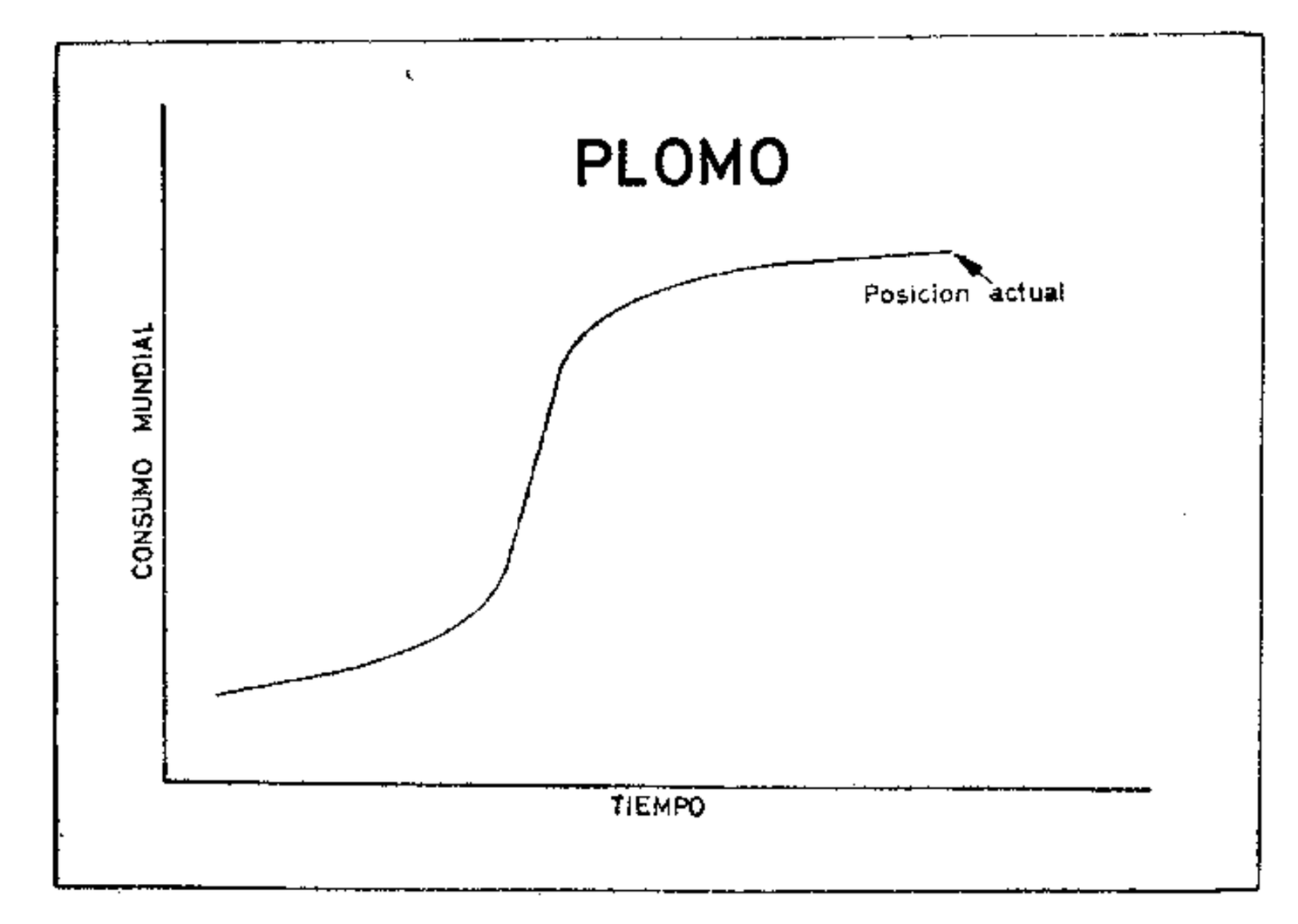

Fig. 3

a referir casi exclusivamente son aquellos criaderos de cobre de tipo diseminado que se han llamado "pórfidos cupríferos".

No voy a entrar a una descripción detallada de las características de este tipo de yacimiento. Basta con decir que el cobre en forma de sulfuros, chalcopirita, bornita, covelita y tetrahedrita entre los primarios, y malaquita, azurita, crysocola y algunos otros entre los secundarios, se encuentra diseminado y en vetillas en una roca intrusiva, generalmente de composición intermedia e invariablemente fuertemente fracturada. A menudo los fracturamientos y las diseminaciones minerales se extienden alrededor de la roca intrusiva en las rocas encajonantes. La pirita siempre acompaña a los sulfuros primarios de cobre, y es común la presencia de un halo o zona exclusivamente piritosa que rodea a la zona cuprífera. El molibdeno, en forma de sulfuro y el oro acompañan generalmente al cobre. La plata, en cambio, rara vez se encuentra y casi nunca en cantidades aprovechables.

Procesos de oxidación y lixiviación de los minerales primarios seguidos por la redepositación de los minerales secundarios de cobre han producido en un buen número de criaderos de este tipo, zonas de enriquecimiento su-

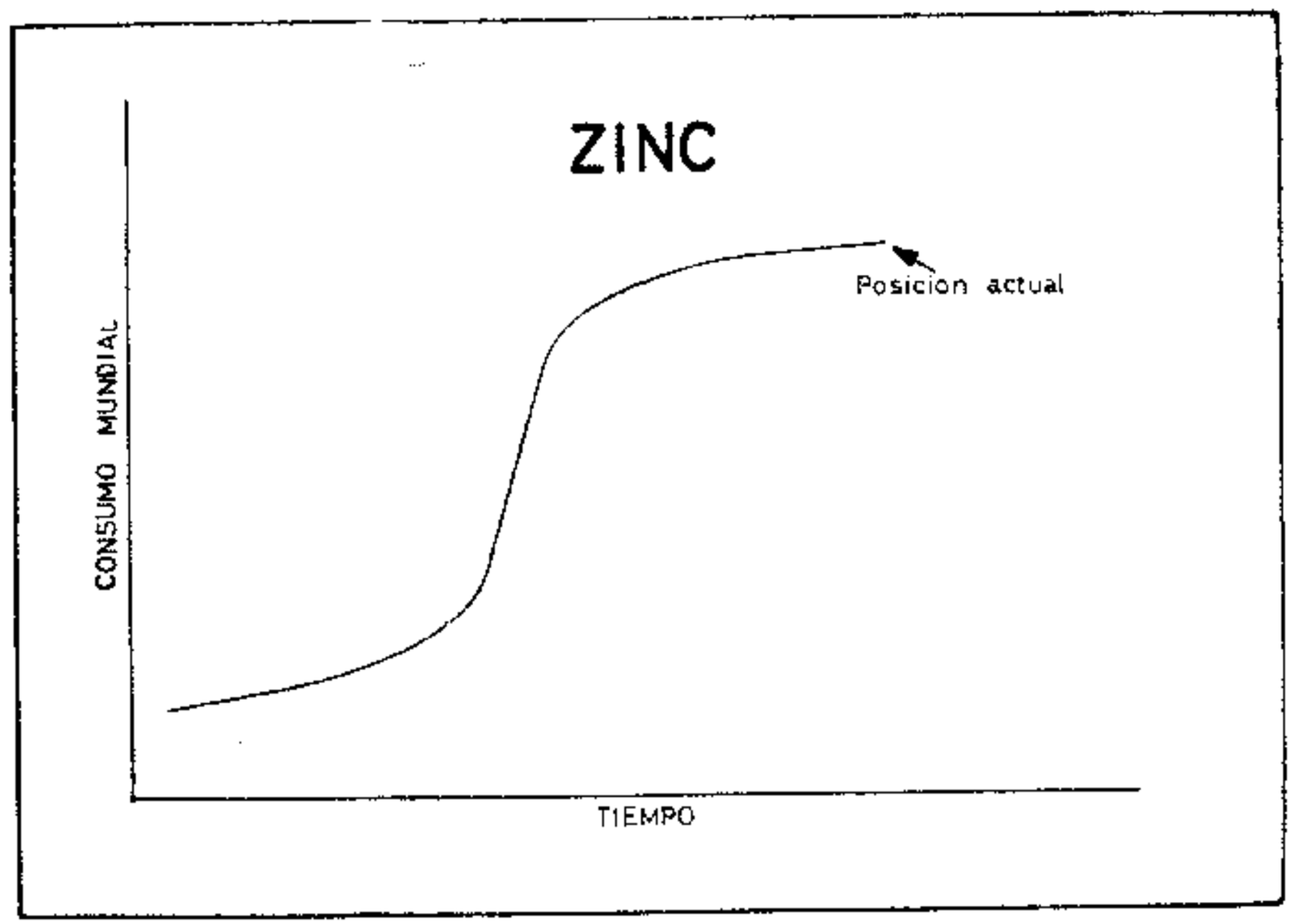

Fig. 4

mamente importantes, al grado que en algunos casos, las acumulaciones minerales son extraíbles únicamente a consecuencia del aumento en su contenido metálico por el enriquecimiento secundario.

Hagamos ahora un breve análisis de la geología a lo largo de la Provincia de la Cordillera. Es fácil apreciar, aun a primera vista, el paralelismo y semejanza en los rasgos geológicos predominantes en toda su extensión, y las grandes áreas cubiertas por derrames de lava.

Empezando en la península de Alaska y siguiendo a lo largo de la costa occidental de Canadá y Estados Unidos, el grano geológico, es decir, la pauta, plantilla o norma geológica, tiene un diseño característico que contrasta fuertemente, por ejemplo, con el de la provincia de los grandes llanos en Canadá y Estados Unidos, o con el del gran escudo Pre-Cámbrico de la parte Oriental de Canadá. En nuestro territorio se prolonga con los mismos rasgos y características por los Estados de Sonora y Chihuahua, continúa a lo largo de la costa del Pacífico por los Estados de Sinaloa, parte de Durango, Nayarit, parte de Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, parte de Guanajuato, Colima, Michoacán y parte de Guerrero.

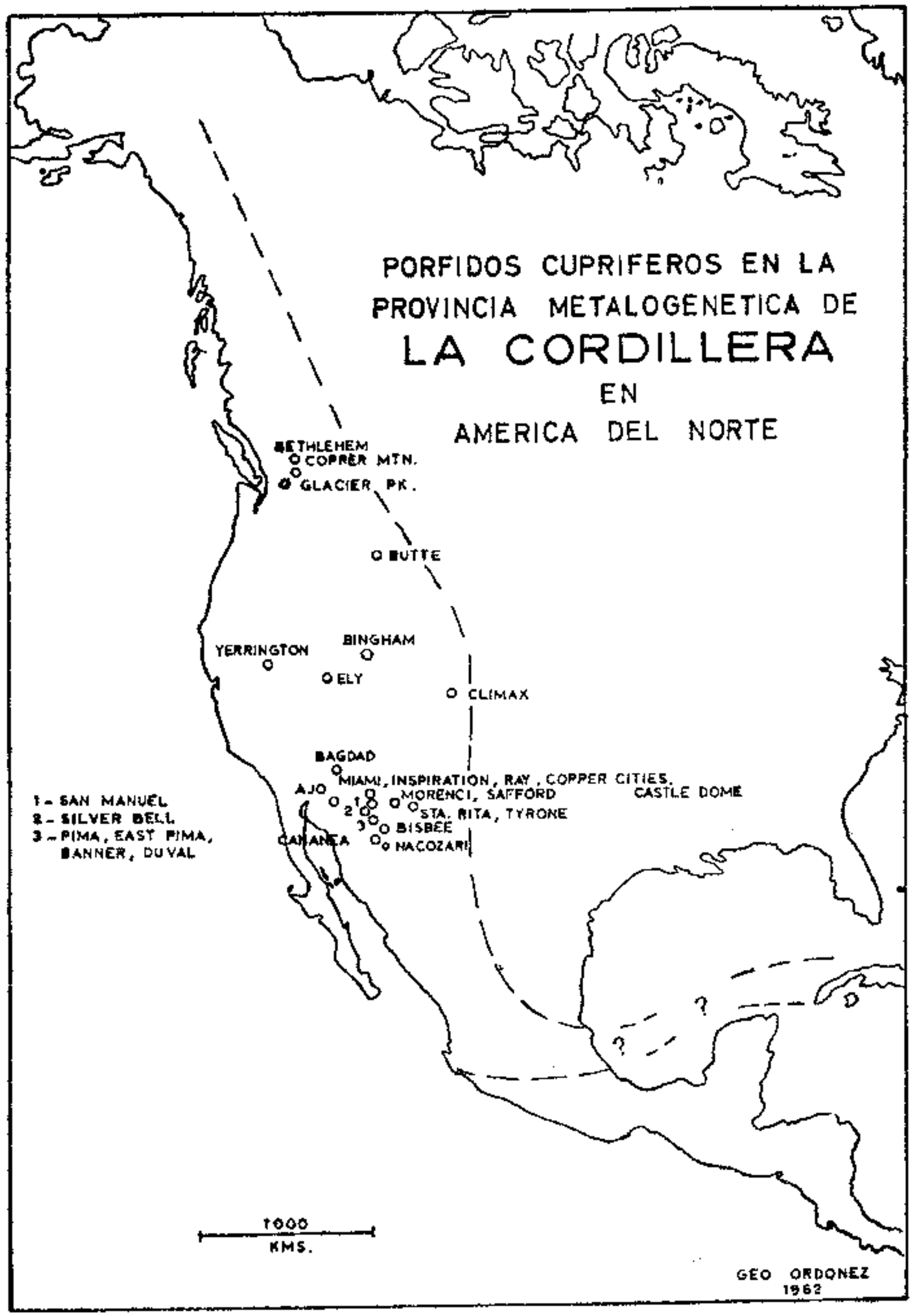
PORFIDOS CUPRIFEROS EN LA
PROVINCIA METALOGENETICA DE
LA CORDILLERA
EN
AMERICA DEL NORTE
BETHLEHEM
COPPER MTN.
GLACIER PK.
BUTTE
YERRINGTON
BINGHAM
ELY
CLIMAX
BAGDAD
MIAMI, INSPIRATION, RAY, COPPER CITIES,
AJO
MORENCI, SAFFORD
CASTLE DOME
STA. RITA, TYRONE
BISBEE
CANANEA
NACOZARI
1 - SAN MANUEL
2 - SILVER BELL
3 - PIMA, EAST PIMA,
BANNER, DUVAL
1000
KMS.
GEO ORDONEZ
1962

Fig. 5

Hasta aquí la provincia ha venido bordeando la costa occidental del Continente. En la parte sur de la costa del pacífico de nuestro territorio, sin embargo, el patrón geológico cambio súbita y radicalmente y, a mi modo de ver, rasgos característicos de la Provincia de la Cordillera se alejan de la Costa y se prolongan hacia el Oriente atravesando por los Estados de Querétaro, México, Morelos, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Veracruz. En las costas de este último se pierden los levantamientos del Laramide y la Provincia desaparece bajo las aguas del Golfo de México. Quiero hacer notar que el gran Eje Volcánico Mexicano, que se extiende del Nevado de Colima en el poniente al Pico de Orizaba en el oriente, se encuentra precisamente sobre esta porción de la Provincia y representa indudablemente el último período de actividad volcánica de la Revolución Laramide.

No sabemos en realidad si es que cambian, y en su caso, en qué consisten los cambios en los rasgos geológicos del piso del golfo, y menos podemos explicar por qué este espinazo de rocas ígneas pierde su elevación en nuestras costas orientales. No me cabe duda, sin embargo, que la Cordillera, con todas sus características y vigor peculiar, vuelve a resurgir en la isla de Cuba y se prolonga hacia el oriente a través de las islas de Jamaica, Haití, Puerto Rico y el arco de islas que constituyen las Pequeñas Antillas.

Este concepto personal difiere grandemente del hasta la fecha aceptado en lo concerniente a la prolongación de la Cordillera a través del Istmo de Tehuantepec. Mis propias observaciones en la parte sur de nuestro Territorio y en la región del Caribe me han convencido que los efectos de la Revolución Laramide no se manifiestan al Sur de nuestro eje volcánico y sí son notablemente palpables en la cadena de islas formadas por las Grandes y Pequeñas Antillas. En otras palabras, no creo que la Provincia de la Cordillera se prolongue por el Istmo de Tehuantepec sino que se hunde, por decirlo así, en el Golfo de México y emerge de nueva cuenta en la isla de Cuba.

Basándome sobre este nuevo concepto, tuve la oportunidad hace pocos años de hacer algunas exploraciones en algunas de las islas del Caribe con resultados fuertemente significativos en unas de ellas y altamente exitosos en la isla de Puerto Rico, en donde tuve la gran fortuna de descubrir algunos yacimientos de mineral de cobre diseminado del tipo clásico de la Provincia de la Cordillera.

Si seguimos la continuación de la Provincia hacia el Sur a través de las pequeñas Antillas, es evidente que vuelva a aparecer en Venezuela en la Cordillera costera y pasando al Sur de la Laguna de Maracaibo, penetra en

O ANTAMINA
O FERROBAMBA
CERRO VERDE
TOQUEPALA, CUAJONE, QUELLAVECO
CHUQUICAMATA
POTRERILLOS, EL SALVADOR
RIO BLANCO
BRADEN
PORFIDOS CUPRIFEROS EN LA
PROVINCIA METALOGENETICA DE
LA CORDILLERA
EN
AMERICA DEL SUR
80
1000
KMS
GEO. ORDONEZ
1962

Fig. 6

Colombia, en donde se manifiesta fuertemente en las tres cordilleras que forman los Andes Colombianos.

Quizás debido a una notoria falta de exploraciones apropiadas, no se conocen grandes manifestaciones de mineralización en la parte de la Provincia que ocupa el Ecuador. En cambio, los grandes distritos mineros de Perú, Bolivia y Chile le dan en su parte septentrional una importancia pocas veces igualada.

Veamos ahora la distribución de los distritos mineros cupríferos de tipo porfirítico en esta gran faja mineralizada:

En los esquemas que tenemos a la vista (figuras 6 y 7) he marcado, a exclusión de otros distritos mineros, los grandes yacimientos de cobre de tipo diseminado conocidos en la actualidad en la Cordillera Americana.

Empezando por el norte, en el Canadá están los distritos de Bethlehem y Copper Mountain muy cerca de la frontera con Estados Unidos, y creo pertinente hacer notar que más al norte, en la misma Provincia de British Columbia, se conocen un buen número de manifestaciones de mineralización de cobre de tipo porfirítico que por su baja ley, o por el alto costo de operación en esta apartada región o por ambas razones, no es posible extraer.

Más al sur, en los Estados Unidos, los criaderos cupríferos productivos son grandes y numerosos, especialmente en su parte sur occidental en los Estados de Arizona y Nuevo México, en donde se trabajan actualmente unos 18 distritos importantes dentro de un perímetro de 350 kilómetros de diámetro.

Siguiendo al sur, en nuestro territorio, encontramos muy cerca de la frontera con Estados Unidos los distritos de Cananea y Nacozari en Sonora, pero a pesar de la abundancia de manifestaciones de cobre en la parte Mexicana de la Provincia de la Cordillera, no se ha descubierto otro distrito de la importancia clásica de los yacimientos Laramides. Esto, en mi concepto, no quiere decir que no existen, pero sí en cambio creo que indica la falta de exploraciones apropiadas en busca de criaderos de este tipo.

En la isla de Cuba se conocen dos distritos cupríferos que atestiguan la existencia de una provincia mineralizada que, como he dicho, no es sino el resurgimiento de la Cordillera en las Antillas.

Mis observaciones en las islas de Jamaica e Hispaniola no dejan lugar a duda que las perspectivas bien justifican exploraciones dedicadas a la búsqueda de minerales de cobre, y los descubrimientos en Puerto Rico confirman esta opinión.

Venezuela, ocupada en el desarrollo de su tremendo potencial petrolífero, poco esfuerzo ha puesto en la exploración de sus recursos mineros. Sin em-

bargo, se sabe de manifestaciones de minerales de cobre y de otros metales en la Cordillera Costera.

Bien conocida es la importancia de los criaderos cupríferos de Perú y Chile. El antiguo distrito de Cerro de Pasco junto con los nuevos descubrimientos en Toquepala, Cuajone y Quellaveco indudablemente dan importancia como productora de cobre a la República del Perú. Y por último, los enormes yacimientos de cobre de Chuquicamata y El Teniente, junto con otros de menor importancia como son los de Potrerillos, El Salvador y Río Blanco, han dado a Chile un lugar importante entre los países productores de cobre en el mundo.

Sería una repetición de mi parte el ponderar más la enorme y bien merecida importancia económica de esta gran Provincia Metalogenética, pero sí creo conveniente hacer notar que desde un punto de vista geológico, es imponente en ella la continuidad de la mineralización y la repetición de grandes yacimientos de cobre de un mismo tipo de un extremo a otro de su extensión.

Ahora bien, a mi modo de ver, las numerosas manifestaciones de mineralización de cobre en nuestro territorio son altamente significativas y como dije anteriormente, han sido sólo objeto de escasos estudios aislados y pocos trabajos de exploración. En vista de la complejidad de las estructuras geológicas en parte enmascaradas por aluviones o por tierra vegetal, o totalmente sepultadas por lavas y otros materiales volcánicos sobre grandes extensiones de potencialidad cuprífera, las investigaciones que exige una búsqueda juiciosa para este tipo de yacimientos son largas, costosas y no raras veces descorazonantes. Sin embargo, no vacilo en decir y repetir que las perspectivas para el descubrimiento de importantes yacimientos de cobre del tipo porfirítico en la parte de la Provincia Metalogenética de la Cordillera comprendida en nuestro territorio, son sumamente halagadoras.

Que la tarea es difícil y presenta enormes dificultades y obstáculos, lo sabemos los que la hemos intentado. Nuestra gran Sierra Madre Occidental guarda celosamente sus tesoros, pero sin duda alguna recompensará con creces a aquellos que con sacrificios, tenacidad y el cariño que sólo un minero le tiene, conviva con ella el tiempo suficiente para conocerla bien y convencerla de que le suelte sus secretos.