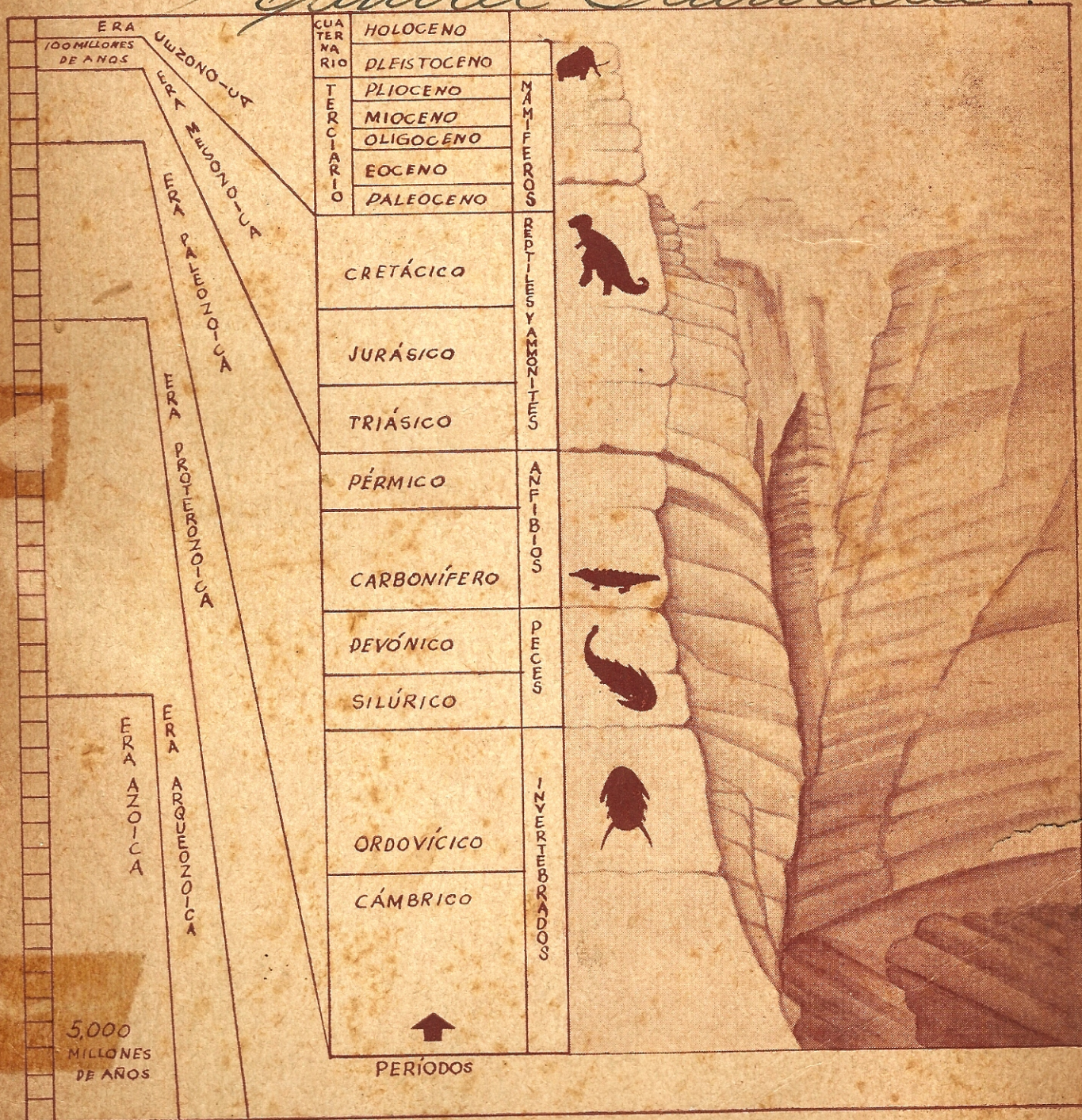


REVISTA DE

GEOLOGIA

Manuel Terralde



REVISTA DE
GEOLOGIA

ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA

AÑO I No. 1

CONSEJO DE DIRECCION

DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ, PRESIDENTE
ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA

ING. JESUS FRANCISCO DE ALBEAR, DIRECTOR
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

MIEMBROS:

LIC. ANDRES LINCHENAT
INSTITUTO CUBANO DE RECURSOS MINERALES

ING. JOSE RAMON LUEGE
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRAULICOS

LIC. FRANCISCO FORMELL
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

DR. PEDRO CAÑAS ABRIL
INSTITUTO DE GEOGRAFIA

ING. GERMAN PLANAS
INSTITUTO DE SUELOS

Co. OTTO HERNANDEZ
DEPARTAMENTO DE GEOFISICA

I N D I C E

Notas preliminares acerca del carso en peridotita, Sierra de Moa, Oriente, Cuba. Por Antonio Núñez Jiménez, Igor Z. Korin, Vladimir I. Finko, Francisco Formell Cortina	5
Sobre la edad de la corteza de intemperismo y las lateritas de Cuba. Por V. I. Finko, I. Z. Korin, F. Formell Cortina	29
La mineralogía de la corteza de intemperismo de las rocas ultrabásicas de la costa norte de la provincia de Oriente, Nicaro, Moa. Por Vladimir Kudelasek, Irena Marxova, Vitezslav Zamarsky	49
Breve informe sobre la metalogenia de los yacimientos hidrotermales de cobre en Cuba. Por N. P. Laverov, R. Cabrera, A. Calvache	77
Estructura geológica y algunas cuestiones relativas a la génesis del yacimiento "El Cobre" (Oriente). Por N. P. Laverov, R. Cabrera	87
Algunas peculiaridades de la Geología de los alrededores del yacimiento "El Cobre" relacionadas con su génesis. Por N. Laverov, R. Cabrera	104
Protrusiones de las serpentinitas en el noroeste de Oriente. Por A. L. Knipper y M. Puig	122
Estructura tectónica de las montañas de la Sierra de los Organos en la zona del pueblo de Viñales y situación en ella de los cuerpos de serpentinitas. Por A. L. Knipper, Y. M. Puscharovski, M. Puig	138
Estructura geológica y algunas cuestiones sobre la génesis del yacimiento de cobre "Matahambre" (provincia de Pinar del Río). Por N. P. Laverov, J. Burian, R. Cabrera, S. Konecny	147

**Breve informe
sobre la metalogenia de los yacimientos
hidrotermales de cobre en Cuba**

N. P. LAVEROV

R. CABRERA

A. CALVACHE

BREVE INFORME SOBRE LA METALOGENIA DE LOS YACIMIENTOS HIDRO- TERMALES DE COBRE EN CUBA

RESUMEN

En este trabajo se realiza por primera vez en Cuba, el análisis metalogénico de los yacimientos hidrotermales de cobre sobre una base tectónica, para tal efecto se construyó el esquema metalogénico que se adjunta al artículo. Primeramente se dividen los yacimientos hidrotermales de cobre en zonas mineras y formaciones minerales. Se exponen datos sobre la distribución en el espacio de los yacimientos y manifestaciones minerales de cobre en las estructuras regionales y locales, su edad, la profundidad de formación y las condiciones de conservación. Finalmente, en las conclusiones, se generaliza el carácter propicio para la sedimentación mineral en las diferentes regiones y se hacen recomendaciones para la búsqueda.

INTRODUCCION

Por primera vez efectuamos el análisis metalogénico de los yacimientos hidrotermales de cobre en Cuba sobre una base tectónica. Para esto se utilizó todo el material geológico que se posee actualmente sobre algunas regiones minerales y yacimientos. También se utilizaron los resultados de las investigaciones estructuro-geológicas, efectuadas en 1965 por N. P. Laverov y R. Cabrera en el yacimiento El Cobre, en el Sur de Oriente y en Matahambre, Pinar del Río.

El esquema metalogénico (Ver en el Apéndice la figura Ap. 1-B), tiene una base tectónica según el mapa tectónico de Y. M. Puscharovski, A. L. Knipper y M. Puig.⁽⁷⁾ La situación geológica de los yacimientos hidrotermales de cobre y de las manifestaciones minerales de Cuba ha sido tomada por los autores del mapa de yacimientos minerales preparado para la publicación por K. M. Judoley, I. P. Novojatski y otros.⁽²⁾ Algunos de ellos han sido incluidos según los datos del ingeniero A. Calvache.

Analíticamente fueron utilizados datos geológicos, que se poseen en los archivos del Instituto Cubano de Recursos Minerales (ICRM) y en las minas de la Empresa Consolidada de la Minería (ECM) y también artículos de periódicos, mapas geológicos y esquemas de zonas minerales y yacimientos. Los materiales de los últimos años son los más preciados; se obtuvieron después del

triunfo de la Revolución, cuando las prospecciones de campo y los trabajos geológicos fueron desarrollados ampliamente. La realización de estos trabajos fue acompañada por la generalización de los materiales geológicos viejos y obtenidos nuevamente en el Departamento Científico del ICRM, lo que obvió en grado considerable la realización de las investigaciones conjuntas planeadas por los colaboradores de la Academia de Ciencias de la URSS y la Academia de Ciencias de Cuba.

Los autores agradecen al Director del Instituto Cubano de Recursos Minerales y a los responsables de los Departamentos, J. Solsona y A. Linchenat, por darnos la posibilidad de estudiar y utilizar los materiales geológicos que se tienen en los archivos del ICRM. También están agradecidos a los geólogos soviéticos y checos A. Simakov, P. Petrov, K. Judoley, J. Burian, S. Konecny y otros, así como a nuestros colegas Y. Puscharovski y A. Knipper por la ayuda prestada en el proceso de las investigaciones.

Metodología del Análisis Metalogénico utilizado por los autores

Actualmente muchos Institutos de la Academia de Ciencias y del Comité Geológico de la URSS, realizan investigaciones metalogénicas, ya que éstas constituyen la base científica para la confección de mapas-pronósticos en base de los cuales se realizan los trabajos de prospección. La metodología de tales investigaciones, por vez primera fue detalladamente elaborada por un colectivo de autores bajo la dirección de Y. A. Bilibin y expuesta en su trabajo.⁽⁵⁾ En el análisis metalogénico se tuvo en cuenta la tesis sobre el desarrollo dirigido de las regiones geosinclinales en las cuales los procesos ocurridos han dado lugar a un cambio regular (en tiempo y espacio) de los complejos de rocas magmáticas y de los diferentes yacimientos magmatógenos vinculados con ellos. En mapas especiales se distinguieron la zonas estructuro-faciales y estructuro-metalogénicas con las formaciones minerales de los yacimientos característicos para ellas.⁽⁵⁾

En los últimos años para el análisis metalogénico de las regiones geosinclinales, se utilizan más ampliamente los mapas tectónicos. Además de los elementos estructurales principales, en tales mapas se distinguen formaciones específicas de rocas vulcanógeno-sedimentarias y también complejos de rocas magmáticas y yacimientos minerales. En el análisis de las leyes que rigen la distribución en el espacio, se parte de que los yacimientos de formaciones minerales semejantes se localizan en determinados elementos estructurales de las zonas de plegamientos. La formación de los yacimientos se determina de antemano por toda la historia de su desarrollo geológico, y su metaliferación primaria la vinculan algunos autores⁽⁹⁾ con los primeros procesos de acumulación sedimentaria. En la distinción de las principales estructuras de control regionales y locales se tiene en cuenta la edad del yacimiento y la profundidad de formación de los cuerpos minerales industriales. Algunos investigadores^(6, 8) prestan una atención especial al análisis de las condiciones de conservación del yacimiento en el proceso de la erosión post-mineral del territorio mineralizado. Ha sido elaborada la metodología de la confección de mapas especiales de cortes erosivos⁽⁶⁾ que representan una parte integral de la metodología general del análisis metalogénico.

En el breve informe de la metalogénia de los yacimientos hidrotermales de cobre en Cuba, los autores no tuvieron la posibilidad de esclarecer todas las cuestiones abordadas, elaboradas en dirección científica. Aquí solamente se han expuesto datos sobre la distribución en el espacio de los yacimientos hidrotermales y la manifestación de minerales de cobre en las estructuras regionales y locales, su edad, la profundidad de formación y las condiciones de conservación. Estos datos representan los primeros pasos en las investigaciones metalogénicas de los yacimientos minerales en Cuba, las cuales se supone que se continuarán sistemáticamente por la Academia de Ciencias, ya que esta orientación es muy importante para el desarrollo económico de la República.

Para el estudio de las regularidades comunes locales y regionales en la distribución de los yacimientos hidrotermales de cobre en Cuba, nosotros distinguimos las siguientes subdivisiones metalogénicas:

Zonas minerales, regiones minerales, campos minerales y yacimientos.⁽⁸⁾ En el esquema se han señalado, de acuerdo con el mapa de minerales de Cuba, yacimientos grandes, medianos y pequeños y manifestaciones minerales.

En el nivel actual del estudio de los yacimientos

hidrotermales de cobre en Cuba, según nuestra opinión, se pueden distinguir entre ellos algunas formaciones minerales, que se diferencian por la composición del mineral y por la condición de su formación:

1. Yacimientos filonianos y de zonas de venas entrelazadas de cobre y manifestaciones minerales localizadas en sedimentaciones vulcanógenas, acompañadas de la cuarcificación y cloritización de las rocas encajantes.
2. Manifestaciones minerales de vetas y pequeños yacimientos de formación plata-cobre, localizados en sedimentaciones vulcanógenas.
3. Yacimientos filonianos y de zonas de venas entrelazadas de cobre y manifestaciones minerales localizadas en esquistos y areniscas, en sedimentaciones tipo "flysch", acompañadas de la berisitización de las rocas encajantes.
4. Yacimientos filonianos y de venas entrecruzadas⁽⁸⁾ polimetálicos y manifestaciones minerales (pirita, plomo, zinc, cobre y otros) localizados en esquistos y areniscas, en sedimentaciones tipo "flysch", acompañados de la cuarcificación y pirritización de las rocas encajantes.
5. Yacimientos de pirita que contienen cobre, localizados en las rocas vulcanógeno-sedimentarias, acompañados a veces de una cuarcificación intensiva de las rocas encajantes.

Mineralización de Diferentes Estructuras Tectónicas y Principales Leyes que Rigen la Distribución en el Espacio de los Yacimientos de Cobre y las Manifestaciones Minerales

Los yacimientos hidrotermales de cobre en Cuba revelan regularidades específicas en su localización en el espacio. Ellos no aparecen en estructuras miogeosinclinales y los encontramos únicamente en estructuras eugeosinclinales preligocénicas. Las partes mineralizadas ocupan un área insignificante del territorio de Cuba (fig. 1); en lo fundamental tienden a concentrarse en las zonas anticlinoria y en los pilares masivos (horst) y en menor grado en las depresiones, particularmente hacia las partes hundidas de las mismas.

Se distinguen claramente algunas fajas y regiones minerales importantes controladas por elementos tectónicos determinados.

A. La cordillera discontinua de pequeñas manifestaciones minerales, localizada en una zona cercana a las grandes fallas del norte de Cuba que dividen la

región eugeosinclinal de plegamientos de la miogeosinclinal.

B. La región minera del este de Oriente, que se encuentra en la parte del extremo oeste del macizo Sierra del Purial, en la zona fronteriza con el sinclinorium Este de Cuba.

C. La región minera, situada en la parte sur de la provincia de Las Villas. En esta región, los yacimientos y las manifestaciones minerales se encuentran en la parte norte del anticlinorium Trinidad, en la zona de transición, que la separa del sinclinorium del centro de Cuba, y en la zona del borde norte del núcleo del anticlinorium Trinidad.

D. La faja minera del oeste de Pinar del Río, localizada dentro de los límites del megaanticlinorium Pinar del Río. Los yacimientos y las mayores manifestaciones minerales de esta región, se encuentran principalmente en la zona de transición que separa la estructura anticlinoria norte pinareña del sinclinal Viñales.⁽⁷⁾ Otras manifestaciones minerales se localizan también en la zona de transición que separa el megaanticlinorium Pinar del Río del sinclinorium San Diego de los Baños.

F. La faja minera del sur de Oriente, localizada en la zona de transición que separa el anticlinorium Sierra Maestra del sinclinorium Este de Cuba.

Las informaciones detalladas acerca de la geología de las estructuras tectónicas minerales anteriormente indicadas, se encuentran en los trabajos de muchos investigadores y están generalizadas en la "Geología de Cuba";⁽¹⁾ se exponen brevemente en las notas explicativas al mapa tectónico de Cuba de Y. M. Puscharovski y otros.⁽⁷⁾

1. *La cordillera discontinua de pequeñas manifestaciones minerales localizadas en la zona que tiende hacia las grandes fallas del norte de Cuba, que separa la zona eugeosinclinal de plegamientos de la miogeosinclinal.*

En el norte de Cuba se encuentran manifestaciones minerales en las zonas extremas de los anticlinoria Santa Clara y Camagüey, así como en la zona de Mariel - Martí.

Estas manifestaciones minerales se encuentran más frecuentemente en las zonas de contacto de los macizos de serpentinita, en los gabros intrusivos, y en las rocas vulcanógenas del cretácico. No existen informaciones específicas sobre su génesis, edad y profundidad de formación, por eso, no es posible realizar ningún análisis de las condiciones de su formación.

2. *La región minera situada en la zona extrema oeste del macizo de pilar (horst) Sierra del Purial*, está formada por el yacimiento Elección y una serie de manifestaciones minerales relacionadas con la formación filoniana de cobre. El macizo de pilar (horst) Sierra del Purial, está compuesto por un complejo de rocas metamórficas de edad precretácica,⁽⁷⁾ el cual fue formado por capas de gran espesor de andesitas, diabasas, sus tobas y aglomerados, que han sufrido cambios metamórficos de facies esquisto-verde, y se han transformado en diferentes esquistos. Entre estas rocas se encuentran lentes de mármoles, areniscas tobáceas y alebrolitas.

En el yacimiento *Elección* fue establecido por Y. Budanov un intrusivo de microdioritas de yacencia subhorizontal, el cual se entrecruza con una serie complicada de diques de serpentinita que rellenan las suturas tectónicas y las grietas. Las rocas encajantes en este lugar están inclinadas hacia el lado del sinclinorium Este de Cuba, cuyo límite con el macizo posiblemente sea un pliegue de flexura, complicado por fallas longitudinales submeridionales. Todas las manifestaciones minerales aquí conocidas, se encuentran distribuidas en los lugares en que se entrecruzan las estructuras longitudinales indicadas y las fallas transversales de dirección nordeste. Las venas minerales rellenan las pequeñas grietas que están encerradas entre grandes fallas y que son más jóvenes que las rocas intrusivas conocidas en esta región. Aquí no existen huellas de una dislocación post-mineral considerable y el mineral no sufrió metamorfismo dinámico. Por cuanto la formación del macizo de pilar (horst) Sierra del Purial, está estrechamente ligada con la formación del sinclinorium Este de Cuba, hay la posibilidad de suponer que la formación de las estructuras de las grietas que encierran el mineral ocurrió en la etapa final del desarrollo geosinclinal de esta región, o sea, en el eoceno medio-superior. Los cuerpos dioríticos del yacimiento Elección lo más probable es que sean de edad cretácica superior(?)-terciaria, ya que ocupan una situación estructural igual a la de los intrusivos del Sur de Oriente y no se diferencian de ellos en su composición.

Aunque actualmente no se poseen datos directos acerca de la edad de la mineralización, las consideraciones realizadas permiten suponer con suficiente base, que la formación de los yacimientos en la región minera investigada se verificó en la etapa final del desarrollo geosinclinal del este de Oriente (en el eoceno superior). La situación de la región minera en la zona extrema del macizo Sierra del Purial, por lo visto se encuentra vinculada con el incremento de la actividad

magmática en esta región en la etapa más joven del desarrollo geosinclinal y también propiciada por las condiciones estructuro-geológicas favorables existentes aquí en el período de formación del mineral (numerosas fallas y estructuras en forma de cruz). Es necesario considerar, que la situación de las manifestaciones minerales en los contornos de la zona del macizo está propiciada por su óptima erosión post-mineral, que no llegó a la disolución y a la destrucción de los yacimientos. En esta región, en las partes que se encuentran cerca del sinclorium Este cubano, es posible hallar yacimientos mayores (los cuales abarcan una considerable mineralización en dirección vertical) por cuanto allí existieron condiciones más propicias para resguardar al yacimiento de la erosión post-mineral.

3. La región minera *Trinidad* está situada en la parte sur de la provincia de Las Villas. La estructura geológica de esta área está determinada por su coincidencia con el contorno norte de la zona anticlinoria *Trinidad*. En el interior de este anticlinorium se distingue un núcleo.⁽⁷⁾ El límite norte del mismo coincide con la serie de grandes fallas de dirección sublatitudinal.

Los principales yacimientos hidrotermales y manifestaciones minerales de esta región se encuentran dentro de los límites del anticlinorium; en los límites de la zona fronteriza que la separa del anticlinorium Central de Cuba y en la zona fronteriza norte del núcleo del anticlinorium.

Entre los yacimientos y manifestaciones minerales se distinguen aquí dos formaciones principales: los yacimientos de piritas que contienen cobre y los yacimientos filonianos de cobre que se diferencian por su estructura y probablemente se formaron en condiciones diferentes.

El núcleo del anticlinorium *Trinidad* está compuesto por esquistos metamórficos (cloríticos, actinolíticos, cuarzo-micáceos y otros) los cuales se alternan con calizas marmorizadas, condicionalmente evaluadas como del jurásico inferior-medio. El costado norte de este anticlinorium está representado por un monoclinial en el cual las rocas se inclinan al norte (30-40°) subhorizontalmente y solamente en algunos lugares presenta buzamientos opuestos. Al oeste, las rocas del núcleo varían su dirección a submeridional, plegándose según su contorno. Al este, la dirección de las rocas se apoya en los extremos del núcleo y su límite aquí coincide con la serie de fallas profundas.⁽⁷⁾

Las fallas más grandes se distribuyen por el borde norte del núcleo; estas fallas separan al complejo metamórfico de la faja de rocas cretácicas vulcanógenas. Los

grandes intrusivos de dioritas forman un cuerpo complejo, extendido en dirección sublatitudinal a una distancia aproximada de 80 km con una anchura entre 500 m y 10 km. Estos intrusivos se acompañan de una serie de diques, los cuales junto con ellos pertenecen al cretácico superior. No se debe excluir que algunos diques y otros pequeños cuerpos intrusivos pueden ser más jóvenes y estar vinculados con el incremento de la actividad magmática en el período terciario.⁽¹⁾ Una faja de amplio desarrollo de los intrusivos cubre el núcleo del anticlinorium *Trinidad* desde el norte; basándose en esto fue que Y. Puscharovski y otros⁽⁷⁾ la analizaron como una parte componente del anticlinorium.

El flanco norte de la región minera *Trinidad* se distribuye en el sinclorium Central de Cuba, el cual forma aquí un original puente transversal que une al anticlinorium *Trinidad* con el anticlinorium *Santa Clara*. El mismo se encuentra orientado en dirección transversal-submeridional. En el perfil del costado sur del sinclorium, se observa un complejo vulcanógeno de la parte superior del cretácico inferior y una parte considerable del cretácico superior, compuestos de aglomerados, tobas y lavas de andesitas y diabasas, las que contienen pequeños estratos de tufitas, areniscas tobáceas, alebrolitas y calizas; más arriba en el perfil, este complejo se cambia por calizas macizas campaniano-maestríchtianas y depósitos terrígeno-carbonatados del maestríchtiano superior-eoceno. El costado investigado del sinclorium se sumerge al norte con un ángulo de 30-40°; únicamente en la zona de transición hacia el anticlinorium y dentro de sus límites se nota una complicación del plegamiento y fallas longitudinales.

Las fallas tectónicas transversales representan un elemento muy característico de la estructura de las zonas mineralizadas limítrofes al anticlinorium *Trinidad* y su núcleo. Estas están orientadas en dirección submeridional-noroeste. En los lugares donde estas fallas se cruzan con las estructuras longitudinales, se concentran los principales yacimientos y manifestaciones minerales de esta región minera.

Actualmente no existen datos específicos sobre la edad de las formaciones minerales investigadas. Es necesario indicar que en el yacimiento de piritas denominado *Carlota*, y en las manifestaciones minerales filonianas no se ven huellas de la participación del mineral en las deformaciones plegadas, así como tampoco se observan considerables desplazamientos post-minerales por las grietas y fallas. Estos datos indican la edad más joven de la mineralización respecto a las rocas encajantes. Las estructuras de esta región están llenas

por cuerpos hidrotermales que revelan un vínculo con las últimas formas geosinclinales-tectónicas de Trinidad; por lo tanto la edad eocénica superior-preoligocénica de la mineralización es la más probable.

Los yacimientos y manifestaciones minerales se distribuyen en las diferentes capas estructurales del piso geosinclinal y a primera vista parecen formados a diferente profundidad. En realidad esto no es así, los yacimientos indicados se formaron aproximadamente a una misma profundidad. Esta tesis se fundamenta en que, como se ha establecido ya, el sinclinorium central de Cuba es de naturaleza consedimentaria y el centro de la depresión fue desplazado en el proceso de su desarrollo del núcleo del anticlinorium Trinidad hacia el norte. A juzgar por la situación de la superficie preoligocénica que fue restaurada por reconstrucción, la profundidad a que se formó la mineralización apenas sobrepasa los 1500-2000 m.

La situación de los yacimientos y manifestaciones minerales dentro de los límites de las zonas limítrofes más móviles y tectónicas (en estructuras cruzadas) de esta región, por lo visto se puede explicar por el incremento a profundidad de la fuente magmática de soluciones minerales en la etapa más joven de desarrollo del geosinclinal y por la presencia de caminos favorables para su penetración en la zona cercana a la superficie.

4. *En el megaanticlinorium Pinar del Río están concentrados los yacimientos más importantes (desde el punto de vista industrial) de cobre y polimetálicos, componentes de un mismo cinturón mineralizado.*

En la estructura megaanticlinoria se distinguen dos zonas anticlinales elevadas, las cuales están separadas por el sinclinal central (Viñales).⁽⁷⁾ Dentro de los límites de los bloques elevados se desarrolló la formación arenisco-esquistosa San Cayetano, la cual pertenece a la edad Jurásica inferior-media. Las rocas de esta formación están débilmente metamorfizadas y forman pequeños pliegues disarmónicos, frecuentemente tumbados. Estas rocas están cortadas por numerosas grietas transversales y de tipo "lit par lit" (fallas normales e invertidas, corrimientos, etc.).

La zona sinclinoria Viñales está rellena fundamentalmente por calizas del jurásico superior (con un espesor aproximado de 1000 m) por debajo de las cuales, en algunas partes afloran rocas de la formación San Cayetano.

El límite entre la zona anticlinoria y el sinclinal Viñales pasa por una falla gigante, la cual coincide con una estrecha depresión cretácico(?) -eocénica de

tipo sutura con un plegamiento complicado.⁽⁷⁾ En esta zona se encuentran cuerpos serpentínicos y escasos diques de diabasas. Además de las rocas magmáticas indicadas, en la parte suroeste de la región, dentro de la formación San Cayetano, se ven pequeños cuerpos de gabro y de dioritas los cuales están desligados, en espacio, de los yacimientos. La edad de ellos tampoco resulta clara. Por eso aquí no se ha manifestado el control magmático. Se supone que la fuente de las soluciones mineralizadas fue un foco magmático profundo, producto del cual son los pequeños cuerpos de diabasas, gabros y dioritas mencionados anteriormente y las sedimentaciones vulcanógenas observadas más al sur, entre depósitos cretácicos.⁽⁴⁾

La faja minera Pinar del Río tiene una extensión de casi 80 km en una anchura de 10 km y se distribuye totalmente en sedimentos arenisco-esquistosos de edad jurásica. El límite sureste del mismo coincide con una falla fronteriza que separa el sinclinal Viñales del anticlinal noroeste de Pinar del Río; y el límite noroeste está menos determinado. Al nordeste la faja se limita por un desplazamiento transversal y al suroeste se pierde por debajo de los sedimentos neógenos de la fosa postgeosinclinal superpuesta de Pinar del Río (fig. 1).

Dentro de los límites de la faja se distinguen las regiones mineras *Francisco, Dora, Matahambre y Julio Antonio Mella* (antiguo *El Mono*) dentro de las cuales se localizan yacimientos y manifestaciones minerales de dos formaciones: de cobre y polimetálicas. Estas regiones se distribuyen en lugares donde se aprecian intersecciones de fallas que se cruzan, y codos de flexuras plegados.⁽³⁾

Estudiando la estructura de Matahambre y otros yacimientos y manifestaciones minerales que ocurren en la región, se establece que estos pertenecen a yacimientos filonianos de zonas de venas entrelazadas formados después de finalizado el proceso de plegamiento en condiciones de reapertura de las grietas que encierran al mineral y en presencia de vacíos en zonas brechosas. Los cuerpos minerales se hallan localizados preferentemente entre las areniscas, ya que ellas son más favorables que los esquistos para la formación de grietas minerales encajantes, por sus propiedades físico-mecánicas.

En los cuerpos minerales no se ven huellas de fallas ni de metamorfismo dinámico de los minerales, sus transformaciones post-minerales son insignificantes (hasta 15-20 cm). Partiendo de esto es que los autores consideran que la edad más probable de la mineralización en esta región es la eocénica superior, puesto que

la edad del plegamiento aquí data de los finales del eoceno medio;⁽⁷⁾ las sedimentaciones del neógeno inferior y más jóvenes han formado un nuevo piso estructural post-geosinclinal que no presenta huellas de procesos magmáticos e hidrotermales.

La determinación de las profundidades de formación de los yacimientos se puede realizar sólo aproximadamente sobre la base del análisis de la historia de desarrollo de los elementos tectónicos mineralizados y los cortes que se conservan de sedimentaciones del cretácico y más jóvenes. Según el espesor de la formación Viñales y de las sedimentaciones más jóvenes del cretácico(?) -eoceno y conociendo la situación de los yacimientos en el corte de la formación San Cayetano, se puede llegar a la conclusión de que estos fueron formados a profundidades no mayores de 1000-1500 m. La amplitud vertical de la mineralización en Matahambre es de más de 1300 m y debido a esto en el proceso de erosión post-mineral de la zona minera Pinar del Río, los yacimientos industriales pueden conservarse únicamente en caso de que no pase de 2500-3000 m. En los lugares donde la erosión comprende menos de 1000 m en estructuras propicias, se pueden encontrar nuevos yacimientos ocultos.

En la parte sureste de Pinar del Río se conocen otras manifestaciones minerales de cobre que coinciden con la zona de falla enorme que sirve de límite al mega-anticlinorium por el sureste (ver mapa esquemático). Esta falla separa diferentes zonas estructuro-faciales y continúa su desarrollo en el presente; en consecuencia, se incluye en las fallas de larga duración.⁽⁷⁾ A lo largo de esta falla se extienden cuerpos no muy grandes de serpentinitas; se encuentran rocas vulcanógenas del cretácico; no se aprecian otras formaciones magmáticas. Las manifestaciones minerales se localizan en los lugares donde la falla indicada es atravesada por suturas tectónicas transversales. Entre ellas no se encuentran yacimientos industriales.

5. La geología del sur de Oriente se diferencia esencialmente de la del oeste de Pinar del Río. Consecuentemente también se diferencian las condiciones geológicas en las cuales se verificó la formación de los yacimientos hidrotermales de cobre.

La faja minera del sur de Oriente se encuentra en la zona de transición que separa el anticlinorium Sierra Maestra del sinclinorium Este cubano. Se extiende en dirección sublatitudinal, paralelamente a la orilla del Mar Caribe, en una distancia de 160 km aproximadamente y con una anchura de 10-15 km. Dentro de los límites de esta faja se distinguen dos regiones mi-

neras: *El Cobre* y *Bayamo*, y también algunas áreas mineralizadas donde se han localizado varias y aisladas manifestaciones minerales y pequeños yacimientos. Entre ellos existen tres formaciones: 1) filoniana y de zonas de vetas entrelazadas, de cobre; 2) de cobre-plata y 3) piríticas. En la región minera *El Cobre* se distinguen los campos mineros *El Cobre*, *Alta* y *Ermitaño*, los cuales están formados por distintos yacimientos y series de cuerpos minerales (*Mina Grande*, *Mina Blanca*, *Gitanilla* y otros).

A diferencia de todas las otras regiones mineras de cobre en Cuba, en el sur de Oriente, en la etapa final del desarrollo de la zona eugeosinclinal (en el cretácico superior-paleoceno y eoceno) se manifestó una intensa actividad volcánica. En este mismo período se consolidaron los grandes intrusivos en forma de batolitos de dioritas-plagiogranitos y se infiltró una serie complicada de pequeñas intrusiones y diques, inmediatamente después de la formación de los cuales fueron formados los yacimientos hidrotermales de cobre.

La faja minera se encuentra preferentemente entre los sedimentos vulcanógenos de la formación Cobre (ver mapa) y considerablemente poco entre las dioritas de la Sierra Maestra. Su estructura tectónica es simple. Las manifestaciones minerales en su mayor parte se encuentran en el ala sur del sinclinorium Este de Cuba, sus rocas se inclinan monoclinamente al norte (a 20-30°). En el marco de inmersión total se distingue una serie de pequeños braquipliegues. Únicamente en la zona de transición entre el sinclinorium y anticlinorium los ángulos de inclinación de las rocas aumentan hasta 70-80°, aparecen pliegues tumbados y flexuras. Aquí mismo aparecieron concentradas numerosas fallas longitudinales. Entre las rocas componentes del sinclinorium se distinguen dos formaciones: la esencialmente vulcanógena Cobre, y la sedimentaria San Luis.⁽¹⁾ La formación Cobre posee un espesor de casi 5000 m y ha sido dividida por los autores en 4 subformaciones: *Seco*, *Ermitaño*, *Sierra de Boniato* y *Charco Redondo*. La masa principal de los yacimientos y manifestaciones minerales se encuentra localizada en la subformación *Ermitaño*.

La primera (inferior) subformación *Seco*, está compuesta por rocas tobáceas y de lavas de composición intermedia y ácida. La segunda, *Ermitaño*, está formada por aglomerados, tobas de andesitas y dacitas, ignimbritas y lavas de estas rocas. Para la subformación *Sierra de Boniato* es característica la preponderancia de material tobáceo-sedimentario, entre los cuales se encuentran pequeños estratos de calizas, sílice y

sedimentaciones con manganeso, los que forman los yacimientos industriales de este mineral en esa región. La subformación Charco Redondo está compuesta por rocas sedimentarias: margas, calizas, tufitas y tobas. La formación suprayacente San Luis está formada por rocas carbonatadas y no contiene sedimentaciones vulcanógenas.

Dentro de los límites del sinclorium, particularmente en la zona de transición se ven numerosos extrusivos, sillares y diques de rocas básicas intermedias y raramente ácidas.

En el anticlinorium Sierra Maestra se han localizado grandes intrusivos de dioritas-plagiogranitos. Estos se distribuyen en las partes en que se cruzan las grandes fallas longitudinales con las complicadas series de pequeñas grietas transversales y fallas. La zona norte periférica del anticlinorium está compuesta por rocas de la subformación Seco. En consecuencia su límite con el sinclorium Este-cubano no está determinado. En la zona de transición se han localizado numerosos intrusivos pequeños y diques de rocas básicas, intermedias y ácidas, las cuales forman un campo complicado en las partes de intersección de las fallas transversales y las suturas longitudinales. Tales lugares frecuentemente coinciden con las zonas de exocontacto de intrusivos dioríticos.

Las regiones mineras principales (El Cobre y Bayamo) también se encuentran en estructuras entrecruzadas demostrando un vínculo preciso en el espacio con los intrusivos pequeños más jóvenes, los diques y cuerpos subvolcánicos.

El yacimiento *El Cobre* está formado por vetas y zonas lineales de vetas entrecruzadas, cuarzo-calcopiríticas, en venitas de las que frecuentemente, en calidad de mineral hipógeno, aparece yeso. Los yacimientos de este campo minero frecuentemente se encuentran en zonas de articulación de fallas de distintas direcciones, las cuales forman estructuras complicadas reabiertas para las soluciones hidrotermales en el período de formación de la mineralización. Los desplazamientos post-minerales en *El Cobre* son insignificantes y los minerales primarios no poseen huellas de metamorfismo dinámico. La mineralización aquí se considera más joven que en los últimos diques inclusive y no se encuentran en las sedimentaciones postgeosinclinales oligocénicas y más jóvenes, que forman las fosas Cauto y Guantánamo. Estos datos, según nosotros, indican en una forma determinada, la edad eocénica superior de la mineralización.

La profundidad de formación del yacimiento *El Cobre* y otras manifestaciones minerales en el cinturón Sur de Oriente está determinada por el método de restauración de la superficie que existía en el período de formación del mineral. Tal reconstrucción fue posible realizarla en la región minera analizada con más precisión que en otras, debido a las particularidades antes mencionadas de su geología. Los autores confeccionaron una serie de perfiles a través de las principales estructuras del sur de Oriente, en las cuales, por reconstrucción fue restaurada la superficie preoligocena y mostrada la situación de los yacimientos conocidos. Para la región minera *El Cobre* resultaron más características las profundidades de 1000-1700 m y para la región Bayamo, 500-1500 m. En la amplitud vertical de la mineralización de 1000 m es necesario considerar como no perspectiva para los trabajos de campo las partes del anticlinal Sierra Maestra, donde la erosión post-mineral alcanza 2500 m; los yacimientos ocultos pueden ser encontrados en los lugares propicios del sinclorium Este de Cuba, allí donde la erosión post-mineral no alcanza el nivel de 500-1000 m. Estos lugares se encuentran en primer orden en la continuación noroeste de la serie de fallas transversales de *Bayamo* y *El Cobre*.

CONCLUSIONES

Los yacimientos hidrotermales de cobre conocidos actualmente en Cuba, se encuentran en un territorio muy limitado, únicamente dentro de las fajas y regiones mineras, que coinciden con determinados elementos tectónicos preneógenos de la región eugeosinclinal. Entre ellos tienen una mayor significación los siguientes: 1) la faja minera del oeste de Pinar del Río, localizada en la zona de transición que separa el anticlinal norte-pinareño de la estructura sinclinal Viñales; 2) la faja minera del sur de Oriente, localizada en la zona de transición que separa el anticlinorium Sierra Maestra del sinclorium Este de Cuba; 3) la región minera, situada en la zona fronteriza norte del anticlinorium Trinidad; 4) la región minera Este de Oriente, situada en la zona fronteriza del macizo de pilar (horst) Sierra del Purial, en la franja prefronteriza con el sinclorium Este de Cuba y 5) la cadena discontinua de manifestaciones minerales que tienden a localizarse cerca de la gran falla Norte de Cuba, que separa la región eugeosinclinal de la miogeosinclinal.

Todas las regiones mineras y los yacimientos conocidos se localizan en zonas de transición de bloques, que se diferencian por su historia de desarrollo geológico y

con mayor frecuencia están separados por series de fallas. Aquellas partes, donde estructuras longitudinales se entrecruzan por fallas transversales y zonas lineales de pequeñas grietas son particularmente favorables. En algunos casos, en tales partes se ven flexuras de codo o cambios bruscos en la dirección de las rocas encajantes. La situación de los yacimientos en tales partes, por un lado se explica por los autores por el profundo carácter de las fallas fronterizas (que penetran hasta las fuentes de soluciones minerales) y por la existencia de estructuras favorables para la sedimentación mineral. Por otra parte, en la época post-mineral, como consecuencia del desarrollo de los elementos tectónicos, las zonas fronterizas de bloques tuvieron las mejores condiciones para preservar al yacimiento de la erosión.

El control magmático de la mineralización se manifestó claramente sólo en el sur de Oriente. Aquí los yacimientos son cercanos por su edad y están vinculados en espacio con los intrusivos pequeños jóvenes y los diques de rocas básicas e intermedias. Estos yacimientos probablemente tienen una misma fuente magmática y están ligados paragenéticamente. En otras regiones tal control se manifestó vagamente (Sierra del Purial, Trinidad) o en general no existe (Pinar del Río).

Se ha establecido que los yacimientos de cobre en las principales provincias mineras (sur Oriente y oeste Pinar del Río) lo más probable es que tengan edad eocénica superior y que fueron formados en la etapa final del desarrollo de las estructuras geosinclinales de Cuba. Por lo visto también tienen tal edad los yacimientos y las manifestaciones de cobre que se distribuyen en otras estructuras tectónicas.

La determinación de la profundidad de formación de los yacimientos fue realizada por los autores por el método de restauración del relieve de la superficie,

existente en el período de formación del mineral. Los datos obtenidos permiten llegar a la conclusión de que los yacimientos más grandes se formaron en condiciones de profundidades medianas y pequeñas de 500 hasta 2000 m, con una amplitud vertical de la mineralización de 600-1300 m. Tales yacimientos pueden conservarse únicamente en aquellos lugares donde la erosión post-mineral no sobrepasa 2500-3000 m. De acuerdo con esto para la prospección de los yacimientos ocultos se consideran favorables las áreas con indicios de mineralización, donde la erosión post-mineral no sobrepasa 500 m.

BIBLIOGRAFIA

1. G. Furrázola-Bermúdez, K. M. Judoley y otros. Geología de Cuba. La Habana, 1964.
2. K. M. Judoley, Y. P. Novojatski y otros. Mapa de los yacimientos minerales de Cuba, 1965.
3. Poplavsky, I. T. Informe de los resultados de los geólogos investigadores llevado a cabo en 1962-64 sobre la valoración de las perspectivas de los flancos del yacimiento Matahambre. Archivo I.C.R.M., 1964.
4. Hatten, G. W. Reporte geológico de la Sierra de los Organos. 1957. Archivo I.C.R.M.
5. Bilibin, Y. A. Epocas metalogénicas y provincias metalogénicas. Editora geológica del gobierno, 1954.
6. Cuchnarov, I. P. Profundidad de formación de los yacimientos hidrotermales y papel de los cortes erosivos durante el análisis metalogénico (como ejemplo las zonas Kuraminskaya, Asia Central) Geología de yacimientos minerales No. 6, 1963.
7. Puscharovski, Y. M.; Kripper, A. L.; Puig, M. Mapa tectónico de Cuba, escala 1:1'000.000, notas explicativas, 1965.
8. Trabajos de la Conferencia Metalogénica. Alma-Ata, 1963.
9. Tugarinov, A. I. Sobre las causas de la formación de las provincias mineras. Discurso en el simposio dedicado al centenario del nacimiento de V. I. Vernadski. 1964.

APENDICE

Explicación y clave del esquema metalogénico de los yacimientos hidrotermales de cobre en Cuba. (Inserto en el Atlas adjunto como Ap. Figura 1-B).

FIG. 1. Esquema metalogénico de los yacimientos hidrotermales de cobre en Cuba (realizado en base del esquema tectónico de Y. Puscharovski y otros y del mapa de minerales útiles de K. Judoley, I. Novojatski y otros).

Signos convencionales del esquema tectónico de Cuba.

(Confeccionado según el mapa tectónico de Cuba en escala 1:1000000).

Estructuras plegadas geosinclinales preneógenas eugeosinclinal cubano.

1. Zonas anticlinoria y áreas de levantamiento de bloques.
2. Núcleos de los anticlinoria y macizos de horst o pilar, compuestos por complejos metamórficos.
3. Zonas sinclinales y áreas de depresión de los bloques.

Miogeosinclinal septentrional cubano.

4. Borde suroeste del miogeosinclinal.

Estructuras de superposición oligocénicas principalmente miocénicas post-geosinclinales.

5. Contornos de las estructuras.
6. Partes arqueadas de las cuencas más grandes.

Estructuras recientemente formadas del plioceno-cuaternario.




7. Contornos de las estructuras.




Fallas.

8. Fallas de las zonas de articulación del eu- y el miogeosinclinal.
9. Otras grandes fallas (entre éstas las profundas).
10. Zonas de fallas de deslizamiento horizontal.
11. Corrimientos.

Otros símbolos.

12. Principales direcciones de las estructuras.
13. Principales direcciones de los macizos granitoides.
14. Domos salinos.
15. Zonas de acentuadas caídas de las anomalías de la fuerza de gravedad.
16. Zonas mineras.
17. Principales regiones mineras.

18. Yacimientos de cobre  grandes,  medianos,  pequeños, manifestaciones minerales.

19. Yacimientos polimetálicos,  grandes,  medianos,  pequeños, manifestaciones minerales.

20. Yacimientos de piritas  medianos,  pequeños, manifestaciones minerales.

Cifras en el esquema (Ap. Figura 1-B)

Estructuras geosinclinales plegadas y de bloques.

1. Mega-anticlinorium de Pinar del Río.
2. Sinclinorium de San Diego de los Baños.
3. Zonas plegadas de Bahía Honda; zona de bloques Mariel-Martí.
4. Bloque de La Habana.
5. Bloque de Matanzas.
6. Bloque de Madruga.
7. Anticlinorium de Santa Clara.
8. Sinclinorium de Cuba central.

9. Anticlinorium de Trinidad.

10. Anticlinorium de Camagüey.

11. Sinclinorium de Cuba oriental.

12. Anticlinorium de Mayarí-Baracoa.

13. Anticlinorium de la Sierra Maestra.

14. Macizo de horst o pilar de la Sierra del Purial.

15. Levantamiento de Isla de Pinos.

Cuenca de superposición post-geosinclinales (Pg₃-N₁).

16. Cuenca de Pinar del Río.

17. Cuenca de Ana María.

18. Cuenca de Guanacayabo.

19. Cuenca de Cacocum.

20. Cuenca de Nipe.

21. Cuenca de Guantánamo.

Estructuras tectónicas recientemente formadas (N₂-Q).

22. Cuenca del Hondo.

23. Cuenca de Zapata.

24. Cuenca del Cauto.

25. Cuenca de la Bahía de Nipe.

26. Cuenca del sur de Isla de Pinos.

27. Cadena insular de Mangles.

28. Cadena insular de Matías-Dios.

29. Cadena insular de los Jardines de la Reina.

Algunas grandes fallas.

30. Falla sur de Pinar del Río.

31. Falla central de Pinar del Río.

32. Falla de deslizamiento horizontal.

33. Corrimiento de Santa Clara.

34. Zona de sutura de Las Villas.

35. Falla de Trinidad.

36. Sutura de Camagüey.

37. Sutura de Oriente.

38. Falla de la Sierra Maestra.

Domos salinos

39. Punta Alegre.

40. Turiguanó.

41. Cunagua.

- I al V. Zona de una acentuada caída de las anomalías de la fuerza de gravedad.

Cifras:

Principales regiones mineras:

42. Matahambre

43. Francisco

44. Dora.

45. Carlota.

46. Bayamo.

47. El Cobre.

48. Elección.