

# Características comparativas de los yacimientos de cobre de Cuba

A. E. Tolkunov, E. P. Malinovski,  
R. Cabrera y G. Carassou

## INTRODUCCION

La Isla de Cuba constituye una parte del enorme cinturón mesocenoico del sistema geosinclinal de América. En su territorio están desarrollados grandes yacimientos de mineral de cobre que se refieren en lo principal a la formación de vetas pirito-calcopiríticas. También están ampliamente difundidos los yacimientos de pirita masiva, sulfurosos con oro y en menor cantidad los de skarn y cupro-molibdénicos.

De acuerdo con el programa conjunto de investigaciones científicas de la Academia de Ciencias de la Unión Soviética y de la Academia de Ciencias de Cuba, se realizó el estudio comparativo de los yacimientos de cobre de las regiones minerales de Cuba.

En este trabajo se dan a conocer nuevos datos obtenidos en el proceso de las investigaciones de campo en 1967 y 1969, la elaboración de los materiales en los trabajos de gabinete y de la recopilación de datos ya obtenidos.

Conjuntamente con la realización de las investigaciones se aprovecharon los datos de los informes manuscritos que se encuentran en los archivos de las minas, en el Fondo Geológico Nacional y también los ya publicados.

Los autores expresan su gratitud a la Presidencia de la Academia de Ciencias de Cuba, y también al Doctor Y. M. Puscharovski, así como a los Ingenieros I. Lisitsen, J. F. Albear, Antonio Calvache y otros, por su interés y ayuda en la realización de las investigaciones.

## Breve esbozo sobre la composición geológica e historia del desarrollo de la isla de Cuba.

En los límites de la isla de Cuba se destacan claramente tres grandes zonas tectónicas: miogeosinclinal, eugeosinclinal y una particular de costura de su articulación (Puscharovski y otros, 1967). Estas zonas tienen una extensión sublatitudinal, se continúan a través de casi toda la isla y se diferencian por su estructura geológica, historia de formación y mineralización (Fig. 1).

La zona miogeosinclinal, ubicada principalmente más al Norte de la isla, está representada sólo por un borde. La componen potentes (más de 5 000 m) sedimentos meso-cenoicos de carbonáticos, terrígenos, flyschoides, de yeso y sales, entre los cuales no se observan rocas magmáticas ni formaciones hidrotermales.

La zona de articulación entre el mio- y eugeosinclinal (Puscharovski y otros, 1967). de fallas grandes, entre las cuales las rocas sedimentarias y vulcanógenas, de edad Jurásico Inferior-Eoceno, están complicadas por pliegues estrechos y fallas de desplazamiento y corrimiento. La zona se compone de facies de aguas profundas de sedimentos calcáreo-silíceos, clásticos, carbonatados, de potencia grande, que a veces contienen horizontes de menor potencia de rocas vulcanógenas. Cerca de esta estructura principal disyuntiva de Cuba se ubica el cinturón de ultrabasitas, que se extiende por más de 900 km. La potencia de la zona de costura varía desde los primeros kilómetros hasta 12.

La mayor parte de la isla se ubica en la zona eugeosinclinal (Puscharovski y otros, 1967). Aquí están muy desarrollados las formaciones

vulcanógenas, intrusivos de diferentes edades y los yacimientos de cobre.

El corte estratigráfico de la zona eugeosinclinal no es igual en diferentes partes: en los bloques tectónicos separados, en las estructuras anticlinales y sinclinales, así como en las zonas de fallas grandes. De esta forma es posible separar tres grandes bloques tectónicos (Occidental, Central y Oriental), que están divididos por fallas transversales y que se diferencian por el régimen de acumulación de sedimentos, por el magmatismo efusivo e intrusivo y por la intensidad de las deformaciones plicativas y disyuntivas (Fig. 1).

En el límite del bloque tectónico de Occidente el magmatismo efusivo e intrusivo no está revelado fuertemente. En comparación con otras regiones de la zona eugeosinclinal, aquí las estructuras disyuntivas y de plegamientos tienen la dirección noreste. En el corte de este bloque (ver la columna A, Fig. 1), se destacan unos cuantos complejos de rocas de diferentes edades (Furrazola-Bermúdez y otros, 1964). Los más antiguos son los sedimentos arenisco-esquistosos del período Jurásico Inferior-Medio, los cuales componen gran parte del bloque tectónico occidental y salen a la superficie en las zonas levantadas del anticlinorio de Pinar del Río. Estas rocas han sufrido un metamorfismo moderado, tienen plegamientos complicados y una gran potencia. Encima de ellas yacen diferentes tipos de calizas del período Jurásico Superior, con una potencia de cerca de 1 000 m.

Los sedimentos vulcanógeno-sedimentarios del Cretácico inferior y en parte del superior, están desarrollados principalmente en la zona noroeste del bloque tectónico, aunque se observan también en la parte sur del bloque y en las zonas estrechas a través de las fallas más grandes de la parte anticlinoria de Pinar del Río. Su potencia es bastante grande en la depresión. En estos complejos de rocas se emplazan intrusiones de ultrabásitas, de rocas básicas, intrusivos pequeños de porfiritas dioríticas, cuarzodioritas y diabásicas.

La actividad vulcanógena y los procesos principales de formación de pliegues en el Oeste de Cuba se terminaron en el Cretácico Superior, antes que en otras partes de la isla.

Por la periferia de este bloque tectónico están ampliamente desarrollados los sedimentos de edad Cretácico Superior-Cuaternaria, que cubren discordantemente todos los complejos de rocas mencionados anteriormente. Estos sedimentos yacen en depresiones de superposición y a menudo tienen potencia muy grande.

En el bloque tectónico Central (B) la particularidad principal consiste en el amplio desarrollo de las rocas vulcanógenas de edad cretácica y de fallas tectónicas de dirección noroeste (Furrazola-Bermúdez y otros, 1964). La base del bloque la componen los diferentes esquistos metamórficos y rocas metamorizadas carbonatadas precretácicas con una potencia muy grande (10 000-12 000 m). Están ampliamente desarrollados en los núcleos anticlinales de Trinidad y Santa Clara (Fig. 1). Más arriba yacen rocas metamorizadas vulcanógenas y sedimentarias del Cretácico Inferior. Estas últimas se cubren por sedimentos vulcanógeno-sedimentarios del Cretácico Inferior y Superior, representadas por andesitas y tobas de la composición media con capas de rocas sedimentarias. Tienen una potencia grande (1 000-5 000 m) y componen las estructuras principales del bloque Central, sinclinorio central cubano y anticlinorio de Camagüey (Puscharovski y otros, 1967). Las rocas que yacen más arriba son las vulcanógeno-sedimentarias del Cretácico Superior, por lo visto, de gran potencia, que están desarrolladas en la parte oeste del bloque tectónico en los límites de la zona Mariel-Martí. Los sedimentos paleógeno-cuaternarios se ubican por la periferia de las estructuras anticlinales y sinclinales, frecuente relleno tardío de profundas cuencas.

En la estructura del bloque central un papel principal lo juegan las dislocaciones transversales noroeste y noreste y también las intrusiones de diferente edad que se refieren a la zona de la falla Central. En la zona de esta falla están desarrolladas las facies subvolcánicas y

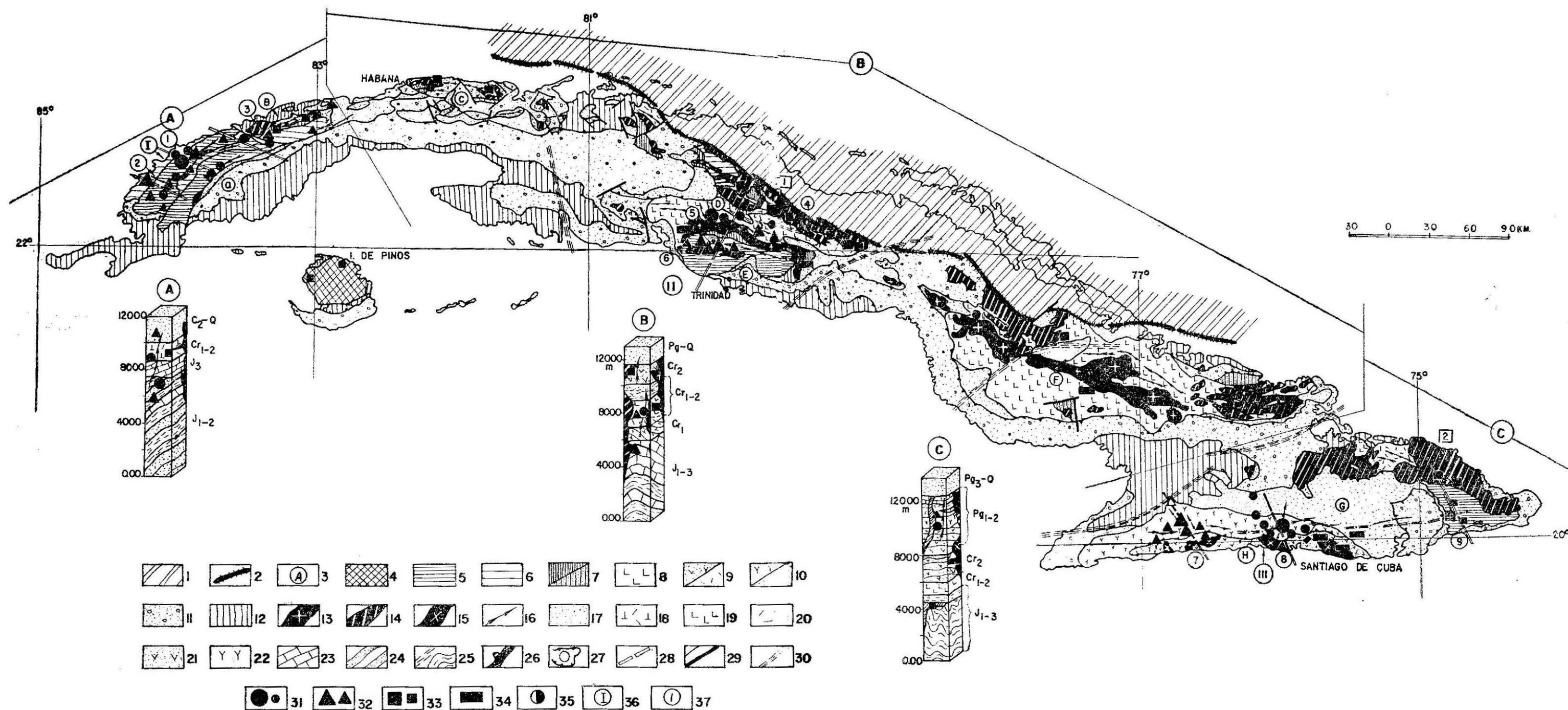


Figura 1

# ESQUEMA DE LA DISTRIBUCION DE LOS YACIMIENTOS DE COBRE DE CUBA

1 — Zona miogeosinclinal; 2 — Falla profunda de la zona de transición entre el eu. y miogeosinclinal; 3-37 — Zona eugeosinclinal: 3 — Grandes bloques tectónicos: A, Occidental; B, Central; C, Oriental; 4 — Rocas metamórficas; 5 — Rocas metamórficas J<sub>1-2</sub>; 6 — Rocas sedimentarias J<sub>3</sub>; 7 — Rocas vulcanógeno-sedimentarias Cr<sub>1</sub>; 8 — Rocas vulcanógeno-sedimentarias Cr<sub>2</sub> (hasta el Maestrichtiano); 9 — Rocas vulcanógeno-sedimentarias Cr<sub>2</sub> (Maestrichtiano y Postmaestrichtiano); 10 — Rocas vulcanógeno-sedimentarias Pg<sub>1-2</sub>; 11 — Paquetes sedimentarios Oligoceno-Miocénicos; 12 — Paquetes sedimentarios Plioceno-cuaternarios de las estructuras jóvenes; 13 — Granitoides Cr<sub>2</sub>; 14 — Rocas ultrabásicas y básicas Cr<sub>2</sub>; 15 — Granitoides Pg<sub>2</sub>; 16 — Pequeños intrusivos de dioritas y

dioritas porfiritas Pg<sub>2</sub>; 17-26 — Significación suplementaria en las columnas: 17 — Paquetes sedimentarios; 18-22 — Rocas vulcanógeno-sedimentarias: 18 — De composición básica; 19 — Principalmente efusivos de composición básica (poco diferenciadas); 20 — Principalmente tobas, tufitas, de composición básica y media; 21 — De composición media; 22 — De composición básica y ácida (bien diferenciadas); 23 — Rocas carbomáticas; 24 — Areniscas, aleuritas y argilitas; 25 — Esquistos; 26 — Extrusivos; 27 — Estructuras principales: A — anticlinorio Pinar del Río, B — zona plegada de Bahía Honda, C — bloque de la zona Mariel-Martí, D — sinclinorio Central Cubano (zona Tobas), E — anticlinorio Trinidad, F — anticlinorio de Camagüey, G — sinclinorio Oriental Cuba-

no, H — anticlinorio Sierra Maestra; 28 — Zonas de elevación (ejes de fundamento de los sinclinorios); 29 — Fallas; 30 — Gradientes de las anomalías gravitacionales; 31-35 — Yacimientos de cobre grandes, medianos y pequeños: 31 — De vetas pirito-calcopiríticas; 32 — Tipo lentes piritosas; 33 — Zonoz-sulfurosos con oro; 34 — De skarn; 35 — Cobre molibdenicos; 36 — Yacimientos minerales: I — Pinar del Río, II — Las Villas, III — Oriente; 37 — Zonas minerales estrechas: 1-Matahambre-El Mono, 2-Mantua-Castellano, 3-Camagüey, 4-San José-La Buena, 5-San Fernando-Los Cerros, 6-Victoria-Guadiana, 7-La Cristina-Bayamita, 8-El Cobre-Gran Piedra, 9-Elección-Olga.



de cuello volcánico de los efusivos ácidos de edad Cretácico Superior, así como también pequeños intrusivos jóvenes y diques de porfiritas dioríticas y diabásicas.

En la parte norteña del bloque, cerca de la zona de intersección del eu- y miogeosinclinal, se ubica un potente cinturón de las rocas del Cretácico Superior, de composición ultrabásica y básica. Un cinturón más pequeño de ultrabásitas se observa en la parte sur de este bloque.

En la estructura del bloque tectónico oriental participan cinco complejos de rocas de diferente edad (Fig. 1). Las más antiguas de ellas salen a la superficie en la parte este del bloque y forman el llamado macizo tipo "horst" de la Sierra del Purial (Puscharovski y otros, 1967). Están representadas por diferentes rocas vulcanógenas de la formación porfiritas de edad jurásica (?) metamorizadas y plegadas. Su potencia alcanza unos cuantos miles de metros.

Por la periferia de este saliente de las rocas antiguas, en el límite del anticlinal Mayarí-Baracoa, están desarrolladas porfiritas del Cretácico Inferior-Superior, sus tobas y brechas, con capas de las rocas sedimentarias, que tienen una potencia de cerca de 2000 m.

La parte principal del bloque oriental, el flanco del Norte del anticlinorio de la Sierra Maestra y la parte sur del sinclinorio Este Cubano, los componen los sedimentos vulcanógenos del Cretácico Superior y del Paleógeno Inferior y Medio. Están representados por espesores potentes (hasta 3000-4000 m) de basalto, andesita-dacita y rocas piroclásticas, con muchos extrusivos de composición media y ácida.

Las rocas vulcanógenas se cubren discordantemente por los sedimentos terrígenos de edad paleógeno superior-cuaternaria, que no contienen rocas magmáticas y representan un piso estructural más joven. En los límites del bloque tectónico Oriental están ampliamente desarrolladas dislocaciones tectónicas sublongitudinales, con dirección noroeste e intrusivos de diferente edad. En la parte norte del bloque se observa un cinturón potente de intrusivos de edad Cretácico Superior de las rocas ultrabási-

cas y básicas; y en la zona extrema del Sur intrusivos eocénicos de composición granitoide (Laverov, N., Cabrera, R., 1967). En las zonas de algunas fallas se ubican intrusivos subvolcánicos más jóvenes y diques de porfiritas dioríticas diabásicas.

Los datos mencionados anteriormente demuestran que el cese del régimen eugeosinclinal no se realizó al mismo tiempo en todo el territorio de la isla, sino paulatinamente, desde el Oeste hacia el Este. Al principio esto ocurrió en la parte oeste extrema de la isla, y por el tiempo, al parecer, coincidió con la etapa de establecimiento del anticlinorio de Pinar del Río. Después de la depresión eugeosinclinal se trasladó a los límites del bloque tectónico central. En el período Cretácico aquí se formaron potentes sedimentos vulcanógenos de composición media y básica. Es de notar que ya en el Cretácico Superior las erupciones activas volcánicas ocurrían sólo en las zonas periféricas del Este y Oeste del bloque tectónico Central.

Durante el Paleógeno los sedimentos vulcanógenos se formaron sólo en la parte sureste de la isla, en el bloque tectónico Occidental.

En el proceso de desarrollo de la zona eugeosinclinal hubo cambio de régimen de acumulación de los sedimentos vulcanógenos y de la composición de las vulcanitas. En el período más temprano, en los límites del bloque tectónico Occidental, se formaron rocas vulcanógenas poco diferenciadas de la formación basaltoide, alternándose con depósitos sedimentarios. En el período más tardío, en los límites del bloque tectónico Central, predominaban las condiciones de mar somero, características para el régimen de los arcos insulares y se acumulaba una sucesión de vulcanitas diferenciadas de la formación basaltoide-liparita (andesito-dacita, sus tobas, tufitas estratificadas, liparitas y calizas). En la etapa final del desarrollo del eugeosinclinal, en la parte extrema de éste, en las condiciones continentales, muchas veces, casi simultáneamente, se formaban basaltos, dacitas, ignimbritas y "sills" de andesita-dacita y liparitas, y liparita-basaltoide bien diferenciada.



En la misma dirección (del Oeste al Este) migraban las revelaciones del magmatismo granitoide intrusivo: en el bloque Central son de edad Cretácico Superior y la composición más ácida; en el bloque Oriental, Eoceno, están representadas por granitoides de composición ácida moderada.

Independientemente de las tendencias del desplazamiento consecutivo del magmatismo geosinclinal y de la formación de plegamientos del Oeste hacia el Este, simultáneamente, en toda la extensión de la isla, se formó un cinturón grande de roca del Cretácico Superior, de composición ultrabásica y además el cinturón de los pequeños intrusivos, con los cuales están vinculados en el espacio y en el tiempo los yacimientos de cobre. Dichos cinturones, en toda su extensión, surgieron independientemente de la etapa de desarrollo geosinclinal en que se encontraba el bloque tectónico atravesado. El

hecho de tal magmatismo "transgeosinclinal" intrusivo, por lo visto, ligado con una potente activación tectónica de grandes fallas profundas, constituye el aspecto específico metalogénico del territorio de la isla de Cuba.

#### **Yacimientos de cobre.**

Actualmente en Cuba son conocidos cerca de 170 yacimientos de cobre y manifestaciones, concentrados en tres áreas relativamente pequeñas de la zona eugeosinclinal, como regiones minerales separadas: Pinar del Río, Las Villas y Oriente (Fig. 1). Fuera de estas regiones minerales se observan sólo pequeños yacimientos y manifestaciones.

En las regiones minerales los yacimientos de cobre forman zonas alargadas en una línea y núcleos minerales de forma isométrica (terminología de E. Shatalov, 1964).

## I. YACIMIENTOS DE COBRE DE LA REGION MINERAL DE PINAR DEL RIO

La mineralización endógena del Oeste de Cuba se concentra en la región mineral de Pinar del Río, que se extiende en una dirección noroeste por más de 175 kilómetros y tiene un ancho de 30–40 km. En sus límites son conocidos cerca de 70 yacimientos y manifestaciones de cobre, de menas polimetálicas y de piritas cupríferas, y también unos cuantos de barita y oro. Los yacimientos no están distribuidos de modo igual. La masa principal de los de cobre (más de 60%), entre ellos todos los grandes, está concentrada en el flanco norte del anticlinorio de Pinar del Río. El 15% de ellos se encuentra en la parte este de la región, en los límites de la zona estructural-facial de Bahía Honda; aproximadamente la misma cantidad es conocida en el flanco sur del anticlinorio. Algunas revelaciones aisladas se observan en la zona ancha del desplazamiento occidental cubano y en la zona central sinclinal del anticlinorio.

Se considera que la región mineral tiene una construcción desigual, determinada por su situación geológica. En lo fundamental se extiende en los límites de una gran estructura, el anticlinorio de Pinar del Río. En la parte este de la región alcanza a la llamada zona estructural-facial de Bahía Honda.

La mayor parte del área del anticlinorio de Pinar del Río está compuesta por un espesor homogéneo terrígeno de areniscas y esquistos, de edad Jurásico Interior y Medio, llamada formación San Cayetano. Estas rocas forman pliegues disarmónicos con ángulo de buzamiento en sus flancos de 80° a 40°. Se desarrollan fallas longitudinales, a lo largo de las cuales el plegamiento es más intenso. La potencia visible de la formación consta de 2 200–2 500 metros.

En la parte central baja del anticlinorio, como en algunas zonas aisladas de las fosas

tectónicas sinclinales, se conservan los sedimentos carbonatados del Jurásico superior (calizas estratificadas macizas, y menor cantidad de esquistos y areniscas), los cuales tienen un espesor general de 1 000–1 300 m. Estas rocas forman elevaciones no muy altas, con las formas cársicas características conocidas por mogotes, que se yerguen sobre el paquete de areniscas-esquistos de la formación San Cayetano.

Si la parte principal de Pinar del Río, en el período Cretácico, era la estructura mayor geoanticlinal, la parte del Este (la zona estructural-facial Bahía Honda), sufría hundimiento considerable. Según los últimos datos de P. Volodin, B. Biriukov y otros, sobre la superficie erodada de las rocas jurásicas yace aquí un espesor vulcanógeno-sedimentario del Cretácico Superior. Su potencia general en el Este de la zona es de unos 3 000 m, en el Oeste no sobrepasa los 1 500 m. En la parte inferior del paquete yacen principalmente calizas, esquistos arcillosos y silíceos (pedernales) con los horizontes de porfiritas basálticas en la parte media y superior. En la parte superior del perfil ocurren potentes porfiritas basálticas, tobas y calizas arenosas.

Por las zonas estrechas de las fosas de graben sinclinal, que se alargan en la dirección de las grandes fallas regionales, las rocas vulcanógenas del Cretácico Superior se extienden hacia el Oeste, a través de todo el anticlinorio de Pinar del Río; aquí su potencia no alcanza más de 150–400 m. En la base de estas fosas tectónicas sinclinales, con frecuencia se observan calizas del Jurásico Superior.

En las partes periféricas más extremas del anticlinorio de Pinar del Río se desarrollan ampliamente sedimentos tranquilos paleógenos (areniscas, conglomerados, aleurolitas) de un espesor relativamente pequeño (hasta 100–150 m). Fuera de los límites de la zona examinada,

a lo largo de su frontera sur, que se determina por la falla regional Pinar, y también hacia el noroeste, los espesores del Paleógeno crecen bruscamente, alcanzando varios centenares de metros. Allí también están desarrollados sedimentos más jóvenes del Neógeno, que raras veces cubren partes a lo largo de algunas depresiones tectónicas sinclinales rectas del Cretácico Superior, en los límites del mismo anticlinorio de Pinar del Río.

El magmatismo, en los límites de la región mineral de Pinar del Río, está representado más débilmente que en otras regiones de Cuba (Central y Este). Aquí están ausentes grandes intrusiones batolíticas de granitoides y el cinturón de rocas ultrabásicas del Cretácico Superior, tan característico para todo el geosinclinal cubano, se expresa débilmente. Un macizo grande de ultrabásitas (Cajalbana) se conoce en la parte este de la región. En dicho macizo, en dirección Este, se distribuye un potente cuerpo en forma de dique de serpentinita, que por lo visto, fija la zona de falla profunda longitudinal. Se observan pequeños cuerpos de serpentinitas a lo largo de las fallas en la zona central sinclinal del anticlinorio de Pinar del Río, y lentes de serpentinitas plegadas (con relictos de harzburgita) ocurren también en las zonas estrechas de las fosas tectónicas sinclinales. Al Oeste de la región está emplazado un macizo relativamente grande de rocas gabroides.

Respecto a la formación de las menas, el mayor interés lo representan las manifestaciones del magmatismo más tardías, de composición media y básica. Son principalmente basaltos, andesitas basálticas y porfiritas del Cretácico Superior, que están ampliamente distribuidas en la parte Este de la región mineral de Pinar del Río, donde encaja una mineralización de cobre industrial. Las rocas más jóvenes que las expresadas anteriormente son efusivos de composición media (andesito-dacitas y otros). En algunas partes los efusivos del Cretácico Superior son cortados por "stocks" de dioritas hornbléndicas de grano fino, que a su vez están cortados por diques de espessartitas. Para terminar,

las manifestaciones del magmatismo más tardías encontradas en algunos yacimientos de cobre, son intrusivos de formas irregulares, más raramente cuerpos isométricos en forma de "stocks" de lavas-aglomerados, de composición andesítica-dacítica o dacítica.

La mineralización hidrotermal de la región mineral de Pinar del Río, en general está representada por dos formaciones minerales pirito-polimetálica y pirito-calcopirítica de vetas. Las particularidades de la distribución de estos yacimientos permiten separar en la región examinada tres zonas minerales (según Lisitsen, 1969): Matahambre-Francisco (1) en Fig. 1, Mantua-Castellano (2) en Fig. 1, y Júcaro-Buenavista (3) en Fig. 1. En los límites del anticlinorio Pinar del Río a Júcaro-Buenavista en la zona plegada de Bahía Honda (signo B de la Fig. 1).

#### **Zona mineral Matahambre-Francisco.**

Los yacimientos de esta zona mineral, incluyendo la mayor concentración de cobre de Cuba, Matahambre, ocurren en las rocas arenisco-esquistosas de la formación San Cayetano, del período Jurásico Inferior y Medio. Están concentrados en un cinturón ancho a lo largo del límite norte del sinclinorio central, y también en la parte media del flanco norte del anticlinorio Pinar del Río, en los lugares donde se curva, de sublatitudinal a noreste, el rumbo de las estructuras. Los principales elementos de control de la mineralización son las fallas profundas longitudinales, que se expresan en la superficie por las zonas estrechas de fosas tectónicas sinclinales y la manifestación del magmatismo cretácico superior y paleogénico.

En la distribución de la mineralización influyen también las estructuras orientadas transversalmente; cortas, pero claramente expresadas por las fallas de rumbo noroeste y curvaturas cortantes, que se notan por un estrechamiento de la anchura de la parte central de la zona de graben sinclinorio. En la faja que abarca dicha curvatura se ubica el yacimiento Matahambre, y en su prolongación ha-



cia el noroeste están los de Castellano y Santa Lucía, en la zona mineral de Mantua-Castellano (Fig. 1).

La mineralización endógena de la zona mineral examinada está representada por yacimientos piríticos con zinc y plomo y pobre mineralización de cobre y de vetas calcopiríticas o piritocalcopiríticas. Los explorados e investigados son los del campo mineral Matahambre, al Este de la zona mineral Matahambre-Francisco. En éstos trataremos de caracterizar las particularidades de la mineralización de cobre de dicha región.

Durante el proceso de explotación del yacimiento Matahambre, desde hace más de 50 años, se evidenció la enorme envergadura vertical de la extensión de la mineralización industrial (cerca de 1 600 m). El estudio de la estructura del yacimiento fue realizado por el geólogo norteamericano Pennebaker, a principio de los años cuarenta; después de la Revolución por los geólogos soviéticos V. Orobey y J. Poplavski. El balance de todas las investigaciones fue hecho por Laverov y Cabrera (1967). La ausencia, según los datos de todos los investigadores anteriores, de rocas eruptivas en la región del yacimiento, provocó la aparición de diversos conceptos acerca de la procedencia singenética de la mineralización de cobre y pirítica.

Estas divergencias en la interpretación genética de los procesos geológicos que formaron los yacimientos minerales de la región de Matahambre, obstaculizaron la orientación científica de los trabajos de búsqueda y exploraciones de cobre en toda la parte noroeste de la provincia de Pinar del Río.

### Estratigrafía.

Es conocida la dificultad para determinar algunas unidades estratigráficas en el monótono espesor arenisco-esquistoso de la formación San Cayetano. La separación de las fracciones más pequeñas se realiza generalmente según la proporción relativa de arenisca y esquisto en el corte; justamente así procedieron al cartografiar este terreno los geólogos Pene-

baker (1944) y Poplavski (1964). En la parte central del terreno aproximadamente coinciden sus esquemas estratigráficos y líneas de contacto en el mapa (Fig. 2). Por eso nosotros admitimos la división de los espesores propuestos por estos autores, pero hacemos una separación más detallada de la parte subyacente e infra-yacente del paquete, de abajo hacia arriba (Fig. 2).

1. Esquistos "costado yacente" que se observan al Oeste del yacimiento "El Mono."

2. Areniscas "costado yacente" caracterizadas por un horizonte de areniscas esquistosas y areniscas finamente estratificadas con algunas capitas de aleurolitas. Su espesor es de 350-400 m.

3. "Esquistos del Este". Se extienden bajo el horizonte principal de areniscas encajantes de la mineralización. Su espesor es de 400-600 m.

4. Areniscas de "Matahambre-Ruiseñor". Están descritas detalladamente por Poplavski bajo el nombre de "paquetes encajantes". Tienen un espesor de cerca de 300 m. Comienzan por dos grandes capas de areniscas, después el corte se transforma en "flysch" y luego en una serie de estratos de areniscas estratificadas con pequeñas capas de esquistos arcillosos y arcillo-carbonosos.

5. Encima se puede separar un horizonte de 200 m de esquistos arcillosos y carbono-arcillosos (Serie Pozo de Pennebaker), que a menudo contiene capas de arenisca de un espesor de 5-10 m, a veces hasta 20 m. La cantidad de capas de areniscas y su espesor aumentan hacia la parte superior del horizonte.

6. Más arriba yace el horizonte aleurolítico (Serie Laguna) con aisladas capas de esquistos arcillosos. Tiene un espesor de cerca de 250 m. Este horizonte está caracterizado por B. S. Vachrameev como Jurásico Medio, según el estudio de la flora de helechos.

7. Horizonte característico de "esquistos del Oeste". Tiene un espesor de 110-90 m.

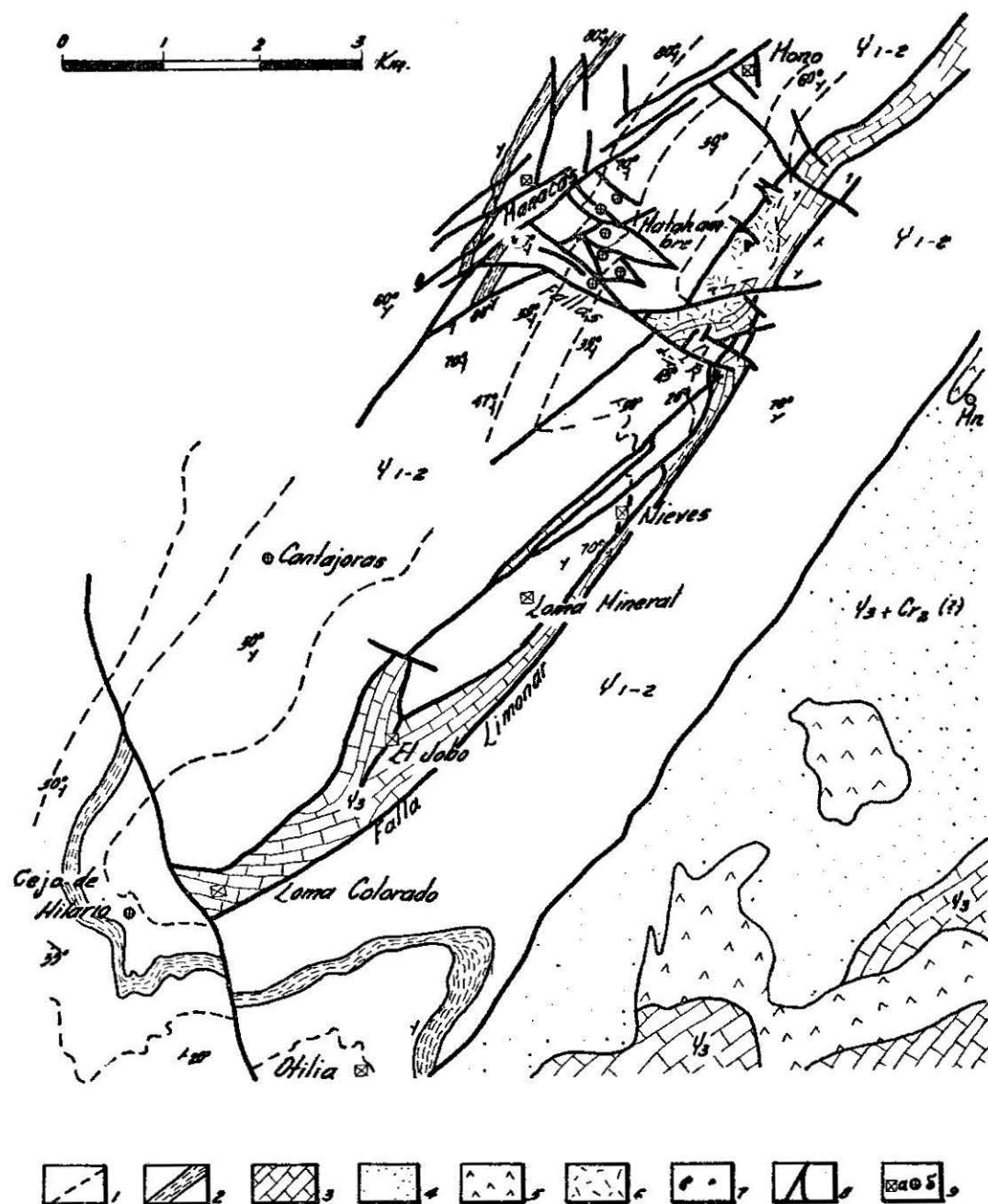


Figura 2

Esquema estructural de la región de Matahambre-El Mono (preparado por E. P. Malinovski y G. Carassou con los datos de I.T. Poplavski, B.A. Kasansieva y otros, 1965) 1 — Areniscas esquistos  $J_{1-2}$  (formación San Cayetano), y contactos entre los paquetes separados; 2 — Horizontes esquistosos; 3 — Calizas  $J_3$ ; 4 — Paquete no separado y sedimentos carbonatados; 5 — Serpentinitas; 6 — Paquete efusivo-sedimentario; 7 — Dioritas y andesito-dacitas; 8 — Fallas; 9 — Yacimientos y manifestaciones: a) cobre, b) lentes piritosas con plomo y zinc.

En la zona de graben-sinclinal, a lo largo de todo el yacimiento, en el valle del arroyo Limonar, se observan calizas del Jurásico Superior y sedimentos vulcanógeno-sedimentarios del Cretácico Superior (?)

Las calizas bituminosas del Jurásico Superior yacen como una lámina (placa) tectónica a lo largo de la falla regional Limonar. En las calizas está bien marcada la estratificación, sobre todo por capas de poco espesor de pedernal en la parte superior del horizonte. En esta misma parte están desarrolladas las inclusiones lenticulares de areniscas y calizas arcillosas.

El paquete vulcanógeno-sedimentario está separado en el campo mineral de Matahambre por primera vez. Su espesor oscila entre cero y 350 m. En su base yacen conglomerados y areniscas de grano medio, después vienen las aleurolitas de capas finas, a veces conteniendo fragmentos de areniscas. Más arriba, en la capa superior, yacen conglomerados esquistosos con cemento arcilloso, que a veces se transforman en tobas, conglomerados, aglomerados, o en tobas aleurolíticas. Aquí se encuentran los lentes de esquistos carbonatados. En los esquistos aleurolíticos y en las rocas efusivas de este horizonte, están intensamente reveladas la cloritización, carbonitización y a veces la sericitización. La edad cretácica superior del paquete está determinada condicionalmente, basándose en el complejo de restos de fauna mal conservados, análogos para las rocas del período Cretácico Superior de las regiones vecinas.

Tal es en términos generales el corte estratigráfico de la región estudiada. En resumen se puede decir que las rocas sedimentarias del Jurásico Inferior y Medio, son depósitos de mar poco profundo, a veces con estratificación cruzada, con signos de rizaduras en la superficie de los planos de estratificación, huellas de socavación locales, cambios faciales y espesores inconstantes de algunos horizontes. Todos los sedimentos son ricos en sustancias orgánicas y están bastante piritizados.

### Rocas eruptivas.

Al Este y sureste del yacimiento Matahambre, en la zona del graben-sinclinal, ocurre una serie de formaciones vulcanógenas e intrusivas. Previamente se pueden determinar dos grupos de tales rocas: 1) preplegadas, principalmente de formación efusiva andesito-dacita, y 2) postplegadas, que son rocas extrusivas e intrusivas compuestas por porfiritas dioríticas.

La faja de desarrollo de las rocas efusivas, en general, coincide con el horizonte de los esquistos cloríticos y conglomerados, que yacen directamente sobre la superficie erodada y carsificada de calizas bituminosas del Jurásico superior. Macroscópicamente, entre estas vulcanitas se destacan tobas esquistosas, tufitas y andesito-dacitas.

Las formaciones intrusivas y extrusivas postplegamiento son dioritas hornbléndicas de grano fino y aglomerados, que forman cuerpos no muy grandes al Sur y Oeste del yacimiento.

Las dioritas son cuerpos magmáticos más jóvenes, que se manifiestan en la región y se establecen en la zona de la gran falla regional Limonar, y también en la prolongación de las fallas transversales que controlan la mineralización de cobre del yacimiento Matahambre.

### Estructura del campo mineral.

El campo mineral Matahambre está ubicado en el arco extremo del flanco del anticlinorio de Pinar del Río, cortado por una serie de dislocaciones abruptas longitudinales. Una de estas fallas limita la mineralización del yacimiento Matahambre hacia el sureste. Esta falla, que nosotros denominaremos Limonar, es claramente descifrada por aerofoto por la forma recta del valle del arroyo Limonar. A lo largo de esta falla se extiende la zona graben-sinclinal con una anchura de 60-80 m hasta 600-800 m (Fig. 2). En la base de la fosa tectónica sinclinal yace una potente placa tectónica carbonatada, fuertemente deformada, del Jurásico Superior, con ángulos de buzamientos que alcanzan 80-90°. Estas calizas yacen sobre el paquete vulcanógeno-sedimentario de edad Cretácica superior.



paleogénica (?) con una marcada discordancia y sobre una superficie erosionada y carsificada. Estos sedimentos se diferencian por su ángulo de inclinación (10-40°). Se destacan con precisión cuerpos lenticulares de rocas vulcanógenas y formaciones de cuello volcánico en la parte este del yacimiento; esto refleja aquí la existencia, en cierta medida, de aparatos volcánicos.

La contextura de los espesores arenisco-esquistosos de la formación San Cayetano integra la parte principal del campo mineral Matahambre, formando la zona de graben sinclinal limitada por la falla Limonar, que corta bajo ángulo agudo el pliegue anticlinal y que se puede seguir a través de todo el campo mineral Matahambre. Este pliegue está desarrollado en las rocas subyacentes, a los principales horizontes mineralíferos del yacimiento Matahambre. Por su forma es un anticlinal asimétrico que complica la secuencia de rocas sedimentarias, que buzan en forma monoclinal. Su flanco norte es más tranquilo y suave, mientras que el flanco sur está complicado por una serie de pliegues abruptos, frecuentemente isoclinales, sinclinales y anticlinales, que contactan con la zona de plegamientos siguiendo la falla Limonar. La dirección de la charnela del anticlinal es nordeste, aproximadamente 50°. La línea de la charnela se hunde hacia el suroeste. En la parte de la charnela del anticlinal, generalmente se observa un plegamiento extremadamente complicado e intenso en una zona de unos 100 m de ancho.

El fallamiento en el área del campo mineral de Matahambre está estrechamente relacionado con dislocaciones plicativas. En su mayoría éstas surgieron en la etapa final de la formación de pliegue. En muchos casos se ha establecido el tránsito de curvaturas bruscas, tipo flexura, en la secuencia de rocas sedimentarias a dislocaciones de fallamiento tipo cizallamiento.

Zonas de plegamiento intenso se observan también en las áreas situadas entre las diversas fallas tipo "coulises". Nos parece que muchos de los investigadores precedentes del yacimien-

to Matahambre no han apreciado bien la importancia de las deformaciones de pliegues en la secuencia de las rocas y contemplaron las dislocaciones de fallamiento separadas del complejo de deformaciones por plegamiento del bloque mineralífero.

Entre las dislocaciones de fallamiento del campo de mineralización de Matahambre se distinguen claramente dos grandes grupos: las longitudinales, de dirección nordeste; y las transversales, de dirección noroeste. A las primeras pertenece la conocida falla Manacas, que ha ejercido una influencia indudable sobre la localización de las menas del yacimiento. Es muy probable que esta falla no tenga un significado regional y constituya uno de los eslabones de la serie de fallas tipo "coulises" de dirección nordeste.

Por los cortes a través del yacimiento Matahambre, expuestos en muchos trabajos, puede apreciarse que el bloque noroeste está hundido siguiendo la falla Manacas. Sin embargo, los mapas geológicos evidencian un sentido contrario del movimiento. A esta misma conclusión, por lo menos en relación con el período de postmineralización de la historia del desarrollo de la estructura del yacimiento, han llegado también los geólogos de la mina, Y. Letáiev y V. Kral. La cuestión relacionada con el sentido del movimiento por la falla Manacas, todavía espera una respuesta definitiva. Como demostraremos más adelante, lo más probable es que los movimientos por la falla Manacas tuvieran un carácter de charnela.

Entre las fallas transversales, un interés principal lo representa la importante zona controladora de la mineralización de fallas transversales Alfa-Beta. Nosotros pudimos observar algunas de las fallas de esta zona hacia el Este, hasta el valle del arroyo Limonar. Estas fallas, al igual que algunas otras, situadas más al Norte, tienen un buzamiento nordeste y, por lo general, son perpendiculares a la línea de la charnela del pliegue anticlinal.

En la parte noroeste extrema del campo mineral han sido descubiertas y mapeadas las

dislocaciones de fallas de dirección sublatitudinal, con un buzamiento al norte con ángulo de 70-80°. Por su orientación y posición se puede relacionarlas con la falla 44, establecida en los horizontes superiores de la mina Matahambre.

El área que contiene las principales menas del yacimiento está constituida de manera más compleja. En ella se manifiestan tanto los pliegues longitudinales como los transversales y se desarrollan también numerosas dislocaciones de fallas longitudinales y transversales.

Los pliegues longitudinales se manifiestan aquí por la modificación bastante brusca de los ángulos del buzamiento de la estratificación de las rocas, desde 30-45 a 60-70°. Los pliegues transversales se establecen por una modificación del azimut de dirección de la estratificación, generalmente de 15-20 a 70-90°. Estos pliegues están manifestados con más claridad en las áreas con buzamiento abrupto en una amplia zona a lo largo de la falla Manacas. En este mismo bloque están ampliamente desarrollados los pliegues estirados con superficies axiales suaves. El más grande aparece entre el pozo 3 y el cuerpo mineral 30. El largo del flanco de este pliegue excede los 120 m. Sus superficies axiales, al igual que las de otros pliegues más pequeños, tienen una dirección de 20-30° y un buzamiento al noroeste con un ángulo de unos 30°. Reemplazando estos pliegues, se manifiestan en la dirección suroeste las fallas longitudinales de Ruiseñor.

A medida que nos aproximamos al eje del anticlinal se manifiesta un número cada vez mayor de pliegues estirados con una posición abrupta de la superficie axial. Por lo general, las líneas de las charnelas de los mismos se hunden al suroeste con un ángulo de 10-30° (evidentemente, como la línea de la charnela del propio anticlinal). Asimismo, la línea de las charnelas de los pliegues estirados, que aparecen en el bloque hacia el noroeste de la falla Manacas por lo general, está inclinada al noroeste, también con un ángulo de unos 10-20°.

Semejantes diferencias en la orientación de los pliegues estirados indican la probabilidad

de que en el área de contacto de estos bloques debió suceder una deformación de torsión. El bloque mineralífero central fue así empujado hacia arriba, lo que evidencia la presencia de los pliegues estirados con superficies axiales suaves. En la parte semejante a una cuña del bloque, que está comprimida entre las fallas Manacas y Alfa-Beta, surgieron grietas de fractura o de laminación, mantenidas en la profundidad, que fueron rellenadas con menas de calcopirita. Sobre la gran probabilidad de la participación de las fuerzas de distensión en la formación de estas grietas mineralíferas habla la propia forma "distendida" de la columna mineralífera de Matahambre.

En la conclusión de esta parte prestaremos atención a la relación de las formaciones magmáticas con los principales elementos estructurales del campo de mineralización de Matahambre. Como puede verse en el mapa, la extensión de estas formaciones está controlada, en primer lugar, por el graben-sinclinal cerca de la falla Limonar, y en segundo por las zonas de dislocaciones transversales (Alfa-Beta), etc. Este hecho evidencia una disposición profunda de las estructuras transversales y su existencia durante un prolongado tiempo geológico. En esto vemos una prueba más de la certeza de las ideas de N. P. Laverov y otros (1967) acerca del importante papel de control de la mineralización por parte de las dislocaciones de fallamiento, que sirvieron de vías para la penetración tanto de los fluidos magmáticos como de los hidrotermales. Asimismo, a lo largo de la falla Manacas, aun en los horizontes más profundos, no aparecen manifestaciones magmáticas.

### Mineralización.

En el campo mineral Matahambre se han establecido dos tipos de mineralización industrial: la mineralización de cobre, calcopirítica, propia del yacimiento Matahambre, y la mineralización pirítica con galenita, esfalerita y calcopirita.

Un interés práctico principal presenta la mineralización de cobre, concentrada preferente-

mente en el bloque central del yacimiento, en la parte del mismo que contacta con las fallas Manacas y Alfa-Beta. Las menas yacen en forma de una serie de cuerpos lenticulares en una zona de hasta 50 m de largo, que desaparece a una profundidad de más de 1 500 metros.

Las menas de cobre de Matahambre se formaron en varios estadios de mineralización y están rodeadas por zonas no muy anchas de alteración hidrotermal en areniscas y esquistos (cloritización, carbonitización, sericitización). Están constituidas fundamentalmente por calcopirita masiva de grano fino, en forma de relictos en que aparecen pirita, cuarzo y estalerita. A veces se manifiestan estructuras de desprendimientos de soluciones sólidas (placas de cubanita en la calcopirita). Al aumentar la profundidad, en las menas aumenta el contenido de pirrotina. En la actualidad se están procesando no sólo los cuerpos de las menas calcopiríticas compactas, sino también las áreas adyacentes de menas de vetas e incrustaciones en forma de brechas; el contenido medio de cobre en las menas extraídas alcanza 3.5-4%.

#### **Influencia de la composición litológica de las rocas.**

Hace tiempo quedó establecido que los cuerpos minerales de Matahambre yacen sobre todo en un horizonte de interestratificación de areniscas de capa gruesa y de esquistos carbono-arcillosos, (con predominio de las primeras) entre dos horizontes principalmente esquistosos. Las propiedades de mayor fragilidad de las areniscas en comparación con los esquistos son conocidas y en este sentido no ha habido excepción en Matahambre. Con cualquier tipo de deformación, las grietas de la fractura se han formado principalmente en las areniscas.

Como regla, los cuerpos minerales están orientados en cruz hacia la dirección de la estratificación de las rocas sedimentarias y se inclinan en el sentido de su buzamiento. Los cuerpos minerales, de pequeño y mediano tamaño, en general no exceden de los límites de cualquier estrato de arenisca, pero los de gran tamaño a menudo yacen también en los esquis-

tos. En el yacimiento se conocen también cuerpos minerales, desarrollados por la estratificación, en la mayoría de los casos en el contacto de las areniscas (abajo) y los esquistos. La posición de los cuerpos minerales dentro de la secuencia mineralífera está determinada por los elementos estructurales, tanto de plegamiento como de fallamiento.

#### **Relación de los cuerpos minerales con las estructuras plegadas.**

Al estudiar en detalle la estructura de la estratificación del paquete de rocas encajantes de la mineralización en la superficie, se observan dos sentidos del plegamiento fino: uno longitudinal y otro transversal. Como ya se ha indicado, dentro del bloque central el plegamiento longitudinal se expresa por la presencia de una curvatura, por la cual la estratificación en la parte del bloque que contacta con la falla Manacas, varía el ángulo de buzamiento de 40-50° a 60-75° (hacia el noroeste). Los cuerpos minerales están vinculados, bien a la charnela de esta curvatura, bien a su flanco noroeste con grandes ángulos de buzamiento.

Toda la parte noroeste del bloque central está recogida en pliegues transversales pequeños, ya más suaves, ya más abruptos. Las superficies axiales de estos pliegues están orientadas en dirección noroeste (az. 290-330°). El azimut de dirección de la estratificación en los flancos de estos pliegues varía de 10-20° a 70°, y a veces a 90°. Con la profundidad los pliegues transversales se hacen más suaves.

Como se ha demostrado detalladamente en el mapeo del área de la superficie, cerca del cuerpo extremo noroccidental No. 30, los cuerpos mayores están orientados a lo largo de una brusca curvatura sinclinal de las areniscas. Los cuerpos minerales vecinos, relativamente pequeños, (No. 29) están vinculados a una curvatura anticlinal suave. En el primer caso, con una brusca curva transversal de la secuencia, el estrato de arenisca resultó fracturado en todo su espesor. Como consecuencia, las medidas del cuerpo mineral son relativamente grandes. En el segundo caso, con una curvatura anticli-



**mal suave**, las grietas de fractura se formaron y **se rellenaron** por la mineralización sólo en la **parte superior** del estrato de arenisca, cerca del **contacto** con las aleurolitas suprayacentes más **plásticas**.

Datos semejantes los hemos observado en los horizontes profundos de la mina. Aunque aquí **no se distinguen** pliegues bruscos de la estratificación de las rocas encajantes y las dislocaciones de fallamiento tienen un gran papel en la localización de los cuerpos minerales, de todos modos, se establece un plegamiento de tipo flexura suavemente ondulada. En el horizonte 35, por ejemplo, en la curvatura sinclinal suave, se encuentra el cuerpo mineral No. 44; también en una curvatura tipo flexura de las rocas, cerca de la falla Beta, está desarrollado el cuerpo No. 44 B. En muchos casos los elementos de yacencia de las rocas no coinciden a ambos lados de los cuerpos interceptantes.

Cerca de la superficie, donde muchos cuerpos minerales de Matahambre se acuñan, se establece un predominio notable de las dislocaciones de plegamiento sobre las de fallamiento. Con la profundidad comienzan a predominar estas últimas. En general esto significa, al parecer, que la mineralización de cobre de Matahambre está desarrollada en la zona de transición de las áreas con predominio de las deformaciones frágiles de fallamiento.

#### **Relación de los cuerpos minerales con las dislocaciones de fallamiento.**

Esta cuestión ha sido esclarecida en el trabajo citado de N. P. Laverov y otros (1967) y por eso no nos detendremos en ella. Efectivamente, los principales cuerpos minerales están vinculados a las grietas de la fractura, que contactan casi en ángulo recto con las dislocaciones de fallamiento del tipo cortante.

**En este trabajo se señala que el surgimiento de grietas mineralíferas de fractura tiene lugar como consecuencia de los movimientos por las grandes fallas Manacas, Alfa-Beta y otras. Nosotros consideramos que la ocurrencia de un potente sistema de grietas de fractura, al igual**

que de grandes grietas cortantes, es el resultado de una compleja deformación de plegamiento disyuntivo del bloque mineralífero.

Es indudable que se confirma la conclusión relativa a una edad anterior a la mineralización de la mayoría de las dislocaciones de tipo cortante en el área del yacimiento. En esto, según nuestra opinión, se ha manifestado el papel de control de las dislocaciones de cizallamiento en el yacimiento Matahambre. Las grietas de fractura primeramente fueron rellenadas por una brecha original cuarzo-carbonatado-clorítica, que sólo más tarde fue reemplazada por la calcopirita, y más tarde se desarrollaron las vetas de cuarzo y cuarzo-carbonatadas.

La mineralización pirítica de plomo y zinc aparece en el mismo yacimiento Matahambre (cuerpo mineral 70, al Norte de la falla Manacas); al noroeste de Matahambre, el yacimiento El Mono, en explotación en la actualidad (mina J. A. Mella), y en las pequeñas manifestaciones Nieves y Mineral, a 3-4 km al Sur de Matahambre. A diferencia de las menas calcopiríticas, los lentes piríticos yacen en concordancia con las rocas encajantes, generalmente con esquistos, y en mayor o menor grado son esquistosos.

El yacimiento El Mono está representado por 2 grandes lentes (cada uno de longitud aproximada de 100 m y un espesor de 15-30 m) de pirita que contiene también pirrotina, esfalerita, calcopirita, galenita, cuarzo y siderita. En el costado yacente de los cuerpos minerales se desarrollan sobre todo areniscas, mientras que en el vertical aparecen esquistos carbono-arcillosos (Fig. 3). El contorno del costado vertical de los cuerpos minerales es preciso, tectónico, mientras que por el costado yacente en las areniscas se ha desarrollado una amplia zona de minerales de pirita en vetas e incrustaciones.

A juzgar por los datos existentes, los cuerpos minerales del yacimiento Mono están vinculados con la zona de una de las más grandes fallas longitudinales, manifestada dentro del campo de mineralización de Matahambre-Mono. Sin embargo, la causa principal que ha condicionado la localización de los lentes piri-

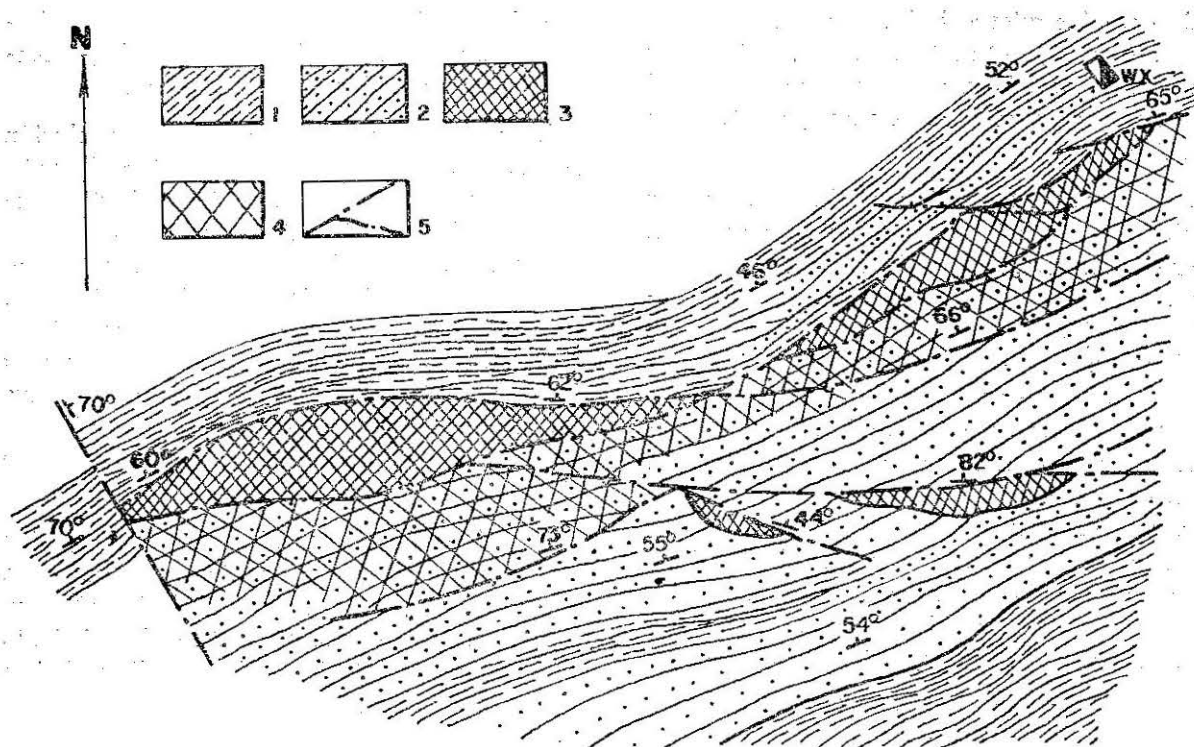


Figura 3

Esquema estructural geológico del yacimiento El Mono, plano del segundo horizonte. Confeccionado a base de los materiales de archivo de la mina. Signos convencionales: 1) esquistos carbonoso-arcillosos y aleuritas  $J_{1-2}$ ; 2) areniscas  $J_{1-2}$ ; 3) menas masivas de pirita con cobre; 4) mineralización pirítica de vetillas-incrustaciones; 5) dislocaciones tectónicas.

ticos de El Mono, son por lo visto, las deformaciones plicativas anteriores a la mineralización. A semejante conclusión puede llegarse en base a que directamente, sobre los lentes minerales (y sólo sobre ellos) aparecen grandes coberturas de la secuencia arenisco-esquistosa estratificada, con una posición ejemplarmente horizontal de las charnelas, en el marco de un buzamiento general de la estratificación hacia el noroeste. Con semejante combinación de las deformaciones de fallamiento y de plegamiento, en el límite de las rocas de diferente competencia, pudieron formarse grandes cavidades que resultaron ser el receptáculo de las menas piríticas del yacimiento. Además, la formación de las menas del yacimiento Mono tuvo lugar con participación del reemplazamiento metasomático de las rocas encajantes (Fig. 3).

Según los datos de I. T. Poplavski (1964), el contenido medio de cobre en las menas del yacimiento El Mono, alcanza aproximadamente 0.6%, el de plomo 1.6% y el de zinc 4.71%. En el costado colgante, en la zona de influencia del contacto tectónico de los lentes piríticos con los esquistos carbono-arcillosos, el contenido de plomo aumenta a 2.5-4% y el de zinc 6-8%. Puede verse claramente que las vetas de galenita y calcopirita se han colocado sobre un agregado anterior de pirita cristalina. La deposición de la esfalerita precedió a la formación de la galenita y la calcopirita. Las alteraciones de las rocas laterales se expresan en la cuarificación y piritización de las areniscas. La zona de oxidación está representada por un casquete limonítico. Un producto característico de la oxidación de la calcopirita es la calcantita, que

forma cuerpos que dan efectos de estalactitas y cristales muy grandes en los sitios de absorción de las aguas subterráneas en los actuales laboreos mineros. En la zona cercana a la superficie, las rocas laterales, bajo la influencia de las aguas ácidas de la zona de oxidación, sufren una intensa lixiviación, por lo que se hacen claras y son reemplazadas por minerales arcillosos.

Impurezas características de minerales primarios son el oro 0.4 g/t, plata 22 g/t, bismuto 50 g/t, cobalto 60 g/t; en algunas pruebas se determina un contenido de cadmio hasta 200 g/t y arsénico, hasta 500 g/t. No se han determinado Ge, Se, Te, (impurezas típicas de las menas de muchos yacimientos piríticos).

Otro yacimiento pirítico-polimetálico es Nieves, que yace en la secuencia arenisco-esquistosa San Cayetano, cerca de la falla Limonar. Según los datos de V. T. Poplavski y otros (1964), aquí se observan dos lentes piritosas de buzamiento suave, concordantes, desarrolladas en las zonas de brechas en el contacto de las areniscas y los esquistos. La mena está representada por un agregado de pirita, de disulfuros de hierro débilmente recristalizados y de esfalerita. En este agregado frecuentemente pueden verse relictos de texturas colomórficas. Las formaciones pirito-esfaleríticas tempranas están cortadas por mineralización de carbonato-clorita-pirrotina-galenita más tardía. Los elementos-impurezas característicos en las menas son: As, Sb, Cd, (aprox. 350 g/t), Ag (100 g/t); no existen cobalto ni bismuto.

Debido al débil metamorfismo y al contenido relativamente bajo de cobre (0.1%), de plomo (0.6-2%) y de zinc (1.5-3%), las menas del yacimiento Nieves, conocidas hasta el momento, pueden utilizarse sólo como materia prima sulfhídrica (contenido de azufre, cerca de 10%). A ese mismo tipo se vinculan las manifestaciones y yacimientos pirito-polimetálicos de la parte central y suroccidental de la zona mineralizada Matahambre-Francisco. En algunos yacimientos, además de las menas piríticas, está desarrollada una mineralización de plomo y zinc filoniana y de tipo "stockwork" (yaci-

mientos Francisco, Dorá, etc.). Debido a que en los límites del yacimiento Matahambre las manifestaciones de mineralización calcopirítico-pirítica y filoniana están vinculadas en el espacio, fue posible determinar la secuencia de su formación. Según los datos de Haffner (1944), Poplavski (1966), y nuestras observaciones, la mineralización pirítica es anterior a la calcopirítica.

### **Zona mineral Mantua-Castellano.**

Aproximadamente paralela a la antes mencionada zona mineral Matahambre-Francisco, a lo largo del litoral del Golfo de México, se extiende una faja de desarrollo de diferentes yacimientos sulfurosos, la cual ha recibido el nombre de zona mineral Mantua-Castellano. Esta zona se diferencia de la zona Matahambre-Francisco, por la disminución del relieve y gruesas capas ferrosas en las salidas de los cuerpos minerales. Estas condiciones obstaculizaron por largo tiempo los trabajos efectivos de búsqueda y solamente en los últimos tiempos, con la ayuda de perforaciones profundas y una serie de investigaciones geofísicas, en dicha zona están siendo descubiertos nuevos e inmensos objetivos minerales.

El estudio geológico del territorio hasta ahora había sido insatisfactorio: además, toda la superficie de la zona mineral se relacionaba con la región de desarrollo de las rocas del Jurásico Inferior y Medio de la formación San Cayetano.

El mapeo detallado del territorio situado a la orilla del Golfo de México, que se realizó mediante datos de perforaciones (Abakumov, Cherepanov, Glebov y otros), permitió determinar un amplio desarrollo de las rocas vulcanógeno-sedimentarias del Cretácico Superior-Paleógeno, y al Oeste del territorio, de rocas del Jurásico Superior, fundamentalmente depósitos carbonatados. Por cuanto los resultados finales del mapeo no se han obtenido aún, no tenemos la posibilidad de dar una descripción de la estratigrafía y la estructura de dicho territorio. Solamente se conoce que la región de desarrollo de formaciones del Jurásico Superior y Cretácico, está separada de la zona de desarrollo de



las rocas del Jurásico Inferior y Medio. Cerca de éstas y de una serie de otras fallas subparalelas, las calizas del Jurásico Superior están recogidas en pliegues lineales; las rocas del Cretácico Superior yacen sobre la superficie erodada de las calizas, discordantemente y están mucho menos deformadas.

El mayor interés lo representa el yacimiento Hierro, cuya explotación ha sido terminada en los últimos años (G. S. Fesenko, E. M. Muliukov y otros). En este lugar, bajo el sombrero de hierro, se observa una zona de enriquecimiento de sulfuro secundario, con un contenido de cobre de aproximadamente 3-4%. Las menas primarias, según los datos de los geólogos mencionados, están representadas por un cuerpo de menas cupropiríticas y de vetillas-incrustaciones que se extiende, aproximadamente, un kilómetro, a lo largo de una gran zona de milonitización, de rumbo nororiental. A nuestro entender, la localización de este cuerpo está condicionada por la superficie de discordancia entre las calizas subyacentes del Jurásico Superior y la secuencia vulcanógeno-sedimentaria del Cretácico Superior (?). La mineralización sólo se desarrolla por caliza esquistosa, y surgió fundamentalmente por medio de la sustitución de aleurolitas del Cretácico Superior y areniscas debajo del cuerpo en forma de "sill" de las porfiritas basálticas (Fig. 4). Un rol determinante en la localización de la mineralización del yacimiento Hierro jugaron las dislocaciones transversales de rumbo noroccidental, que lo dividen en varios bloques tectónicos.

La composición sustancial de las menas, en particular las oxidadas, presenta una diversidad excepcional (datos de T. A. Tvolchrelidse, E. M. Muliukov, G. S. Rumiantsov). Las menas primarias están compuestas fundamentalmente por pirita, calcopirita, cuarzo y dolomita, con un papel subordinado de esfalerita, galenita, pirrotina y menas grises. Tienen gran interés los minerales que contienen elementos raros, tales como germanio y galio (germanita, galita, reinerita, etc.). La mina Hierro posiblemente no tiene igual en Cuba por su contenido de elementos raros e impurezas. En las menas pri-

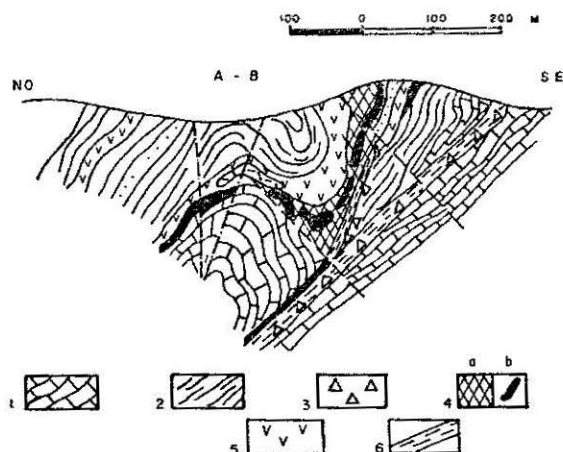


Figura 4

Corte esquemático a través del yacimiento Hierro (confeccionado con los datos de E.M. Muliukov con la interpretación estratigráfica de E.P. Malinovsky) 1.—Calizas; 2.—Paquete de areniscas-esquistos; 3.—Brecha intraformacional; 4.—Cuerpo de menas sulfurosas; 5.—Porfiritas; 6.—Zona de milonitización.

marías, la cantidad de germanio y galio ocupa varias decenas g/t, en la zona de enriquecimiento con sulfuro secundario, 40-50 g/t, en las menas oxidadas 50-60 g/t.

Los principales minerales industriales de la zona de enriquecimiento de sulfuro secundario lo son la calcopirita, covelina y un gran desarrollo de mielnicovita-pirita. La excepcionalmente rica mineralogía de las menas oxidadas del yacimiento se determina por la corteza de intemperismo intensamente desarrollada en presencia de depósitos carbonatados que contienen fosfatos, en calidad de rocas encajantes. Como resultado, aquí están ampliamente desarrolladas, turquesa, jarosita y también se encuentran algunos fosfatos raros de estroncio y plomo (de la serie svanvergita-guinstalita).

Al igual que en otros yacimientos cupríferos de Cuba, las menas de la mina Hierro están enriquecidas por cobalto. Su contenido en las menas primarias alcanza centésimas de por ciento, y en la zona de oxidación, especialmente en presencia de óxidos de manganeso, se eleva hasta 0.5-0.6% (datos de E. M. Muliukov).

En las menas de calcosina el cobalto prácticamente no se encuentra. Un interés aún mayor en relación con el contenido de cobalto, lo representa el yacimiento Unión II, situado a varios kilómetros al Oeste de Hierro. Sus menas, compuestas por un agregado de grano fino, frecuentemente colomórfico de pirita, mielnicovita y marcasita, con una cantidad muy subordinada de calcopirita, yacen concordantemente con las aleurolitas y esquistos carbonitizados encajantes del Cretácico Superior (?), que buzan suavemente al sur-oeste hacia la pared yacente del cuerpo mineral, donde se han encontrado porfiritas.

Según los datos de los análisis químicos, las menas de Unión II contienen 0.07–0.32% de cobalto; además en algunos pozos, con una longitud del intervalo mineral de 25 metros, el contenido promedio alcanza un 0.22% (con un contenido de cobre de 0.28%). Los minerales propios no se encuentran en las menas del yacimiento; al parecer la masa principal de este elemento está vinculada con la pirita que contiene cobalto.

En dirección occidental, el cuerpo mineral del yacimiento Unión II va por debajo de los sedimentos del Neógeno; además, por lo que se conoce, estas rocas jóvenes cubren también el sombrero de hierro del yacimiento. Este hecho atestigua la edad preneógena del mismo y de esta forma determina el límite superior, en el tiempo, de la mineralización pirítica de Cuba occidental.

En la parte oriental de la zona mineral investigada, cerca del poblado de Santa Lucía, son conocidos y actualmente se exploran yacimientos piríticos que contienen mineralización de Pb–Zn. El mayor de éstos seguramente es Castellano, integrado según los datos de J. T. Poplavski, V. A. Kazaretsco y otros (en 1966) por varios lentes que yacen concordantemente con la estratificación en las aleurolitas y esquistos del Cretácico Superior (?), que contienen capas de poco espesor de calizas y dolomitas. Hacia la pared colgante del yacimiento se han encontrado formaciones efusivas, aglomerados y por-

firitas esquistosas muy alteradas (cloritizadas y sericitizadas), de un espesor de hasta 30–35 m. Son de amplio desarrollo las fallas, tanto concordantes como transversales, de rumbo latitudinal y submeridional.

En el yacimiento vecino a Santa Lucía la mineralización polimetálica está vinculada a la de barita y se manifiesta tanto en las areniscas carbonitizadas, como en los esquistos clorito-biotíticos.

### **Zona mineral Júcaro-Buenavista.**

Si toda la parte occidental de la región mineralizada de Pinar del Río en el Cretácico, está representada por una gran estructura geoanticlinal, la parte oriental de esta región, denominada zona estructuro-facial Bahía Honda, experimentó un fuerte hundimiento. Según los últimos datos de R. N. Volodina, B. A. Buriukov y otros, en la superficie erodada de las rocas jurásicas, se depositó una capa vulcanógeno-sedimentaria de gran espesor, de edad Cretácico Superior (Senomaniense-Turoniano, Maestrichtiano). Como fue señalado antes, las rocas vulcanógeno-sedimentarias se extienden lejos, hacia el Oeste, por estrechas zonas de depresión-sinclinales a lo largo de grandes fallas longitudinales que se expanden a través del anticlinorio de Pinar del Río.

En la zona estructuro-facial Bahía Honda, el espesor de la secuencia vulcanógeno-sedimentaria del Cretácico Superior es de alrededor de 3 000 m al Este; al Oeste, cerca de la falla regional occidental-cubana, es de 1 500 m. Los yacimientos están vinculados en su mayoría a la parte media del corte de esta secuencia: Formación Hilario, compuesta por esquistos silíceos laminados, areniscas, porfiritas basálticas y calizas. Sólo uno relativamente grande, Buenavista, ocurre en la parte inferior de los cortes más jóvenes de la zona Bahía Honda, representado en general por porfiritas basálticas y andesíticas y sus tobos. De esta manera, la profundidad de formación de los yacimientos en dicha región, según los datos estratigráficos, puede valorarse en 1 200–1 400 m.

Un elemento importante de la estructura es el cuerpo sublatitudinal, en forma de dique de serpentinita, que se extiende decenas de kilómetros, con un espesor de aproximadamente 0.5 km y que parte del mayor macizo de rocas ultrabásicas de la provincia de Pinar del Río, el de Cajalbana. Al parecer este yacimiento subraya la zona de una gran falla longitudinal. Una parte importante de los yacimientos y manifestaciones está vinculada a la zona de esta falla, y se concentra en una faja de 3-5 km de espesor.

Según los datos de P. N. Volodin (1967), las fajas de desarrollo de los yacimientos (Júcaro, Cacarajicara, Mendieta, Yagruma y otros) se encuentran en el flanco de un pliegue sinclinal complejo, de rumbo sublatitudinal y la estratificación buza al Norte con un ángulo aproximado de 50-60°. Durante el mapeo del área se diferenciaron muchas fallas relacionadas a dos sistemas: Sublatitudinal y Submeridional. Los cupríferos, en su mayoría, están vinculados a zonas de un alto agrietamiento y brechamiento. Las rocas encajantes son generalmente las porfiritas basálticas y menos frecuentemente sus tobas. (Fig. 5).

Los cuerpos minerales de los yacimientos más grandes están representados por lentes concordantes irregulares de vetillas-incrustaciones y con menos frecuencia por menas brechosas y masivas. La composición de las menas es pirita, marcasita, calcopirita, generalmente con esfalerita, poca bornita, cubanita; de los minerales filonianos están más desarrollados el cuarzo, calcita y clorita. La secuencia de mineralización es la siguiente: asociación metasomática temprana de cuarzo-calcopirita-pirita; vetillas tardías cuarzo-pirita-calcopirita-esfaleríticas. Las porfiritas encajantes se someten a cuarficación, carbonatización, epidotización, cloritización y piritización.

Por sus particularidades geoquímicas, las menas de la zona examinada son similares a las de yacimientos tipo lentes piritosas, desarrollados en los límites del anticlinorio de Pinar del Río. Los más grandes de éstos, (Buenavista), se diferencian por un mayor contenido de

cobalto (hasta 0.06% en un concentrado de pirita) por la presencia de pirita y oro y la ausencia de selenio y telurio. En general, los existentes en la secuencia vulcanógeno-sedimentaria de la zona de Bahía Honda no han sido estudiados aún suficientemente.

Al hacer las conclusiones del examen de yacimientos cupríferos de la región mineralizada de Pinar del Río, primeramente se debe señalar la gran heterogeneidad en la distribución de las reservas de cobre, tanto en yacimientos aislados como en las tres zonas mineralizadas diferenciadas. Prácticamente un 80% de todas las reservas de cobre (considerando las menas extraídas) procede de un solo gran yacimiento: Matahambre, a cuya descripción, consecuentemente se ha prestado la atención principal. El segundo gran yacimiento de cobre es el de Hierro.

Gran importancia como fuentes de materia prima de ácido sulfhídrico (pero no de cobre) tienen los de menas polimetálicas El Mono y posiblemente Castellano. Puede tener especial interés la concentración de minerales de cobalto del yacimiento de Unión II. Los restantes yacimientos y manifestaciones conocidos en este momento han sido estudiados con deficiencia y sus perspectivas no se han valorado.

Las posibilidades de descubrir nuevos yacimientos grandes, a nuestro juicio, deben vincularse a la regularidad manifestada en la localización de la mineralización de las zonas de depresión sinclinales y de la actividad magmática en sus límites. Tales zonas, que se reflejan en el relieve en forma de cuencas alargadas y están recubiertas por depósitos más jóvenes, se diferenciaron no solamente en medio de las secuencias arenisco-esquistosas del Jurásico Inferior-medio de San Cayetano, sino también en la región de desarrollo de los depósitos carbonatados del Jurásico Superior. Por esto se plantea racionalmente no limitar la búsqueda de nuevos yacimientos de cobre solamente al área de desarrollo de las rocas arenisco-esquistosas sino tratar de esclarecer la mineralización de las rocas carbonatadas, como es conocido ocu-

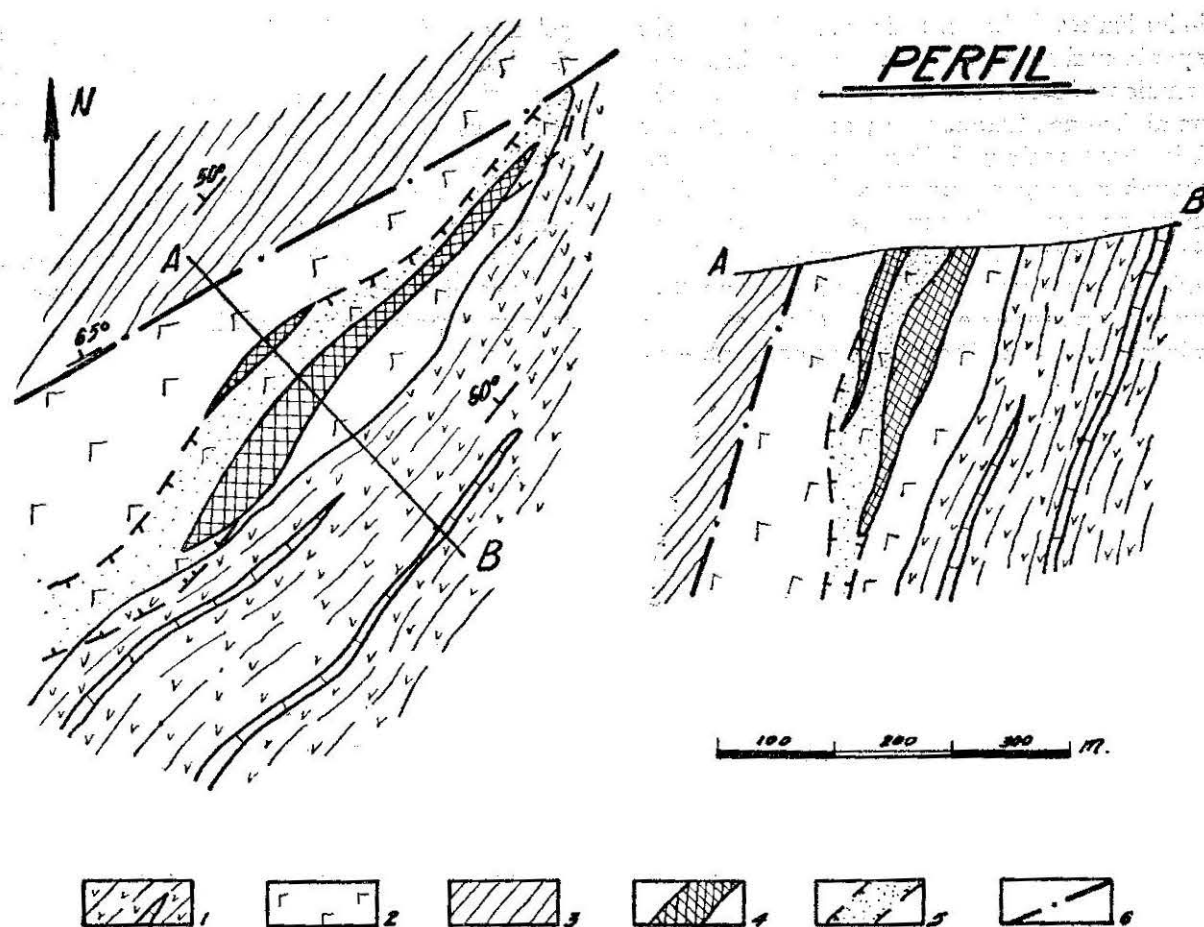


Figura 5

Plano y perfil del yacimiento Júcaro (con los datos de Y.P. Zorianov) 1.—paquete efusivo-sedimentario con intercalaciones de calizas; 2.—porfirita basáltica; 3.—esquistos; 4.—cuerpo de menas sulfurosas; 5.— zona de vetillas-incrustaciones minerales; 6.—fallas.

re en la porción occidental de la vecina isla de Haití.

Para terminar esta parte, señalaremos de nuevo que el tipo principal de yacimientos cupro-piríticos y de vetillas-incrustaciones de la región mineralizada de Pinar del Río, son los cuerpos concordantes con la estratificación, desarrollados a lo largo de grandes fallas longitudinales, profundas. Al mismo tiempo la mayor concentración de menas calcopiríticas ricas de Matahambre, surgió en un área de estructura compleja, condicionada por dislocaciones

(longitudinales y transversales) y plegamientos. Los yacimientos, sobre todo sus menas primarias, tienen una semejante composición mineral y aproximadamente iguales factores geoquímicos.

El problema de la edad de la mayoría de los yacimientos de la zona mineralizada Pinar del Río se resuelve por caminos directos; es indudable la edad post-Cretácico Superior y pre-Neógeno de la mineralización de cobre y polimetálica. Datos más exactos se han obtenido sólo en uno pequeño de la región, situado fuera



de los límites de la zona mineralizada señalada y por lo cual no se refleja en este texto. Este es el yacimiento La Constancia, que se encuentra a 20 km al Este de Matahambre y fue estudiado por E. P. Malinovskiy y G. Carassou en 1969. Aquí pequeños cuerpos muy ricos de menas calcopiríticas y pirito-calcopiríticas, con cobalto, están vinculados a un cuerpo intensamente dislocado de serpentinita, el cual se extiende a lo largo de una serie de grandes fallas y está cortado por rocas del Cretácico Superior. En este

yacimiento fue posible diferenciar un paquete de conglomerados de edad Maestrichtiano-Terciario Inferior (?) que cubre las serpentinitas pre-maestrichtianas y a su vez está atravesado por andesitas más jóvenes y sus lavas-brechas. Debido a que tales formaciones subvolcánicas están estrechamente asociadas a la mineralización de cobre, se reafirma la suposición acerca de la edad eocénica (o cercana) de la mineralización cuprífera hidrotermal.

## II. PRINCIPALES YACIMIENTOS CUPRIFEROS DE LA REGION MINERALIZADA DE LAS VILLAS

La región mineralizada de Las Villas se encuentra en la parte axial del bloque tectónico central de la zona eugeosinclinal, y ocupa una superficie de cerca de 6 000 km<sup>2</sup> (Fig. 1). Aquí existen yacimientos bastante grandes de cobre, de las formaciones piritó-calcopiríticas filonianas y cupro-piríticas, así como pequeños yacimientos cuarzo-sulfurosos con oro, de skarn y cupro-molibdénicos. En los límites de la región mineralizada se diferencian 3 estructuras geológicas grandes: el anticlinorium Santa Clara, el sinclinorium central cubano, y el anticlinorium de Trinidad (Puscharovskiy y otros, 1967).

En la región mineralizada Las Villas, el sinclinorium central cubano (zona tobas) tiene una anchura mínima (alrededor de 10 km) y se encuentra en un basamento bastante elevado, que está representado por diferentes esquistos de edad Pre-Cretácica. El basamento forma un "puente" original entre los anticlinoria Santa Clara-Trinidad (Puscharovskiy y otros, 1967). Esta elevación del fundamento es transversal, en relación al rumbo sublatitudinal principal de las estructuras del bloque tectónico central e indudablemente jugó un papel principal en la formación de las dislocaciones tectónicas y en la distribución de los yacimientos (Fig. 1). Todos los yacimientos importantes de la región se encuentran dentro de los límites de esta zona transversal. Tal zona representa una parte de transición de facies de los depósitos volcánicos.

Aquí la intrusión granitoide del Escambray tiene su mayor espesor y se acompaña de apófisis de rumbo submeridional, de un campo de aplitas y pegmatitas y de grandes dislocaciones tectónicas desarrolladas cerca de los contactos del intrusivo (Tolkunov, et al., 1969). En la zona de elevación transversal se señala el máximo desarrollo de los intrusivos de rocas ultrabásicas y básicas. Llama la atención el hecho de que las ultrabásicas forman aquí dos cinturo-

nes: el cinturón septentrional de gran espesor, situado en los límites del anticlinorium Santa Clara, y el meridional, no muy bien manifestado, situado entre rocas metamórficas del anticlinorium Trinidad.

Las particularidades señaladas de la estructura de esta parte del bloque tectónico central y otras más, al parecer determinaron la posición de la región mineralizada Las Villas.

El anticlinorium Trinidad, en los límites de la región mineralizada Las Villas, está representado fundamentalmente por su flanco septentrional y en menor grado por una elevación alargada que contacta hacia el núcleo desde el noroeste, (Puscharovskiy et al., 1967). Ambas estructuras están compuestas principalmente por rocas metamórficas de supuesta edad Jurásica. Estas últimas forman dos secuencias de gran espesor (Thiadens, 1937). La inferior está representada por diferentes esquistos (cloríticos, actinolíticos, cuarzo-micáceos, carbonatados y otros) entre los cuales también se observan calizas marmolizadas y mármoles enriquecidos en grafito. Más arriba yace una secuencia de rocas intensamente metamorizadas, generalmente carbonatadas. El espesor general de las rocas metamórficas del anticlinorium alcanza de 10 000 a 12 000 m. Están comprimidas en pequeños pliegues, pero en general buzan monoclinalmente al Norte y suroeste (ángulo de buzamiento, aprox. 45°).

En la zona de intersección del anticlinorium Trinidad con el sinclinorium central cubano, más arriba de las rocas sedimentarias metamorizadas, yacen rocas vulcanógeno-sedimentarias del Cretácico Inferior también intensamente dislocadas y metamorizadas, representadas por anfíbolitas, esquistos epidotofeldespáticos y otros; porfiritas metamorizadas, brechas y rocas tobáceo-sedimentarias, con relictos de las estructuras y texturas de las rocas

primarias (Tolkunov y Cabrera, 1969). Su espesor varía desde los primeros cientos hasta los 2 000 metros. Las principales dislocaciones tectónicas del anticlinorium Trinidad, los intrusivos de rocas ultrabásicas (de serpentinitas) y los yacimientos de pirita se distribuyen en su flanco septentrional, en una zona de gran espesor con rumbo sublatitudinal, que representa una falla profunda única (Tolkunov, et al., 1967, 1969; Maximov y otros, 1968).

El anticlinorium Central-Cubano lo rellenan depósitos del Cretácico Inferior-superior débilmente metamorizados, generalmente vulcanógeno-sedimentarios, los cuales (de abajo a arriba) pueden ser divididos en tres secuencias (Tolkunov et al., 1969). La inferior la constituyen básicamente diferentes tobas, tufitas, tobas-areniscas de andesita-basáltica que contienen mantos de poco espesor, e intrusivos subvolcánicos pequeños de andesitas. El espesor de esta secuencia en distintas partes de la región es diverso y oscila entre 600 y 1 800 m. Encima yace una secuencia de efusivos y rocas piroclásticas de composición andesítica con raras intercalaciones de tufitas y tobas-areniscas de un espesor de hasta 2 500 m.

El perfil de los depósitos vulcanógeno-sedimentarios termina con una secuencia representada principalmente por rocas tobáceo-sedimentarias, que tienen un espesor de cerca de 2 000 metros. Estos depósitos están recubiertos por calizas y sedimentos terrígeno-carbonatados del Campaniano-Maestrichtiano-Eoceno, que no contienen rocas vulcanogénicas (Prado, 1954; Favre, 1958; Judoley, 1963; Furrázola-Bermúdez et al., 1964). En dirección Norte-Sur disminuye el espesor, tanto de los depósitos vulcanógeno-sedimentarios del Cretácico Inferior-superior, como de las rocas terrígeno-carbonatadas del Cretácico Superior.

El sinclinorium Central Cubano se caracteriza por su estructura asimétrica. El flanco septentrional tiene buzamiento más abrupto y la estructura plegada más compleja (Puscharovskiy y otros, 1967). Las dislocaciones tectónicas están más intensamente desarrolladas en la zona de articulación del sinclinorium Central

Cubano con el anticlinorium Trinidad. Cerca del intrusivo de granitoides del Escambray se observa una ancha faja de dislocaciones tectónicas longitudinales sublatitudinales y también algunas dislocaciones transversales submeridionales; aisladas. Aquí se encuentra la parte principal de los extrusivos y, como se señalará más adelante, de los yacimientos de cobre.

El anticlinorium Santa Clara, tercera estructura grande de la región, contacta al Norte con un sistema complejo de fallas de articulación de las zonas eu- y miogeosinclinal, y al Sur se desplaza mediante una falla poco inclinada sobre el sinclinorium Central Cubano (Puscharovskiy y otros, 1967). Está compuesto, en general, por depósitos terrígeno-carbonatados del Jurásico Superior, y por rocas vulcanógenas del Cretácico Inferior, de gran espesor. Todos están comprimidos en pliegues complejos, cortados por intrusivos de rocas ultrabásicas y básicas y atravesados por numerosas fallas longitudinales, que complican más aún la estructura del anticlinorium.

En la región mineralizada Las Villas el magmatismo intrusivo se manifiesta repetida e intensamente. En el Cretácico Superior ocurrió la inyección de intrusivos de rocas básicas y ultrabásicas en dos subparalelas de los anticlinorios Santa Clara y Trinidad. En la faja extrema del anticlinorium Central Cubano, forman una gruesa zona de intrusivos, la cual es un fragmento del gran cinturón de ultrabásitas de Cuba (Judoley et al., 1963). Estos intrusivos aislados tienen gran tamaño y se extienden en varias decenas de kilómetros.

Entre las secuencias metamórficas del flanco septentrional del anticlinorium Trinidad se revelan numerosos intrusivos pequeños de rocas ultrabásicas alteradas, a serpentinitas y dioritas alteradas y esquistosas, que forman zonas de rumbo sublatitudinal y frecuentemente yacen concordantes con las rocas metamórficas encajantes y se formaron al parecer a poca profundidad. Se encuentran más ampliamente desarrollados en las partes axiales de los plie-

gues anticlinales locales, en los lugares de cambios bruscos de los elementos de yacencia de las rocas encajantes, y en zonas de intenso desarrollo de las dislocaciones submeridionales. Como será mostrado más adelante, estos intrusivos jugaron un papel importante en la distribución de las menas de piritas del anticlinorium Trinidad.

El magmatismo granitoide apareció principalmente en la zona de articulación del sinclinorium Central Cubano con el anticlinorium Trinidad. Aquí se formó un intrusivo grande de granitoides, que se extiende en dirección latitudinal muchas decenas de kilómetros (Fig. 1).

Después de los granitoides se formaron los intrusivos subvolcánicos de porfiritas y de pórfiros liporíticos, los cuales están desarrollados, en general, cerca del contacto septentrional de los granitoides del Escambray (Tolkunov et al., 1967, 1969; Maximov y otros, 1968). Más raramente se observan en la parte media del sinclinorium Central Cubano, en la zona de una falla grande cubierta (Tolkunov y Cabrera, 1969).

El grupo más joven de intrusivos, y en general de rocas magmáticas, lo forman los denominados intrusivos pequeños y diques de distribución regional. Están ampliamente manifestados en la zona meridional extrema del anticlinorium Santa Clara, a lo largo del contacto septentrional de la intrusión de granitoides del Escambray. Los intrusivos tardíos, pequeños y los diques forman amplios campos y cinturones. Es característico que frecuentemente tengan rumbo submeridional, es decir, estén vinculados a las zonas de dislocaciones transversales. Existen varias conjeturas sobre el momento de formación de este importante grupo. La mayoría de los investigadores (Pieffer, 1958; Williams, 1959; Bogdanov y otros, 1965; Gorielov y otros, 1964-1965) consideran estos intrusivos como del pre-Maestrichtiano. Debido a la similitud petroquímica, a la posición estructural y a sus relaciones espaciales de edad con las formaciones hidrotermales en diferentes regiones, nosotros los relacionamos con las más

jóvenes formaciones eocénicas. (Laverov, Cabrera, 1967; Tolkunov et al., 1969).

Como ya fue señalado, en la región mineralizada Las Villas están desarrolladas excepcionalmente las dislocaciones tectónicas que determinan la formación de bloques de las estructuras geológicas grandes (de los anticlinorios Trinidad y Santa Clara y del sinclinorio Central Cubano).

La mayoría de estas fallas tienen origen muy antiguo, larga historia de desarrollo y estructura complicada. A ellas están vinculadas diferentes formaciones magmáticas e hidrotermales. Sin embargo, es necesario señalar que aunque no en toda su extensión, estas dislocaciones están claramente manifestadas como zonas de trituración y encajan diferentes intrusivos y vetas hidrotermales. Esto es característico solamente para algunas partes (intervalos) que han sufrido el más largo período de desarrollo. En la estructura de las fallas ejercen una gran influencia las propiedades de las rocas encajantes y las condiciones geológicas de su formación.

El estudio de las fallas que contienen mineralización, de la región Las Villas, demuestra que entre ellas se pueden diferenciar tres tipos genéticos principales: abiertas, cubiertas e inclinadas. Las primeras se manifiestan claramente en los pisos y subpisos estructurales en todas las rocas del perfil geológico, como grandes zonas de trituración de milonitas, de suturas tectónicas, etc. Para estas fallas es característica la zonación estructural clásica, manifestada en un cambio gradual de las particularidades de la estructura de las mismas, con la profundidad (Bolfon, 1965; 1964; Kreyter, 1955). Sin embargo, en todos los niveles ipsométricos están representadas por claras zonas de trituración.

Es imprescindible subrayar que en la región mineralizada Las Villas, al igual que en otras de Cuba, al parecer debido al pequeño espesor de la corteza terrestre, las fallas abiertas están desarrolladas muy ampliamente.



Otro grupo de fallas está constituido por las denominadas cubiertas, de larga duración. Estas, a diferencia de las abiertas, están claramente manifestadas sólo en los límites de los pisos y subpisos estructurales inferiores, en la base de los depósitos y débilmente, en forma de zonas de elevado agrietamiento y variaciones hidrotermales de la roca, en las partes superiores del perfil geológico. Más raramente, en las mismas fallas se observan intrusiones subvolcánicas y diques tardíos. Una de estas fallas se extiende en la parte central del sinclinorio Central Cubano, (Tolkunov y Cabrera, 1969).

Al tercer grupo de fallas pertenecen las inclinadas. Se diferencian con mucha dificultad, pero juegan un importante papel en la distribución de los intrusivos tardíos en forma de "sill" y en la localización de la mineralización hidrotermal. Fueron diferenciadas por nosotros en los yacimientos San José y Antonio (Tolkunov et al., 1967, 1969; Laverov y otros, 1968). En la región Las Villas se diferencian claramente tres zonas mineralizadas con tipos característicos de yacimientos de cobre: la septentrional, San José-La Buena (3) en la Figura 1; la central, San Fernando-Los Cerros (4); la meridional, Victoria-Guachinango (5).

#### **Zona mineralizada San José-La Buena.**

Esta zona se encuentra en la parte septentrional de la región mineralizada Las Villas, en el área de articulación del anticlinorium de Santa Clara con el sinclinorium Central Cubano y se extiende por más de 100 km (Fig. 1). En sus límites se encuentran ampliamente desarrollados intrusivos de diferente edad y dislocaciones tectónicas, los que tienen generalmente rumbo noroeste (sublatitudinal), concordante con el rumbo general de las estructuras del anticlinorium Santa Clara. También están ampliamente desarrollados las dislocaciones transversales (submeridionales) y los intrusivos, que determinan, al parecer, la situación de algunos yacimientos y zonas mineralizadas. Una gran parte de la zona está compuesta por intrusivos de rocas básicas y ultrabásicas del Cretácico

Superior. Estos tienen formas y dimensiones diversas. Frecuentemente son "stocks", diques y cuerpos semejantes a lacolitos, que se extienden, por su rumbo, varios kilómetros. Entre ellos se observan xenolitos de rocas terrígeno-carbonatadas de edad jurásica y también andesito-basálticas y tobas del Cretácico Inferior.

Todas estas rocas están cortadas por diques y "stocks" dioríticos y diabásicos, al parecer de edad eocénica, que rellenan la gran falla septentrional, en cuyos límites se encuentran todos los yacimientos principales de la zona mineralizada San José-La Buena (Tolkunov y Cabrera, 1969).

Las dislocaciones tectónicas que contienen mineralización se caracterizan por rasgos específicos. Las suturas tectónicas frecuentemente se extienden a pequeña distancia y están desarrolladas cerca de los intrusivos. Se encuentran o bien en las zonas de contacto de los mismos o dentro de ellas. En la estructura de las fallas ejercen gran influencia la forma de yacencia y la estructura interna de los intrusivos. Para estas dislocaciones tectónicas son significativamente características las amplitudes del desplazamiento horizontal de las rocas.

En los límites de la zona mineralizada San José-La Buena se manifiestan pequeños yacimientos de cobre de la formación cuarzo-sulfurosa con oro (Fig. 1). Todos ellos son conocidos desde el siglo pasado y fueron explotados en diferentes épocas (Gruzdiev y otros, 1966). Se han extraído menas oxidadas y semioxidadas con alto contenido de cobre (hasta 28% y oro hasta 100 g/t).

Los yacimientos se caracterizan por la posición geológica y composición mineralógica semejante de las menas, por la secuencia de desarrollo del proceso hidrotermal y también por las particularidades de las rocas encajantes alteradas hidrotermalmente. Se distribuyen en las áreas de desarrollo de las dislocaciones tectónicas transversales (submeridionales) de los diques tardíos de diabásicas, de porfiritas dioríticas y de las más complicadas estructuras

de los intrusivos de rocas ultrabásicas y básicas (curvatura de los contactos, lugares de ensanchamiento, terminaciones, manifestaciones de varios tipos de rocas de distinta edad, presencia de xenolitos, etc.).

El elemento característico de las estructuras de estos yacimientos son las vetas tempranas de cuarzo. A menudo, están representados por series de estas vetas y zonas de trituración de distintas rocas alteradas hidrotermalmente: de porfiritas dioríticas, gabroperidotitas y serpentinitas. Las vetas de cuarzo y las zonas de trituración están orientadas paralelamente a las fallas más grandes. Frecuentemente tienen rumbo sublatitudinal y submeridional aunque también se encuentran vetas diagonales de rumbos noroeste y noreste.

Los cuerpos minerales representan con frecuencia solamente pequeñas áreas de vetas cuarzosas y zonas de trituración. Su extensión no sobrepasa varias decenas de metros por su rumbo y buzamiento y los primeros metros por el espesor. Las concentraciones máximas de sulfuros se observan en las áreas de curvaturas, ensanchamientos y terminación de las vetas tempranas de cuarzo y de las rocas alteradas hidrotermalmente, en las que se manifestó una trituración complementaria.

En los cuerpos minerales, además de los filonianos (de cuarzo, calcita, epidota, zeolita) se ha diferenciado un gran número de minerales hipogénicos e hipergénicos, y también oro y plata. Los hipogénicos están representados por pirita, pirrotina, calcopirita, esfalerita, galenita, bornita y menas grises. En la zona de oxidación que se extiende a una profundidad de hasta 60 m, están ampliamente desarrollados la malaquita, azurita, cobre nativo, covelina, calcosina, calcantita, limonita, hidrohematita, smithsonita, cerusita, anglesita y otros.

En las menas se observan impurezas: cromo (hasta un 0.1%) vanadio (0.1%), titanio (0.1%), níquel (0.03%), cobalto (0.01%), antimonio (0.0001%), arsénico (0.003%) y otros elementos.

Las menas yacen entre rocas alteradas hidrotermalmente y están representadas por zonas de

incrustaciones, de vetillas y más raramente tienen estructuras brechosas y masivas.

Cerca de los cuerpos minerales las rocas encajantes están muy alteradas hidrotermalmente: en ellas se han desarrollado clorita, calcita, albita, cuarzo, pirita y minerales arcillosos.

Los yacimientos se formaron al parecer, en cuatro estadios de mineralización. En el primer estadio, se formaron las zonas de rocas alteradas, las vetas tempranas de cuarzo, pirita y calcopirita (I generación); en el segundo, el cuarzo, calcita y los principales minerales metálicos: pirita (II y III generaciones), calcopirita, esfalerita y otros. En el tercero, vetas de cuarzo, cuarzo-carbonatadas con pirita, esfalerita, calcopirita, galenita, bornita, oro y plata. El oro está diseminado principalmente en la pirita (II y III generaciones) y se diferenció en estado libre en el tercer estadio. En el cuarto y último estadio, se formaron las vetas de cuarzo y calcita. La mineralización hidrotermal se formó indudablemente después de todas las rocas ígneas conocidas en la región.

El yacimiento típico de la región mineralizada San José-La Buena es Esperanza (Jobosí). Está compuesto principalmente por intrusivos de rocas ultrabásicas alteradas del Cretácico Superior, los que están atravesados por diques de porfiritas dioríticas (Gruzdiev y otros, 1966). El cinturón de diques de porfiritas dioríticas se extiende varios kilómetros en dirección norte-occidental. En la parte central del yacimiento el cinturón tiene la estructura más compleja (Fig. 6). Aquí el cinturón de diques está representado por varios diques y aumenta bruscamente su espesor. Todo esto se observa en el área, al parecer, de la estructura transversal, que determinó la situación del yacimiento Esperanza. En la Figura 6 se observa que en esta parte están desarrollados también los diques de diabasas y las vetas de cuarzo más tardíos.

En los límites de Esperanza se distingue una serie de vetas cuarzo-sulfurosas vinculadas a una zona tectónica única. Vetas aisladas tienen tamaño significativo. La veta No. 1, por ejemplo, se extiende por el rumbo en 350 m, por bu-

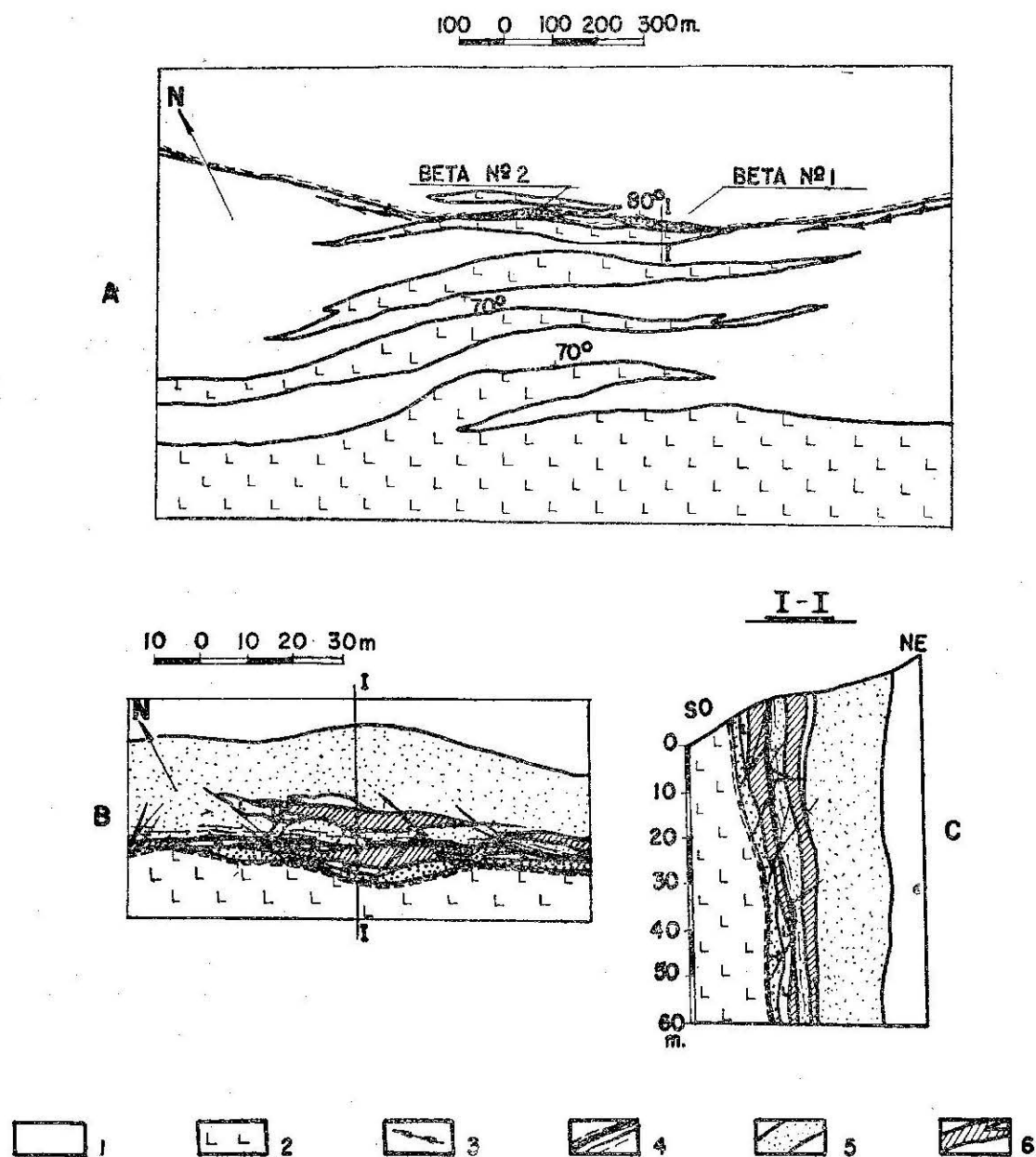


Figura 6

Plano y perfil de la estructura geológica del área central del yacimiento Esperanza. Confeccionado por K. I. Gruzdev y modificado por A. E. Tolkunov y R. Cabrera, 1969. Símbolos: 1) peridotitas serpentinizadas  $Cr_2$ ; 2) porfiritas dioríticas  $Pg_2$ ; 3) diques de porfiritas diabásicas  $Pg_2$ ; 4) dislocaciones tectónicas; 5) vetas cuarzo-sulfurosas; 6) cuerpos minerales con contenido de cobre mayor de un uno por ciento.

zamiento en 200 m y tiene un espesor de 35 metros. Las vetas están compuestas por cuarzo blanco masivo primario. Los sulfuros se formaron después de este cuarzo; se encuentran casi siempre en los contactos fracturados de las vetas y frecuentemente penetran en las rocas encajantes, peridotitas serpentinizadas, porfiritas dioríticas y diabásicas alteradas. Se han contorneado varios cuerpos minerales divididos por las áreas no-mineralizadas. Los cuerpos son de pequeño tamaño: la extensión por el rumbo es de hasta 80 metros, por buzamiento hasta 40-60 metros y su espesor está entre los primeros metros. El contenido de cobre con frecuencia no es muy alto (cerca de 1%) y sólo en las menas oxidadas en la zona de enriquecimiento sulfuroso secundario alcanza varios porcientos. Estas representan brechas limonito-cuarzosas, con numerosos minerales secundarios de cobre.

En las menas primarias se descubren pirita, calcopirita, bornita, tetraedita, esfalerita, galenita, etc. Cerca de los cuerpos minerales las rocas encajantes se sometieron a intensas alteraciones hidrotermales, por lo que en las rocas están ampliamente desarrollados la clorita, los carbonatos, el cuarzo, la pirita y otros minerales hidrotermales tempranos. En el yacimiento está establecida una secuencia de desarrollo de los procesos hidrotermales característicos para toda la zona mineral. Al principio se formaron las zonas de rocas alteradas y vetas de cuarzo con pirita y calcopirita tempranas; después, en el transcurso de dos estadios sucesivos, se sedimentaron los sulfuros, oro y plata. En el estadio final (cuarto) de los procesos termales, se formaron las vetas postminerales y las vetillas de cuarzo y carbonatos.

#### **Zona mineralizada San Fernando - Los Cerros.**

La zona mineralizada San Fernando-Los Cerros (4) se encuentra situada en la parte central de la región mineralizada Las Villas en la zona de intersección del sinclinorium Central Cubano, con el anticlinorium Trinidad (Fig. 1). Se extiende por el rumbo en 80 kilómetros y tiene un ancho de 5-12 kilómetros. En sus límites se

encuentran los yacimientos cupríferos más grandes y variados por su constitución.

La posición geológica de la zona condiciona muchas particularidades de su estructura. Una gran parte de la zona la forman las rocas vulcanógeno-sedimentarias del Cretácico Inferior-superior. Como fue señalado anteriormente, están divididas en tres secuencias, que se diferencian por su composición y por el género de las vulcanitas que las constituyen.

En la parte inferior del perfil se encuentra una secuencia de rocas básicamente tobáceo-sedimentarias, con un espesor de más de 1 000 metros. Más arriba yace una secuencia de efusivos y rocas piroclásticas de composición andesito-dacítica, con un espesor de 1 800-2 500 metros. El perfil de las vulcanitas termina con una secuencia de rocas tobáceo-sedimentarias, las que contienen mantos y flujos de lavas andesito-dacíticas. El espesor de la capa es aproximadamente de 2 000 metros. Está recubierta por acumulaciones terrígeno-carbonatadas del Maestrichtiano-Paleógeno, que no contienen vulcanitas (Furrazola, Bermúdez, et al., 1964).

En otros lugares de la zona los depósitos vulcanógeno-sedimentarios están representados por distintas facies y se diferencian por su espesor.

En la parte oriental de la zona se encuentran ampliamente distribuidas rocas efusivas y tobáceo-sedimentarias del Cretácico Inferior, que han sido sometidas a intensas alteraciones hidrotermales y a dinamometamorfismo. En dirección al anticlinorium Trinidad, (de Norte a Sur) ocurre una brusca disminución del espesor de los sedimentos vulcanógenos, hasta su total acunamiento.

Los depósitos vulcanógeno-sedimentarios componen el monoclinial del flanco meridional del sinclinorium Central Cubano y en general buzan suavemente al Norte. En áreas aisladas, en la zona de articulación con el anticlinorium Trinidad, se observan ángulos de buzamiento de las rocas más abruptas, frecuentemente en



distintas direcciones. El intrusivo de granitoides del Cretácico Superior es el elemento importante de la estructura de la zona estudiada. El examen detallado del contacto septentrional de este intrusivo demuestra que los granitoides cortan los efusivos y el contacto está representado por una zona tectónica de estructura compleja (Tolkunov et al., 1967, 1969). En los límites de esta zona se observan numerosas suturas arcillosas, brechas tectónicas, milonitas, diques de diferentes rocas e intrusivos subvolcánicos de liparita-dacita. En general, esta zona representa una gran falla de larga duración (falla abierta central), con la cual están vinculados los principales yacimientos de cobre (Tolkunov y Cabrera, 1969).

En la zona mineralizada San Fernando-Los Cerros, son conocidos yacimientos de distintas formaciones minerales: la pirito-calcopirítica, filoniana, la pirita polimetálica, y la de "skarn". Los yacimientos de las dos primeras formaciones son los más importantes. Su particularidad principal es el estrecho vínculo espacial con los intrusivos subvolcánicos tardíos, con las facies de cuello volcánico de los efusivos ácidos (Tolkunov et al., 1967-1969).

Los intrusivos encajantes a la mineralización se encuentran en las áreas de intersección de las dislocaciones tectónicas abruptas y suaves, de rumbo sublatitudinal y submeridional. En dependencia de esto, tienen forma de "stock" (de una superficie de 1-2 km<sup>2</sup>) y pasan a diques de poco espesor o a sus series. El estudio detallado de los intrusivos subvolcánicos que encajan la mineralización, demuestra que tienen una estructura interior compleja y se formaron por varias inyecciones de las fusiones magmáticas. Una gran parte de ellos frecuentemente está compuesta por liparito-dacitas masivas y fluidales tempranas. Más tarde, se formaron diferentes brechas volcánicas, las que se encuentran en la parte central de los intrusivos o en su periferia. La formación de éstos termina con la inyección de diques liparíticos de poco espesor, que frecuentemente los atraviesan en distintas direcciones.

Los yacimientos filonianos de cobre y pirita ocupan una posición irregular en relación a los intrusivos subvolcánicos y las facies de cuello volcánico, en dependencia del tipo de falla encajante en la mineralización.

En las zonas de fallas abiertas, los yacimientos se distribuyen en los límites de los extrusivos y están vinculados, en lo fundamental, a sus partes limítrofes, donde se halla intensamente manifestada la trituración de las rocas, por lo que aumentan en permeabilidad (Yacimientos San Fernando, Los Cerros, etc.). En las zonas de fallas cubiertas, la mineralización de cobre se localiza, sobre todo, en las rocas vulcanógeno-sedimentarias que encajan los intrusivos subvolcánicos (Independencia, etc.).

Los yacimientos vinculados a las fallas inclinadas se encuentran en los intrusivos subvolcánicos de forma de "sill", o bajo ellos, sustituyendo las rocas vulcanógeno-sedimentarias, que encajan los intrusivos subvolcánicos que son favorables por su composición y propiedades físico-mecánicas.

En los yacimientos generalmente se diferencian varios sistemas de fallas con mineralización. Las más grandes de éstas son las de rumbo sublatitudinal, pero en la localización de la mineralización ejercen gran influencia las transversales submeridionales. Todas tienen origen antiguo y larga historia de desarrollo. Claramente se manifiesta que se originaron antes de la formación de los intrusivos subvolcánicos y cinturones de diques tardíos. Estas dislocaciones, al principio, controlaron la distribución de los extrusivos y de los cinturones de diques tardíos y en las etapas finales de desarrollo de la región también controlaron la mineralización hidrotermal.

Los cuerpos minerales aquí son representados en forma tubular o lenticular, abruptos, o por capas o franjas, poco inclinadas, que tienen una estructura masiva, brechosa o de vetillas-incrustaciones. Para los yacimientos es característica una considerable amplitud vertical de la mineralización (hasta 300 y más metros). En sus zonas se diferencia una gran cantidad de

minerales hipogénicos. Los filonianos están representados por cuarzo, calcita, barita, sericita, y los metálicos, principalmente por pirita, calcopirita, esfalerita, galenita, bornita y otros. Los elementos-impurezas característicos son: Co, Ni, Cr, Ti, Mn, V, Ba, Sb, As, Mo, Ge.

Los yacimientos se formaron seguramente en tres estadios de mineralización. En el primero (pirítico) se formaron las zonas de rocas alteradas hidrotermalmente y también las vetas primarias de cuarzo con pirita, calcopirita y esfalerita. En el segundo estadio (cuproso) se formó (al parecer en varios subestadios) la porción principal de los sulfuros, cuarzo, barita, calcita y otros minerales. En el último estadio (post-mineral) se formaron las vetas y vetillas de cuarzo, calcita. Las rocas encajantes están muy alteradas hidrotermalmente. Las metasomatitas encajantes son similares, por su tipo, a las propilitas y las cuarcitas secundarias. Las áreas mineralizadas están oxidadas en la superficie y la zona de oxidación frecuentemente descende hasta una profundidad de 30-50 m.

Los yacimientos situados en las zonas de fallas abiertas se caracterizan por una serie de particularidades específicas. Uno de éstos es el filoniano-pirita-calcopirítico de San Fernando. Está vinculado a la zona de una falla abierta de larga duración (central) y ocurre en un intrusivo subvolcánico de porfiritas liparito-dacíticas (Tolkunov et al., 1967, 1969). Es conocido desde el año 1827 y fue explotado a intervalos hasta el año 1961. Se extrajeron menas ricas con un contenido de cobre de hasta 17-20% y de zinc de hasta 10-12%, principalmente de la zona de enriquecimiento sulfuroso secundario. (Pfeffer, 1958; Gorielov, 1964).

El intrusivo subvolcánico encajante tiene en la superficie forma de "stock", algo alargado en dirección sublatitudinal y tamaño de 1 500 x 800 m. Su forma varía en la profundidad y en horizontes inferiores del yacimiento, estando representado por una serie de diques de poco espesor. El intrusivo está compuesto básicamente por liparito-dacitas masivas y fluidales, atravesadas en sucesión por diferentes brechas volcánicas y diques. El yaci-

miento está vinculado a la parte extrema del intrusivo, representado principalmente por brechas volcánicas (Fig. 7).

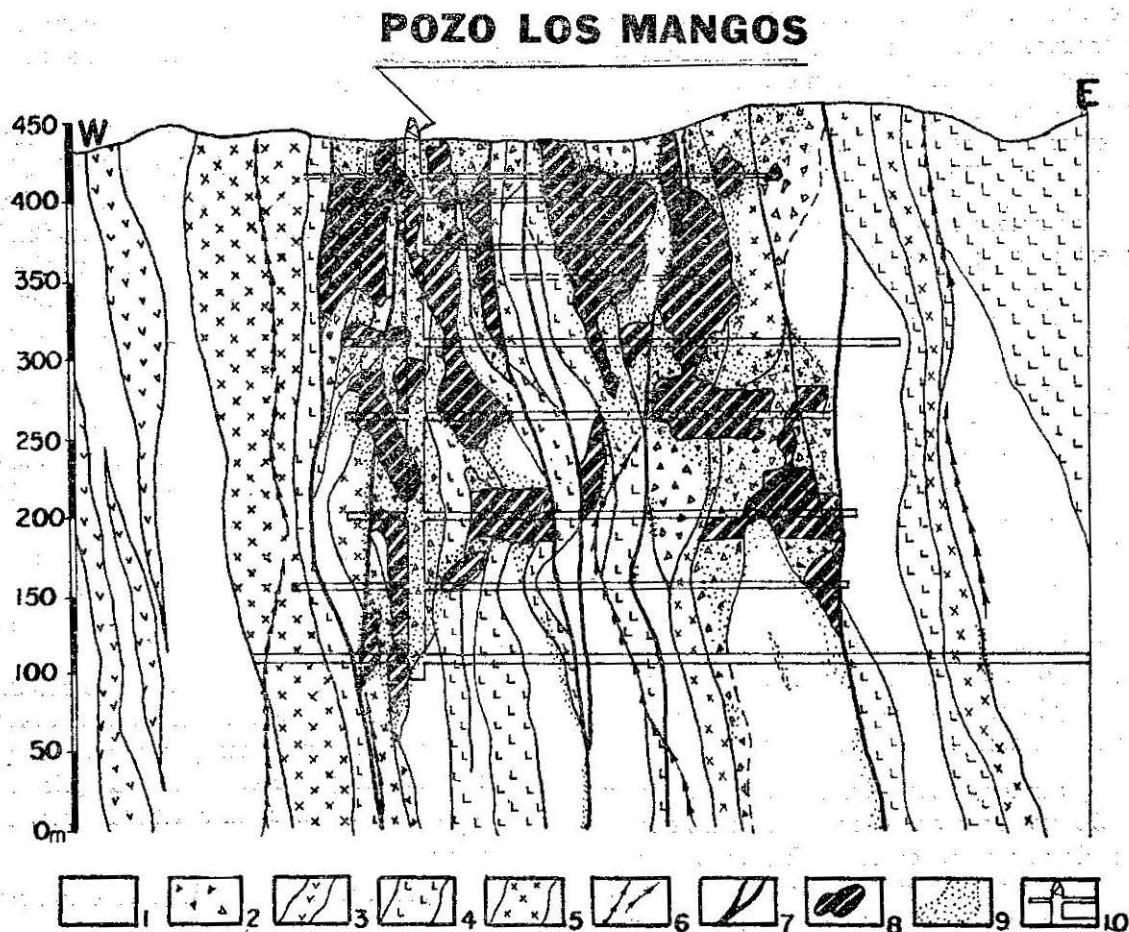
Las áreas mineralizadas conocidas en los yacimientos de San Fernando, La Ceiba, Los Mangos y Arroyo Azul se encuentran en los límites de una misma zona tectónica sublatitudinal, en su intersección con las fallas transversales meridionales. Estos sistemas de fallas tienen una larga historia de desarrollo. Está probado que controlaron la distribución de los intrusivos subvolcánicos, de los diques tardíos, y de la mineralización hidrotermal (Tolkunov, et al., 1967, 1969). Es característico que sólo están mineralizadas aquellas fallas o sus eslabones aislados (segmentos) que sufrieron desplazamientos en los períodos más largos y se renovaron en el momento más tardío, en la génesis de la manifestación mineral. La estructura de las fallas favorables a la mineralización depende en gran medida de la forma del intrusivo subvolcánico, y su composición interna varía hacia la profundidad. En los horizontes profundos del yacimiento disminuye su espesor y las grietas mineralizadoras se encuentran situadas más cerca una de la otra.

Los minerales de San Fernando están representados por cuerpos tabulares abruptos y por lentes, encerrados entre diques. Las menas tienen una composición masiva, brechosa y de vetillas-incrustaciones (Pfeffer, 1958; Gorielov, 1964).

En las menas primarias se diferencian pirita, calcopirita, esfalerita, galenita, argentita, oro, bornita y otros sulfuros. Los minerales filonianos están representados por cuarzo, calcita, barita. Las impurezas características: Ni, Co, Cr, Ti, V, Mn, Ba, As, Sb, Mo.

En la zona de oxidación y de enriquecimiento sulfuroso secundario están ampliamente desarrollados el cobre y el hierro.

Las rocas encajantes están muy alteradas hidrotermalmente. En la zona interior de la columna metasomática, están alteradas a cuarcitas secundarias, las que aparecen rodeadas por una aureola de propilitas.



Yacimiento San Fernando (parte central, sector Los Mangos) Perfil geológico confeccionado por A.E. Tolkunov y R. Cabrera con los datos de V. Pfeffer, V.E. Gorielov y otros, 1967. Signos convencionales; 1-3 — facies del cuerpo subvolcánico encajante Cr<sub>2</sub>: 1 — liparito-dacita; 2 — brecha volcánica; 3 — porfirita liparítica; 4-6 — diques de distribución regional: 4 — andesitas; 5 — porfirita diorítica; 6 — diabasa; 7 — fallas y dislocaciones tectónicas más pequeñas; 8 — cuerpos minerales explotados; 9 — áreas de menas de vetillas e incrustaciones pobres; 10 — laboreo minero antiguo.

Las formaciones hidrotermales se desarrollaron en tres estadios de mineralización. En el primero, se formaron las zonas de rocas alteradas y las vetas tempranas de cuarzo con pirita, calcopirita y esfalerita. En el segundo, se depositaron sulfuros, barita y oro. La acción hidrotermal finalizó con la formación de las vetas o vetillas de cuarzo y calcita. La mineralización hidrotermal se formó después de todas las rocas

magmáticas; sin embargo, se desarrolla más intensamente en las brechas volcánicas y muy débilmente en los diques tardíos macizos (Fig. 7).

Los yacimientos cupríferos, en las fallas cubiertas, también están vinculados a los intrusivos subvolcánicos tardíos, pero en relación con las condiciones específicas de formación de dichas fallas. Sobre todo la mineralización se

encuentra situada no en los mismos intrusivos subvolcánicos sino en sus zonas de exocanto y está vinculada a grietas tectónicas de diferente rumbo.

Para las fallas cubiertas (a diferencia de las abiertas) en las partes superiores del perfil geológico no son característicos desplazamientos significantes de los bloques de rocas, pero se forman anchas zonas de rocas intensamente trituradas. Las estructuras mineralizadas, en forma de pequeñas grietas, se desarrollan solamente en la periferia de "los núcleos duros" alrededor de los intrusivos subvolcánicos.

Al grupo de yacimientos que se caracterizan por tales particularidades se vinculan los yacimientos Independencia, Fortuna y otros. Según los datos de K. I. Gruzdiev y otros (1966) y nuestras observaciones (Tolkunov y Cabrera, 1969), el yacimiento Independencia está vinculado a un intrusivo subvolcánico de porfírita-andesítico compacto y de otras rocas ígneas, que corta la capa de depósitos vulcanógeno-sedimentarios del Cretácico Inferior-superior, que buzan al Norte con ángulos de  $40^\circ$  (Fig. 8). El intrusivo tiene forma de "stock" y es algo alargado en dirección latitudinal. En sus partes periféricas se observan brechas volcánicas. Su buzamiento es abrupto, hacia el Norte. Cerca, en las tobas y clastolavas de andesita-dacitas, se observan numerosas grietas tectónicas, generalmente abruptas, de tres direcciones: submeridional, sublatitudinal y nororiental (azimut del rumbo  $50-60^\circ$ ). En los límites de las áreas mineralizadas, las rocas encajantes están muy trituradas y alteradas hidrotermalmente: cuarificadas, serpentinizadas y cloritizadas. La mineralización de cobre está representada por finas vetillas y zonas de incrustación de piritita, calcopiritita, a veces esfalerita y de minerales grises. Los minerales filonianos, cuarzo, calcita y barita, están desarrollados bastante débilmente.

El yacimiento Independencia se explotó en dos lugares, "Norte" y Mina Rica (Fig. 8). El contenido de cobre en las menas varía de 0.35 a 6.7%.

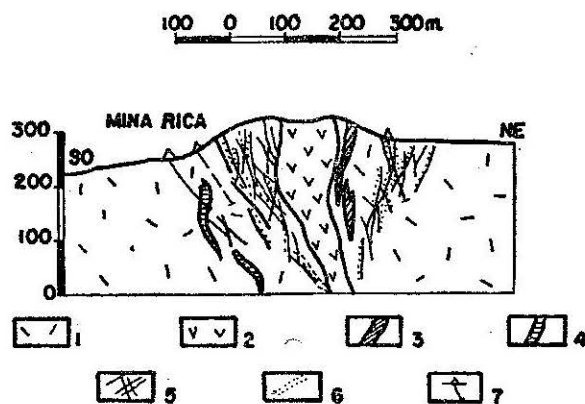


Figura 8

Perfil geológico del yacimiento Independencia. Confeccionado por A. E. Tolkunov y R. Cabrera a base de los materiales de K. I. Gruzdev, M.P. Gruzdeva, R. Sosa y observaciones directas, 1969. Signos convencionales: 1) andesito-dacitas, sus tobas de la zona Toba  $Cr_{1-2}$ ; 2) porfiritas andesíticas masivas  $Cr_{1-2}$  que componen el intrusivo subvolcánico; 3) diques de lava-brechas de andesito-dacitas  $Cr_{1-2}$ ; 4) diques de diabasas  $Pg_2$ ; 5) dislocaciones tectónicas; 6) mineralización sulfúrea de vetillas-incrustaciones; 7) pozos de perforación.

Los análisis espectrales en las menas arrojaron las siguientes impurezas: Co 0.003%, Ni 0.01%, Cr 0.01%, V 0.01%, Ti 0.01%, Mn 0.5%, As 0.03%, Mo 0.001% (Gruzdiev y otros, 1936).

Las relaciones espaciales de edad de diferentes asociaciones minerales demuestran que el yacimiento se formó, al parecer, en tres estadios de mineralización. Al principio, las zonas de rocas alteradas, las vetillas de cuarzo y las incrustaciones de piritita; después, la parte principal de los sulfuros y la barita. La formación finalizó con el desarrollo de las vetillas post-minerales de cuarzo y calcita. Los procesos hidrotermales se manifestaron después de todas las rocas magmáticas conocidas en el campo mineralizado.

Un ejemplo brillante de los que se encuentran en las zonas de las fallas inclinadas es el yacimiento pirítico Antonio (Fig. 9). Fue descubierto al principio del siglo actual y desde el año 1956, a intervalos, ha sido explotado (Williams,



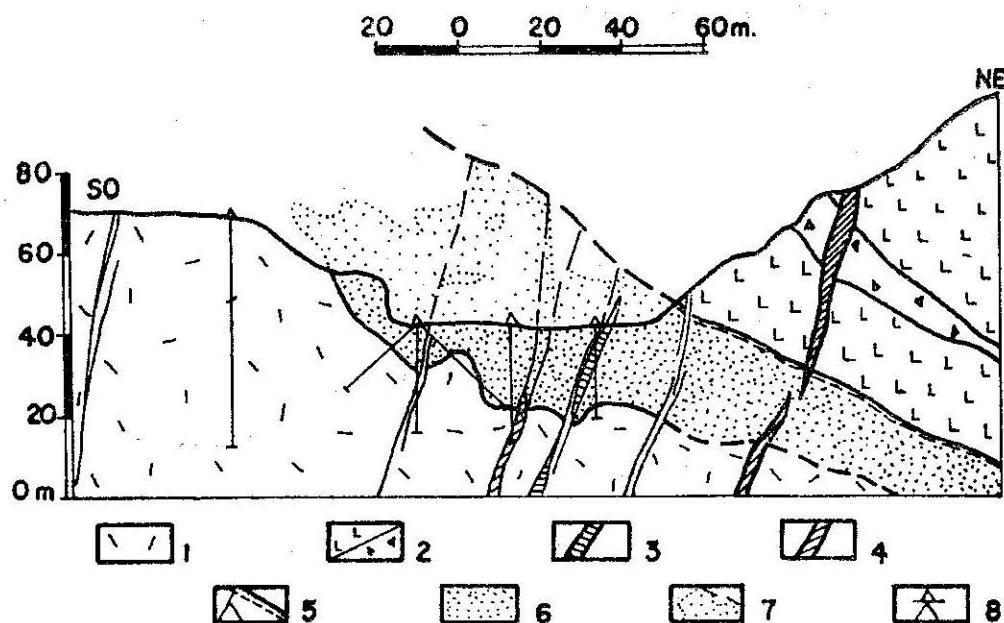


Figura 9

Perfil geológico del yacimiento Antonio. Confeccionado por A. E. Tolkunov y R. Cabrera con los materiales de K.P. Williams, V. E. Gorielov y otros, 1967. Signos convencionales: 1-2) rocas vulcanógenas que componen el intrusivo subvolcánico  $Cr_{1-2}$ ; 1) dacitas porosas, sus clastolavas y brechas; 2) dacitas fluidales y masivas, lava-brecha y brechas; 3) diques de pórfidos liparíticos  $Cr_{1-2}$ ; 4) diques de porfiritas diabásicas  $Pg_2$ ; 5) dislocaciones tectónicas; 6) mena de pirita masiva con cobre; 7) parte explotada del yacimiento; 8) pozos de perforación.

1959; Gorielov, 1965). Esencialmente se explotó la capa superior del cuerpo, enriquecida en cobre y zinc. En general, el contenido de estos componentes es bajo, aunque en partes aisladas alcanza varios porcientos. En las menas también se observa oro, plata y germanio.

Las menas piríticas están vinculadas a un intrusivo interformacional de estructura compleja (Tolkunov y Cabrera, 1967, 1969). Sus rocas más tempranas son las brechas volcánicas, clastolavas y liparito-dacitas compactas, y sus lava-brechas, las más tardías. Se observan también felsitas y pórfidos liparíticos más jóvenes, que forman "sills" y diques de poco espesor.

Todas estas rocas están cortadas por diques tardíos de porfiritas dioríticas y diabásicas.

El intrusivo encajante de la mineralización se encuentra entre los depósitos vulcanógeno-sedimentarios del Cretácico Inferior y Superior. En el yacimiento se mapean dislocaciones tectónicas abruptas sublatitudinales y submeridionales y diques (Fig. 9). El amplio desarrollo de las fallas inclinadas es una particularidad de su estructura. Ocurren en los contactos con las rocas subvolcánicas de diferente edad y composición.

La mineralización hidrotermal del yacimiento Antonio está representada por un cuerpo en forma de capa, complejo, con xenolitos de rocas encajantes no sustituidas, que se encuentra bajo una zona tectónica poco inclinada y una cubierta de rocas vulcanógenas compactas.

El cuerpo mineral está compuesto principalmente por pirita. En su parte superior se obser-

van acumulaciones significativas de calcopirita y esfalerita. Estos minerales tienen frecuentemente estructura colomórfica. Cerca del cuerpo principal frecuentemente se observan amplias zonas de vetillas, nidos e incrustaciones de sulfuros.

Los datos existentes demuestran que la mineralización sulfurosa de Antonio se originó por la sustitución metasomática de las rocas encajantes favorables, que en el período premineeralizado soportaron grandes alteraciones hidrotermales, siendo sometidas a cuarficación intensa, albitización y sericitización.

El yacimiento se formó, al parecer, en tres estadios sucesivos de mineralización y, sin duda, después de los diques más jóvenes de distribución regional (Tolkunov et al., 1969).

En el primer estadio, además de las zonas de rocas alteradas hidrotermalmente, se formaron las vetas primarias de cuarzo, el cuerpo principal y las zonas de incrustaciones de pirita, que raramente contienen esfalerita y calcopirita. Después surgieron las vetas calcito-baríticas con calcopirita, esfalerita y otros sulfuros. En el último estadio se formaron las vetas de calcita y cuarzo. En las menas se observan impurezas, como Co, Ni, Cr, V, Ti, Mn, Ba, Ge, As, Sb.

En la zona mineralizada San Fernando-Los Cerros son conocidos pequeños yacimientos tipo "skarn", de cobre. Dos de ellos (Guas e Isabelita) han sido explotados (Gruzdiev y otros, 1966) (Shevchence y otros, 1967). Se encuentran en la zona de exocanto del intrusivo de dioritas, del Escambray (Fig. 1), el cual corta los depósitos vulcanógeno-sedimentarios del Cretácico Superior, que contienen lentes de caliza (Fig. 10). En las zonas de contactos de las dioritas y porfiritas con las calizas se desarrollan los "skarn" granatíferos y piroxénicos, con mineralización magnetito-calcopirítica y calcopirítica. Los cuerpos de "skarn" frecuentemente tienen forma irregular y pequeño tamaño, pero con hiatos están desarrollados en intervalos significativos, (hasta 1-2 km). Los cuerpos minerales, en forma de pequeños lentes y nidos (desde los primeros metros hasta varias decenas

de metros) se distribuyen bien en los "skarn", o cerca de ellos. El contenido de cobre en las menas no es alto (0.1-1.5%) a excepción de aquellos lugares donde se manifestaron procesos más tardíos de deposición de la mineralización cuprífera.

La mineralización magnetítica y la de cobre-skarn, formadas por la etapa temprana, al parecer están relacionadas con el surgimiento de la intrusión de granitoides Escambray, del Cretácico Superior. Están atravesados por intrusivos subvolcánicos tardíos y diques de porfiritas diabásicas (Gruzdiev y otros, 1966; Tolkunov y Cabrera, 1969). La mineralización hidrotermal propia de cobre se desarrolló a lo largo de varios sistemas de dislocaciones tectónicas, que se extienden por todas las rocas conocidas en el campo mineral. La mineralización pirito-calcopirítica, a veces con molibdeno, frecuentemente se encuentra a notable distancia de los "skarns", acompañada de cuarficación, sericitización y otras alteraciones de las rocas, características en los yacimientos típicos hidrotermales de cobre. En las menas, además de las piritas y calcopiritas, están desarrolladas la esfalerita, galenita y molibdenita. Los minerales filonianos están representados por cuarzo, clorita, epidota, calcita y siderita.

La mineralización cupro-molibdénica se diferencia solamente en un área de la zona mineralizada San Fernando-Los Cerros, cerca del yacimiento Isabelita (Fig. 1). Aquí fue determinada por K. U. Gruzdiev y otros, en los límites del intrusivo Escambray, una zona bastante ancha de grietas adyacentes de rumbo noroccidental, cerca de la cual las dioritas están intensamente alteradas: albitizadas, sericitizadas y cuarficadas. En las zonas de rocas alteradas ocurre una diseminada mineralización sulfurosa, representada por escasas incrustaciones y delgadas vetillas de pirita, calcopirita y más raramente molibdenita. La mineralización se extiende a una profundidad significativa (hasta 200 metros) pero se caracteriza por un contenido muy bajo de molibdeno (hasta 0.03%) y cobre (hasta 0.16 por ciento).

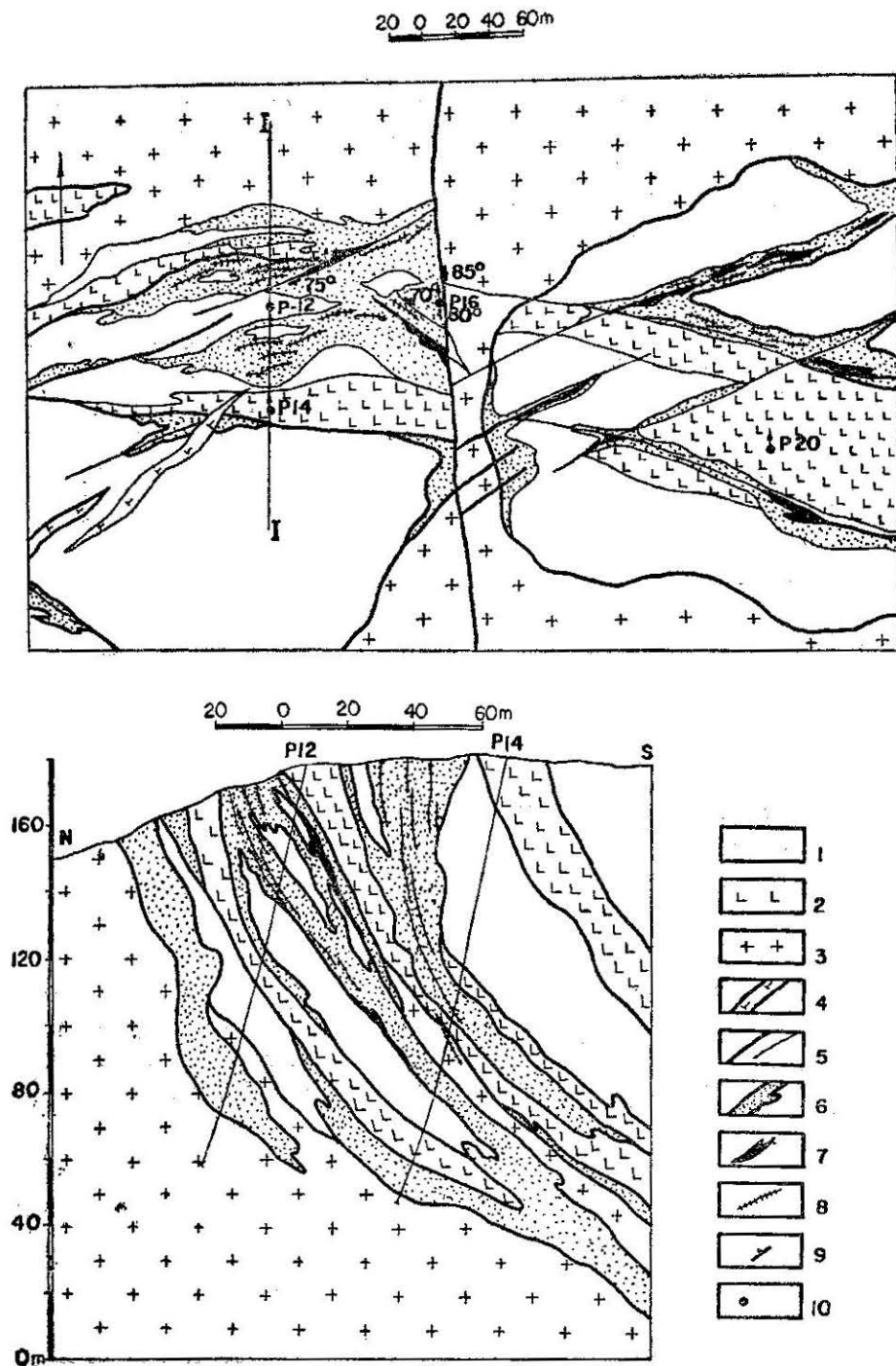


Figura 10

Plano y perfil de la estructura geológica del yacimiento Guaos. Confeccionado por J.A. Tshevchenko, V.M. Stepanov y M.O. Alfonso, modificado por A.E. Tolkunov y R. Cabrera, 1969. Símbolos: 1) Calizas  $Cr_{1-2}$ ; 2) porfiritas andesíticas  $Cr_{1-2}$ ; 3) dioritas  $Cr_2$ ; 4) diques de porfiritas diabásicas  $Pg_2$ ; 5) dislocaciones tectónicas; 6) skarn granato-piroxeno; 7) cuerpos minerales magnéticos con pirita y calcopirita; 8) vetas cuaríferas y piríticas con calcopirita, galena, esfalerita y molibdenita; 9) elementos de yacencia; 10) pozos de perforación.

### Zona mineral Victoria-Guachinango.

Esta zona mineralizada (6) se encuentra en la parte meridional de la región mineral Las Villas y está vinculada al flanco septentrional del anticlinorium Trinidad (Fig. 1). Aquí ocurren tres yacimientos grandes (Carlota, Victoria y Guachinango) de menas piríticas, y algunos otros pequeños, los cuales se encuentran en la zona de la falla meridional abierta, de larga duración. La zona se extiende por su rumbo en 40-50 km y relativamente tiene poca anchura (cerca de 5 km). En su estructura toman parte principalmente, las rocas metamórficas de edad jurásica y los intrusivos de rocas ultrabásicas y básicas intensamente alteradas, al parecer del Cretácico Superior.

Las rocas metamórficas, cuyo espesor general es de 10-12 km, se dividen en dos secuencias (Thiadens, 1937). En la inferior están desarrollados diferentes esquistos (cloríticos, actinolíticos, cuarzo-micáceos carbonatados, etc.), entre los cuales también se observan calizas marmolizadas y mármoles, enriquecidos por grafito. La secuencia superior está compuesta principalmente por rocas carbonatadas. Las rocas metamórficas forman el flanco de un gran pliegue anticlinal, complicado por pliegues más pequeños, complementarios. En general, buzan abruptamente al Norte (con un ángulo de buzamiento de hasta 60°).

Entre ellos, en la zona meridional, de falla, están muy desarrollados los intrusivos de dioritas intensamente alteradas, de dunitas y peridotitas, transformadas a rocas cuarzo-moscovito-cloríticas con albita y serpentinitas antigoríticas. Generalmente, tienen forma de "stocks" de diques y de cuerpos complejos en forma de "sill" de pequeños tamaños (primeros kilómetros). Están ampliamente desarrollados en las áreas de alteraciones abruptas de los elementos de yacencia de las rocas metamórficas, en las partes axiales de los pliegues anticlinales y en las zonas de intersección de las dislocaciones.

En los límites de la zona mineralizada Victoria-Guachinango están ampliamente desarro-

lladas las dislocaciones tectónicas de rumbos sublatitudinal y submeridional. Las primeras se encuentran muy cerca unas de otras e integran la zona de la gran falla abierta meridional. Las dislocaciones submeridionales (transversales) en las rocas metamórficas y carbonatadas están representadas por zonas de esquistosidad y trituración de las rocas no bien manifestadas, las cuales con dificultad se diferencian en el mapeo. En algunas áreas observamos cómo, por zonas de esquistosidad mal manifestadas, de poco espesor, se diferencian desplazamientos significativos de los bloques de rocas.

En la zona mineralizada descrita están desarrollados yacimientos piríticos que se caracterizan por muchos rasgos generales. Se distribuyen en los lugares de desarrollo de los intrusivos, intercalados de rocas básicas y ultrabásicas intensamente alteradas o en los contactos de esquistos, diferentes por su composición y propiedades (Hill, 1958; Goulov y otros, 1963; Tolkunov y otros, 1967, 1969; Bolotin, 1968; Zarianov, 1968; Laverov y otros, 1968; Maximov y otros, 1968).

Los yacimientos están representados por uno o varios cuerpos minerales, grandes en ocasiones. Así, el lente mineral del yacimiento Guachinango se extiende por su rumbo en 800 metros, por buzamiento 200 m y su espesor máximo es de 31 m. Los cuerpos minerales tienen forma de lente y yacen, en general, en concordancia con las capas encajantes. Los contactos de los cuerpos minerales en dichas rocas no son precisos. Cerca de ellos están desarrollados vetillas y nidos de sulfuros y también se observan numerosos xenolitos de rocas encajantes no sustituidos.

Los cuerpos minerales, generalmente, tienen estructura masiva y bandeada y están representados principalmente por pirita, que contiene en pequeñas cantidades pirrotina, calcopirita, esfalerita, galenita y otros minerales. Las menas, con frecuencia, se caracterizan por estructura colomórfica y no haber sido sometidas a metamorfismo. El cobre y el zinc están distribuidos en ellas muy irregularmente. El conte-



nido de cobre alcanza 5.7%, de zinc 3.0%, pero los valores promedio de estos elementos, generalmente bajos y en distintos cuerpos minerales y yacimientos, son diferentes. En las menas del yacimiento Guachinango, el contenido de cobre es de 0.8%; de zinc 0.80% y en el yacimiento Carlota, cobre: 0.79%; zinc, 0.43% (Hill, 1958; Bolotin, 1968, 1969). Los elementos impurezas característicos son: Co, Ni, Cr, Ti, Mn, As, Ge, Ga. Cerca de los lentes de sulfuros se observan alteraciones hidrotermales de las rocas encajantes, representadas por dolomitización, clorización y cuarficación.

Los yacimientos se formaron, al parecer, en tres estadios de mineralización. En el primero ocurrieron la alteración hidrotermal de las rocas, el desarrollo de las vetas de carbonatos, cuarzo y también la formación de los cuerpos de pirita con calcopirita, esfalerita, pirrotina y oro. En el segundo estadio se formaron cuarzo, calcita, pirita, esfalerita, calcopirita, galenita, plata nativa y oro. Las vetas de estos estadios se cortan por vetas y vetillas de calcita y cuarzo del tercer estadio de mineralización.

Un caso típico de los yacimientos piríticos de la zona mineralizada Victoria-Guachinango, es la mina Carlota (Fig. 11). Es conocida desde el año 1884 y se explota a intervalos (Gorielov y otros, 1964; Bolotin 1969). Ultimamente, en sus límites se han extraído varios millones de toneladas de menas piríticas con un contenido de cobre de 0.79%, de zinc 0.43%, de hierro 36.5% y de azufre 38% (Bolotin, 1969).

Se encuentra el yacimiento en la parte occidental de la zona mineralizada Victoria-Guachinango. Está compuesto principalmente por calizas esquistosas con grafito y por esquistos micáceo-grafíticos de gran espesor, supuestamente de edad jurásica. Estas rocas tienen rumbo y buzamiento abrupto al Norte (ángulo de buzamiento 30-70°). Están cortadas por intrusivos en forma de "sill" de rocas ultrabásicas, intensamente serpentinizadas (de serpentinitas) y atravesadas por numerosas dislocaciones tectónicas, algunas por estratificación. Está constituido por varios cuerpos minerales que se dividen y distribuyen en el contacto de las

serpentinitas y las calizas, en las áreas de las curvaturas anticlinales de las capas y yacen en general concordantes con las rocas encajantes (Fig. 11). Estos cuerpos tienen forma de lentes y se caracterizan por contactos imprecisos con

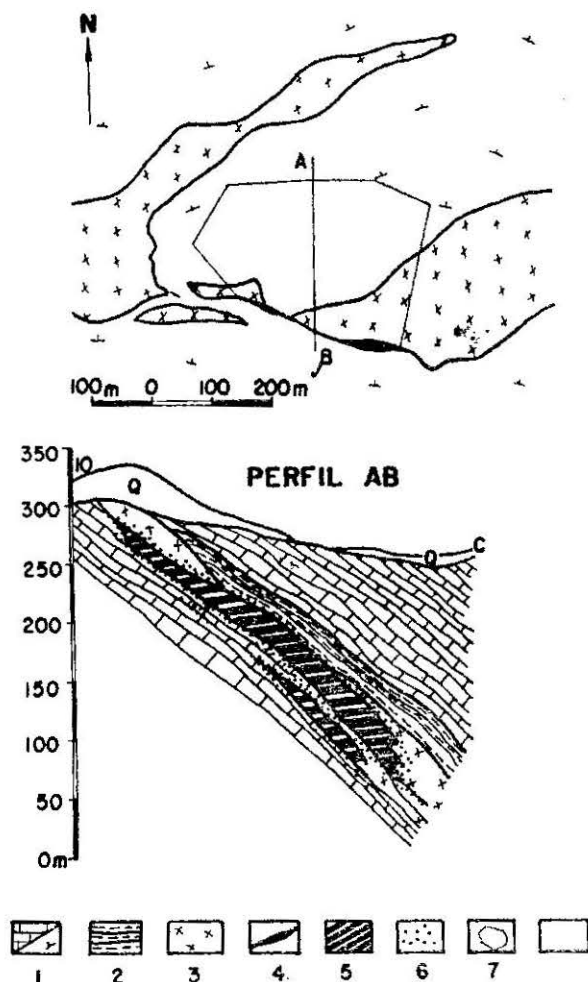


Figura 11

Yacimiento Carlota. Plano esquemático de la estructura geológica del Sector No. 4 y su perfil. Confeccionado por A.E. Tolkunov y R. Cabrera, con los materiales de P.A. Hill, B.E. Gorielov, M.M. Estoravoi, Y.A. Bolotin, Y.P. Zorianov, A.A. Maximov y observaciones propias. 1) calizas marmolizadas, dolomitas y mármol  $J_{1-2}$ ; 2) esquistos grafitico-carbonáticos, cloríticos y otros  $J_{1-2}$ ; 3) peridotita y serpentinita intensamente alteradas; 4) sombrero de hierro; 5) cuerpo mineral; 6) mineralización pirítica de vetillas e incrustaciones; 7) proyección del cuerpo mineral.

las rocas encajantes. Están rodeados por una aureola de mineralización de vetillas-incrustaciones, tienen una estructura masiva, bandeada, brechosa, y frecuentemente contienen xenolitos de rocas encajantes, variados por su forma y tamaño. Bajo el microscopio se observa claramente que la estructura bandeada de las menas está condicionada por la sustitución selectiva de paquetes finos de calcita y dolomita, intercalados con "capitas" de grafito, de un agregado cuarzo-micáceo y no es resultado de la esquistosidad post-mineral de las menas piríticas (Hill, 1958).

Los cuerpos minerales están compuestos generalmente por porfiritas. Más raramente se observa pirrotina, calcopirita, esfalerita, galeinita, tenantita, oro y plata nativos, que se distribuyen muy irregularmente. Las concentraciones máximas de cobre se observan en el lado colgante de los cuerpos minerales. Las rocas encajantes están muy alteradas hidrotermalmente. En ellas están desarrollados la dolomita, clorita, cuarzo, calcita y pirita hidrotermales.

Así vemos que en la región mineralizada Las Villas existen yacimientos cupríferos de distintas formaciones minerales: pirita-calcopirítica, pirítica, cuarzo-sulfurosa con oro, de "skarn" y cupro-molibdénica.

En su distribución se observan determinadas regularidades. Los yacimientos están vinculados a las grandes fallas de larga duración y forman tres zonas mineralizadas alargadas, en cuyos límites está desarrollada la mineralización cuprífera, principalmente de una formación mineral, es decir que se manifiesta claramente la zonación horizontal (Fig. 1).

Los yacimientos cuarzo-sulfurosos de cobre, con oro, se distribuyen en la zona mineralizada septentrional (4), los pirito-calcopiríticos filonianos en la zona central (5) y los piríticos principalmente, en la zona meridional (6).

Los yacimientos de "skarn" y cupro-molibdénicos están vinculados a la intrusión de granitoides Escambray. Esta zonación seguramente está condicionada por el desarrollo de un proceso hidrotermal único pero con interrupcio-

nes y por desplazamientos sucesivos, en el espacio, de las áreas donde se descubren las estructuras tectónicas.

En los yacimientos más tempranos, los piríticos se encuentran distribuidos en la mayor parte de la región mineralizada dentro de los límites de las zonas meridional-central y parcialmente, septentrional. Las determinaciones de la temperatura de formación de las menas piríticas por métodos termométricos muestran que el cuarzo y la pirita más temprana cristalizaron a temperaturas bastante altas (340-3200). Los pirito-calcopiríticos filonianos se formaron más tarde a temperaturas más bajas (250-1100) y se distribuyen generalmente en las menas, de Sur a Norte.

Las asociaciones minerales de estos yacimientos cortan los cuerpos piríticos en los campos San Fernando, Antonio, Los Cerros y otros.

Los cuarzo-sulfurosos, con oro, al parecer son los más tardíos y de más bajas temperaturas (180-100°) y están vinculados a la zona mineralizada septentrional. Basándose en estos datos, se puede hablar acerca del desplazamiento regular de los procesos de formación de las menas, de Sur a Norte.

En la distribución de los yacimientos se manifiesta control magmático. Los piríticos principales están vinculados a áreas de desarrollo de los intrusivos de rocas ultrabásicas y básicas del Cretácico Superior; los pirito-calcopiríticos filonianos y parcialmente los piríticos, están vinculados especialmente con los intrusivos subvolcánicos de liparito-dacita tardíos; los cuarzo-sulfurosos, con oro, se distribuyen cerca de los diques de porfiritas dioríticas y diabásicas tardíos, al parecer, oceánicos. Los de "skarn" y cupro-molibdénicos están vinculados al intrusivo de granitoides del Cretácico Superior-Escambray.

En resumen están vinculados a distintos tipos de fallas (abiertas, cubiertas e inclinadas) y se diferencian por la estructura geológica y las condiciones de localización de las menas. En las zonas de fallas abiertas, la mineralización

de cobre se distribuye en los límites de los extrusivos y las particularidades de la estructura de los yacimientos dependen principalmente de la forma interna de los extrusivos encajantes. En las zonas de fallas cubiertas la mineralización se localiza en las rocas vulcanógeno-sedimentarias que encajan a las intrusiones subvolcánicas. La mineralización se distribuye en numerosos sistemas de grietas tectónicas pequeñas, que bordean a los intrusivos subvolcánicos.

En las fallas inclinadas, los cuerpos minerales se distribuyen con los intrusivos subvolcánicos en forma de "sill", debajo de ellos, en las rocas vulcanógeno-sedimentarias encajantes. En algunos campos mineralizados los diques de diabasa atraviesan y cementan las rocas alteradas hidrotermalmente y las vetas tempranas y ellos mismos están cortados por las asociaciones minerales del estadio de mineralización. Los yacimientos de cobre y los diques forman grandes cinturones únicos, que se distribuyen independientemente de la estructura y particularidades de formación de áreas aisladas de la zona geosinclinal.

Los yacimientos de cobre de la zona mineralizada Las Villas se formaron en una sola etapa, seguramente en el Eoceno Superior. Son hidrotermales típicos de temperaturas medias-bajas (340-110°).

Las menas surgieron principalmente por la sustitución metasomática de las rocas "favorables", aunque en algunas áreas de los yacimientos se observan texturas brechosas y vetillas, que indican el rellenamiento de bandas abiertas. A diferencia de las rocas encajantes, en los cuerpos minerales no existen señales de manifestación del metamorfismo dinámico y de las deformaciones de plegamiento.

La mineralización se formó cercana a la superficie (a una profundidad, al parecer, de 100-1 500 metros) y a bajas presiones. Las zonas de las fallas abiertas en ese momento, seguramente, se comunicaban con la superficie, por lo que sucedió una brusca disminución de la temperatura y la presión de las soluciones, un cambio de sus pH y una deposición de grandes masas de sulfuros (varios millones de T) en intervalos de dislocaciones con mineralización relativamente corta (200-300 metros) por la vertical.

### III. YACIMIENTOS DE COBRE DE LA REGION MINERALIZADA DE ORIENTE

Esta región mineralizada se encuentra en la parte meridional extrema del bloque tectónico oriental y se extiende en dirección sublatitudinal a más de 200 km, con una anchura promedio de 20 km (Fig. 1). En sus límites se conocen yacimientos pirito-calcopiríticos filonianos bastante grandes, numerosos piríticos pequeños, cuarzo-sulfurosos con oro y de "skarn" de cobre.

La posición de la región está determinada por una gran falla de larga duración, vinculada a la zona de intersección de las principales estructuras tectónicas de la región: anticlinorium Sierra Maestra y el sinclinal oriental cubano (Laverov y Cabrera, 1967; Laverov y otros, 1968).

Las zonas mineralizadas aisladas y los nudos mineralizados se encuentran situados en áreas del sinclinal oriental cubano, con un basamento prepaleogénico relativamente elevado. Estas áreas se caracterizan por espesores disminuidos de los depósitos vulcanógeno-sedimentarios del Paleógeno Inferior-Medio y por la manifestación intensa de las dislocaciones transversales noroestes y de los pequeños intrusivos tardíos (Tolkunov y Cabrera, 1969). En la estructura de la región toman parte el anticlinorium Sierra Maestra, el sinclinal oriental cubano y el macizo hórstico Sierra del Purial (Puscharovskiy y otros, 1967).

El macizo hórstico Sierra del Purial lo forman rocas metamórficas del pre-Cretácico (Fig. 1, columna 0). Tienen gran espesor (varios miles de metros) y representan una formación geosinclinal de formación espilitica. En su perfil predominan las porfiritas y tobas, alteradas en condiciones de facies de esquistos verdes, las que pasan a esquistos cloríticos, actinolíticos y otros blastoclásticos. Todos componen el flanco de un gran pliegue, que buza al Norte, junto con un plegamiento más pequeño y complejo.

Al noreste del macizo están ampliamente desarrollados los intrusivos de rocas ultrabásicas y básicas del Cretácico Superior. Su zona occidental extrema está atravesada por una serie de dislocaciones tectónicas sublatitudinales y noroccidentales y por pequeños intrusivos de porfiritas dioríticas y dioritas cuarcíferas, al parecer de edad eocénica.

El anticlinorium Sierra Maestra, en la región mineralizada de Oriente, está representado solamente por su flanco septentrional, compuesto principalmente por rocas vulcanógeno-sedimentarias del Cretácico Superior. Estas rocas se dividen en una serie de capas de porfiritas, tobas, tufitas y brechas, que contienen horizontes de areniscas, calizas, alcuritas y otras sedimentarias. Tienen un gran espesor (1 500–2 000 m) y generalmente buzan monoclinalmente al Norte (ángulo de buzamiento 10–30°). Buzamientos más abruptos de las rocas se observan solamente en la zona de articulación del anticlinorio Sierra Maestra con el sinclinal oriental cubano y también en las áreas de desarrollo de los intrusivos. Las rocas vulcanógeno-sedimentarias están cortadas por grandes intrusivos, semejantes a batolitos de granitoides, de edad eocénica (Laverov y Cabrera, 1967).

En la estructura de la región mineralizada de Oriente toma parte también el flanco meridional del sinclinal oriental cubano, en cuyos límites se encuentran los principales yacimientos de cobre. Aquí están ampliamente desarrollados los mantos de andesita-basaltos, sus tobas, tufitas con intercalaciones de rocas sedimentarias, y los extrusivos de liparito-dacitas de edad Paleoceno-Eoceno (Lewis y Straczek, 1955).

Las rocas vulcanógeno-sedimentarias tienen aquí gran espesor (hasta 1 000 metros) y buzan suavemente al Norte (10–20°). En la parte septentrional de la región están cubiertas por



depósitos terrígeno-carbonatados del Oligoceno y por depósitos sedimentarios más jóvenes, y al Sur, en la zona de articulación del sinclino-rio oriental cubano con el anticlinorio Sierra Maestra, son cortadas por grandes fallas sublatitudinales noroccidentales por diques de diábasa (Fig. 1).

Concluyendo el breve examen de las particularidades de la estructura geológica de la región mineralizada Oriente, se puede decir que aquí, al igual que en la región mineralizada Las Villas, el magmatismo intrusivo se manifestó reiteradamente y están ampliamente desarrolladas grandes fallas de larga duración, que influyeron mucho en la localización de la mineralización de cobre.

Las intrusiones más tempranas, las grandes de rocas ultrabásicas y básicas del Cretácico Superior, se distribuyen en la porción oriental de la región. Las más tardías, eocénicas, de tipo batolito, de granitoides, están desarrolladas en la zona de intersección del anticlinorium Sierra Maestra con el sinclino-rium oriental cubano. Forman grandes macizos alargados en dirección latitudinal, acompañados frecuentemente por apófisis en forma de diques y por pequeños cuerpos de dioritas y granitoides. En ella están ampliamente desarrollados los intrusivos subvolcánicos y facies de cuello volcánico, que atraviesan los granitoides del anticlinorium Sierra Maestra (Laverov y Cabrera, 1967).

Las porfiritas eocénicas diabásicas y dacíticas que finalizaron el desarrollo del magmatismo en la región, forman una serie de cinturones de diques alargados, "stocks" y de cuerpos en forma de "sill". Estos intrusivos están ampliamente desarrollados en todas las zonas mineralizadas y frecuentemente controlan la distribución de la mineralización de cobre.

Los yacimientos de cobre conocidos en la región mineralizada de Oriente están concentrados en 3 zonas: Elección-Olga (9), El Cobre-Gran Piedra (8) y La Cristina-Bayamita (7).

### Zona mineral Elección-Olga.

Esta zona mineralizada (9) se encuentra situada en la porción oriental de la región (Fig. 1). Su posición está determinada, al parecer, por el amplio desarrollo de las dislocaciones submeridionales, que cortan las grandes fallas de rumbo sublatitudinal. En las áreas de intersección de las fallas se distribuyen intrusivos de dioritas cuarcíferas y porfiritas dioríticas que encajan la mineralización de cobre.

La zona mineral está formada, principalmente, por rocas vulcanógeno-sedimentarias del Jurásico, intensamente metamorizadas, que sufrieron alteraciones de rocas verdes y pasaron a diferentes esquistos, que contienen intercalaciones de calizas cristalinas, mármoles y aleurolitas. Tienen un gran espesor (varios miles de metros) y en la región del yacimiento Elección se dividen en una serie de capas (Budanov y Hernández, 1965).

En la base del perfil se diferencia una gruesa capa de esquistos clorito-feldespáticos, actinolito-epidoto-cuarcíferos y otros, con albita moscovita, y grafito, que se relacionan con el Jurásico Inferior-Medio. Esa capa está recogida en grandes pliegues estrechos de rumbo meridional.

Sobre estas rocas, con discordancia angular, yacen esquistos metamórficos de suave buzamiento, supuestamente del Jurásico Superior, los que se dividen en dos capas, la inferior, representada por esquistos cuarzo-cloríticos, actinolito-cloríticos, y otros, de un espesor de hasta 200 metros. La capa superior la forman esquistos cuarzo-sericíticos y clorito-cuarzo-albíticos, que tienen aproximadamente un espesor de 150 m. En áreas aisladas están cubiertos por tobas débilmente metamorizadas de andesita de edad cretácica, las que buzan monoclinalmente con un ángulo de 25-45° al Norte y tienen poco espesor (hasta 70 metros).

Los esquistos están atravesados por intrusiones tardías (al parecer eocénicas) de porfiritas dioríticas y diabásicas que tienen forma de diques, "stocks" y de cuerpos en forma de "sill". Están ampliamente desarrolladas las disloca-

ciones tardías de rumbos submeridional y sublatitudinal, que controlan la distribución de los cuerpos minerales y los yacimientos.

En la zona mineralizada Elección-Olga ocurre una serie de yacimientos cupríferos peculiares: Elección, La Cruzada, Aníbal, Panchita y otros. Todos ellos tienen una estructura geológica similar y una parecida composición mineralógica de las menas. Generalmente están vinculados a los intrusivos de porfiritas dioríticas y a las dioritas cuarcíferas (Budanov y Hernández, 1965). Estos intrusivos se encuentran situados en las áreas de variación de los elementos de yacencia e intersección de las dislocaciones tectónicas, en las zonas de dislocaciones interformacionales suaves y en las cúpulas de los pliegues anticlinales locales.

La forma y composición interna de los intrusivos ejercen gran influencia en las particularidades de la estructura geológica de los yacimientos. Estos están representados por series de vetas abruptas e inclinadas, que esencialmente no sobresalen de los límites de los intrusivos. En las zonas mineralizadas se diferencian el cuarzo, calcita, calcopirita, pirrotina, cubanita, esfalerita, galenita, oro, plata y como impurezas: Co, Ni, Cr, Ti, V, Mn, Ba, As, Ge. Los yacimientos se forman al parecer en cuatro estadios de mineralización. En el primero se formaron las zonas de rocas alteradas hidrotermalmente (cuarcificación, cloritización, sericitización y pinitización) y las vetas de cuarzo con piritita temprana, más raramente esfalerita y calcopirita. Con el segundo estadio de mineralización está relacionada la formación de las principales vetas cuarzo-sulfurosas. Más tarde, en el tercero, se formaron las vetas propias de cuarzo y cuarzo-carbonatadas, con un contenido no alto de piritita, calcopirita, galenita, esfalerita y oro. Todas las asociaciones minerales están atravesadas por vetillas de cuarzo y calcita (del cuarto estadio de mineralización).

El yacimiento Elección es el más importante de la zona mineralizada descrita (Fig. 12). Fue descubierto hace mucho tiempo y desde 1938, con recesos, se ha estudiado en detalle y explotado. Se le han extraído menas muy ricas, con

un contenido de cobre de más del 15% (Budanov y Hernández, 1965). Es bastante grande e interesante, pero se encuentra situado en una región montañosa alejada. Esta se halla formada por esquistos metamórficos de edad jurásica, los cuales se dividen en una serie de secuencias. En la zona de contacto de los esquistos intensamente plegados del Jurásico inferior-medio y de los esquistos suprayacentes, poco inclinados, del Jurásico superior, se encuentra un intrusivo en forma de "sill", de porfiritas dioríticas y de otras rocas. En planta, el mismo tiene un tamaño de cerca de 250 x 600 metros y un espesor de 150 m. En sus límites se diferencian porfiritas dioríticas, andesíticas y dioritas cuarcíferas, las que se distinguen por su composición y grado de recrystalización. En su distribución se establece una regularidad determinada. Las variedades melanocráticas y menas recrystalizadas se observan, principalmente en la parte superior del intrusivo, y las más recrystalizadas en la zona central. El intrusivo está atravesado por una serie de grandes fallas submeridionales, que lo dividen en bloques (Fig. 12).

En Elección se conocen 15 cuerpos minerales que tienen forma de filones, y se extienden por rumbo y buzamiento 30-90 metros; su espesor varía de 20 cm a 2.5 metros. Los cuerpos minerales tienen buzamiento abrupto al Este y al Oeste, y se distribuyen entre las grandes fallas (Occidental y Oriental) y están orientados, bien paralelamente a ellas o en ángulo.

El análisis de los materiales existentes demuestra que los cuerpos minerales principales, por su rumbo y buzamiento, no sobrepasan los límites del intrusivo de dioritas y están vinculados hacia el área de curvatura de la falla oriental principal. En este lugar de las fallas se observan los máximos espesores del intrusivo encajante (Tolkunov et al., 1967, 1969).

Los cuerpos minerales tienen una estructura masiva, brechosa, de vetillas-incrustaciones. Sus minerales principales son cuarzo, calcita, piritita, calcopirita. Los minerales secundarios están representados por pirrotina, esfalerita, galenita y cubanita. En las menas se observan oro,

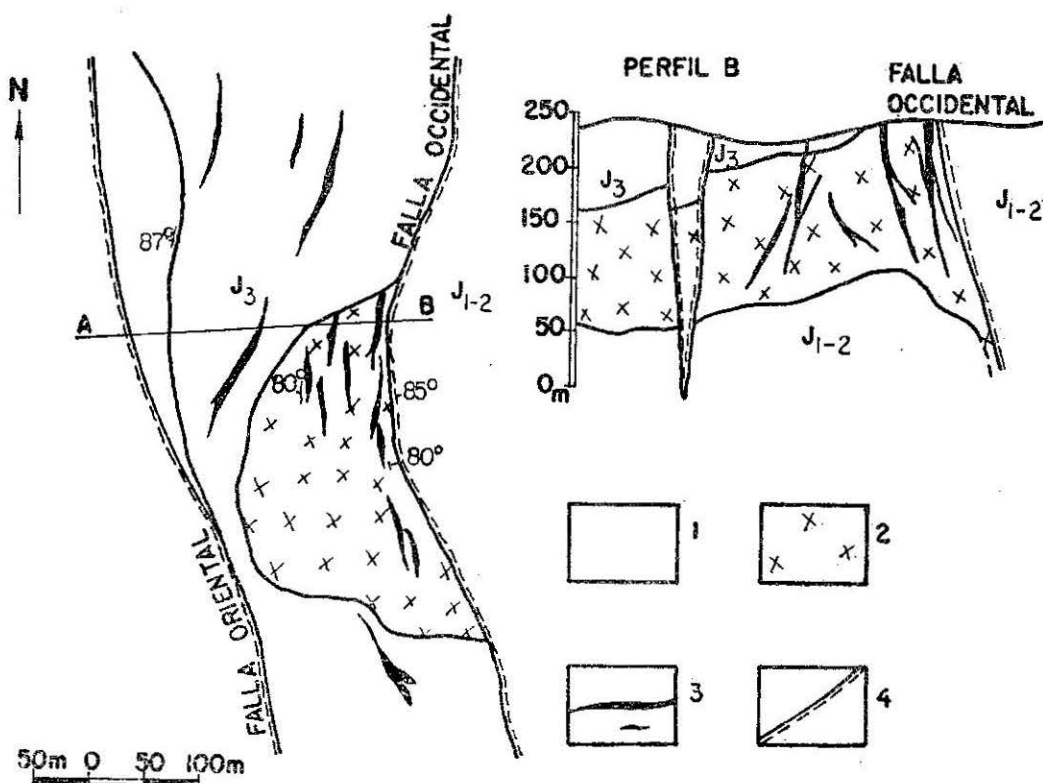


Figura 12

Esquema estructural geológico del yacimiento (plano y perfil) Elección, confeccionado por A.E. Tolkunov y R. Cabrera según los datos de M. Budanov y J. Hernández, y observaciones directas, 1967. Significación de los símbolos: 1) esquistos cuarzo-clorítico-sericiticos y otros ( $J_{1-2}$  y  $J_3$ ); 2) porfiritas dioríticas, andesíticas y otras  $Pg_2$ ; 3) cuerpos minerales, y 4) fallas.

plata y otras impurezas características, como níquel (0.3%), cromo, vanadio, titanio, magnesio, bario, arsénico, antimonio y bismuto.

Las formaciones hidrotermales del yacimiento se desarrollaron en cuatro estadios de mineralización. Las rocas tempranas son las rocas alteradas hidrotermalmente (cuarcificadas, cloritizadas, sericitizadas y piritizadas) y las gruesas vetas de cuarzo con piritita y calcopiritita (primer estadio). En el segundo estadio cristalizaron los principales minerales metálicos: calcopiritita, piritita, esfalerita, oro y también cuarzo. En el tercero se formaron vetillas de poco espesor de cuarzo y calcita con calcopiritita, galenita y plata. La acción hidrotermal finalizó con la formación de vetillas postminerales de cuarzo y calcita.

#### Zona mineralizada "El Cobre-Gran Piedra".

La zona mineralizada El Cobre-Gran Piedra (8) se encuentra situada en la parte central de la región mineralizada Oriente, en la zona de intersección del anticlinorium Sierra Maestra con el sinclinorium oriente-cubano y está vinculada a la elevación transversal del fundamento, en los límites del cual se observan espesores disminuidos de rocas vulcanógeno-sedimentarias-paleogénicas y un amplio desarrollo de diabasas y distintos intrusivos (Fig. 1).

Los depósitos vulcanógeno-sedimentarios desarrollados de la formación El Cobre tienen edad Paleoceno-Eoceno y se dividen en cuatro capas o subformaciones (Laverov y Cabrera, 1967). En la base del perfil se encuentran las

secuencias Seco, representadas por diferentes tobas de porfiritas, intercaladas con las tufitas laminadas, toba-areniscas, calizas aglomeradas y mantos de andesito-basáltica. Esta capa tiene un espesor de 1 500-2 500 metros. Más arriba yace la secuencia Ermitaño, que también está formada principalmente por rocas vulcanógeno-sedimentarias y efusivos de composición básica, los que contienen intercalaciones de areniscas y calizas. Su espesor varía de 400 a 1 200 metros. La tercera, Sierra de Boniato, está representada principalmente por tobas interestratificadas, tufitas, areniscas y calizas, que a veces están intercaladas por intrusivos de basaltos. El espesor de la capa es de 600-1 500 metros. El perfil de los depósitos de la formación El Cobre termina con sedimentos terrígeno-carbonatados y tobáceo-sedimentarios de la secuencia de poco espesor (10-30 metros) Charco Redondo. La formación San Luis, que yace más arriba, está representada por areniscas y calizas con raros "sills" de basaltos (Lewis, Straczek, 1965).

Los depósitos vulcanógeno-sedimentarios de las formaciones El Cobre y San Luis, en los límites de la zona estudiada, componen el flanco meridional de buzamiento suave (10-40°) del sinclinal oriental-cubano. Están atravesados por numerosas intrusiones subvolcánicas pre-oligocénicas, grandes intrusivos de granitoides y pequeños intrusivos de porfiritas dioríticas y diabásicas. Aquí están excepcionalmente desarrolladas las dislocaciones tectónicas de rumbo sublatitudinal y también transversales, noroccidentales y nororientales. Los depósitos del Oligoceno-Cuaternario, que yacen encima, no contienen rocas magmáticas ni minerales.

En la zona mineralizada El Cobre-Gran Piedra son conocidos yacimientos minerales cupríferos de las formaciones piritó-calcopirítico-filonianas de "skarn" y lentes piritosas. Los yacimientos de la primera formación son de importancia primordial (El Cobre, Bruk Ruge, San José, Sicilia y otros). Se distribuyen en la zona de desarrollo de las rocas vulcanógenas más jóvenes (paleoceno-eocénicas) vinculadas generalmente a los intrusivos subvolcánicos y

las facies de cuello volcánico de las andesitas y liparito-dacitas. Los yacimientos se localizan en su endo y exo-contactos.

Las particularidades de la estructura de los yacimientos que están vinculados a los intrusivos subvolcánicos y los cuerpos de facies de cuello volcánico, en gran medida, están determinadas por su morfología y estructura internas. Los cuerpos minerales buzan y se inclinan igual que los extrusivos. Los yacimientos se caracterizan generalmente por su estructura compleja, que cambia con la profundidad. En los horizontes superiores están representados por series de zonas de vetas entrelazadas. Hacia la profundidad ocurre una disminución gradual de su espesor. En sus partes inferiores se observan zonas aisladas de vetas de poco espesor, cercanas en el espacio. Se encuentran situados en las zonas de endocontacto de los intrusivos subvolcánicos, tienen otra estructura y condiciones de localización de la mineralización.

El corte estratigráfico y la composición de las rocas que encajan los extrusivos, ejercen gran influencia en las regularidades de distribución de las menas de cobre. Frecuentemente, en la localización de la mineralización se observa un control litológico claro. En dependencia de las particularidades de formación de las dislocaciones mineralizadas, del desarrollo de los procesos de formación de las menas, las rocas más favorables son o las más frágiles, agrietadas, o las porosas.

La distribución de las áreas mineralizadas, especialmente, se determina por las particularidades de la estructura de grietas. Como regla, tales áreas están vinculadas con los lugares de estructura complicada de grandes zonas tectónicas longitudinales, donde ellos se separan, se entrecruzan, o contactan con las dislocaciones de otras direcciones. La zona mineralizada tiene gran extensión por su rumbo y buzamiento. En ella se diferencian cuarzo, clorita, epidota, calcita, yeso, anhidrita, barita, fluorita, pirita, calcopirita, pirrotina, galenita, minerales grises, pentlandita, esfalerita, sales sulfurosas de bismuto y numerosos minerales hipergénicos.



cos. Las zonas mineralizadas se distribuyen en las rocas propilitizadas y cuarificadas.

Las formaciones hidrotermales, seguramente, se formaron en cuatro estadios de mineralización. Al principio surgieron las metasomatitas encajantes y las vetas tempranas de cuarzo con pirita y calcopirita y posiblemente con esfalerita. Después se formaron las vetas cuarzo-calcito-anhidrito-pirita-calcopiríticas, las vetillas y nidos con galenita, esfalerita, y otros minerales. En el tercer estadio se formaron las vetas de calcita, y cuarzo con galenita, calcopirita, esfalerita, sulfosales de bismuto y plata. La acción hidrotermal finalizó con el desarrollo de las vetas postminerales y de las vetillas de cuarzo y calcita. Los yacimientos se formaron, sin duda, después de todas las rocas magmáticas, al parecer, en el Eoceno Superior. Los diques más jóvenes de porfiritas diabásicas y dioríticas que aparecen en los campos mineralizados, están atravesados por vetas minerales y recubiertos por rocas sedimentarias oligocénicas.

El yacimiento mayor y más interesante de la zona mineralizada El Cobre-Gran Piedra es El Cobre (Fig. 13), que se investiga y explota hace más de 400 años. Durante este período se han extraído allí cerca de 3 millones de toneladas de mineral con alto contenido de cobre (2.53-20%). En la actualidad, en las áreas Grande y Gitanilla, se han explorado complementariamente ricas reservas de menas de cobre. Se caracteriza por una estructura geológica muy compleja (Bogdanov, et al., 1964; Bogdanov y otros, 1965; Laverov y Cabrera, 1967; Golochenko y otros, 1967; Tolkunov y Cabrera, 1969). Ocurre en las rocas vulcanógeno-sedimentarias, extrusivos e intrusiones pequeñas de edad eocénica.

Los depósitos vulcanógeno-sedimentarios están relacionados con la subformación Ermitaño y se dividen en una serie de horizontes de rocas tobáceo-sedimentarias, similares por sus rasgos externos y su composición petrográfica a las ignimbritas, diferentes tobas, tufitas y brechas de andesito-dacitas, que contienen capas de areniscas, aleuritas y mantos de porfiritas amig-

daloides (Laverov y Cabrera, 1967). Estos depósitos tienen un gran espesor total (cerca de 1 000 metros) y buzan suavemente al noroeste (30-40°). Están atravesados por numerosos intrusivos subvolcánicos y facies de cuello volcánico, diferentes por su forma y composición.

Los horizontes de rocas vulcanógeno-sedimentarias, generalmente, no se extienden a

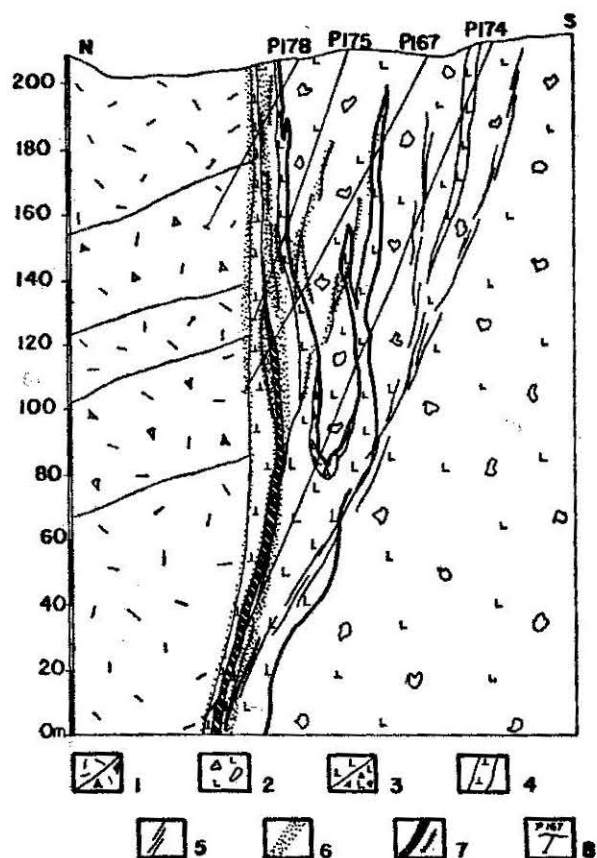


Figura 13

Yacimiento El Cobre: perfil geológico. Confeccionado por A.E. Tolkunov y R. Cabrera, con los datos de N.T. Sajarov, E. Escobar y observaciones propias directas, 1969. 1-tobas (a) y toba-brecha con desarrollo de toba-arenisca y tufitas (b) Pg.; 2-aglomerado dacítico, Pg.; 3-intrusivo subvolcánico de andesito-dacita (a) y sus lava-brechas (b) Pg.; 4-diques de porfiritas diabásicas y dioríticas; 5-zona de fracturación de las rocas; 6-vetas de cuarzo, carbonato y rocas hidrotermalmente alteradas; 7-dislocaciones tectónicas con sulfuros; 8-pozos de perforación.

grandes distancias. En relación a esto, la estructura geológica del yacimiento se descifra con mucho trabajo. Al parecer, los intrusivos subvolcánicos tienen una distribución más amplia de lo que se creía antes. Los nuevos datos de I. T. Sajarov, E. Escobar, A. E. Tolkunov y R. Cabrera, demuestran que las vulcanitas clásticas que se distribuyen en el bloque meridional de la falla El Cobre, seguramente, son lava-aglomerados y yacen en forma de cuerpos intrusivos. Las rocas tufogénicas laminadas, que se observan entre ellas, no forman horizontes estables, y al parecer, son xenolitos. Las brechas volcánicas intrusivas y diferentes andesitas-dacitas forman la parte central del yacimiento y son las rocas encajantes principales.

En las zonas de las dislocaciones tectónicas sublatitudinales, nororientales y noroccidentales, están ampliamente difundidos los diques de porfiritas diabásicas y dioríticas, los cuales finalizan el desarrollo del magmatismo en la región dada. Diques aislados se extienden, generalmente, en los primeros cientos de metros; tienen pequeño espesor (los primeros metros), pero sus series forman cinturones grandes que se extienden en decenas de kilómetros.

La dislocación tectónica principal del yacimiento es la falla El Cobre, la cual tiene rumbo sublatitudinal y en general buza abruptamente al Sur (con ángulo de 75-85°). Sin embargo, en algunas áreas, en horizontes profundos del yacimiento, se observa también un buzamiento abrupto contrario. La falla está representada por una zona de gran espesor (de varias decenas de metros) de rocas alteradas hidrotermalmente y trituradas. Entre los últimos se diferencian intrusivos subvolcánicos de distinta edad, y diques tardíos de porfiritas, los cuales, al parecer, marcan la profunda falla de larga duración del fundamento. Los desplazamientos horizontales y verticales de bloques de rocas, por la falla El Cobre, no sobrepasan los primeros metros. En los límites del yacimiento El Cobre están claramente manifestadas también las dislocaciones transversales abruptas, de rumbo norte, oriental y noroccidental. Al parecer, hay también zonas tectónicas inclinadas,

vinculadas a los contactos de los horizontes de las rocas vulcanógeno-sedimentarias.

Las principales áreas mineralizadas (Blanca, Grande y Gitanilla) se encuentran situadas en los lugares de intersección y contactos de la falla El Cobre con las dislocaciones transversales nororientales. La mineralización de cobre está estrechamente vinculada en el espacio con los intrusivos subvolcánicos y cuerpos de facies de cuello volcánico de andesito-dacita. Los cuerpos minerales tienen forma de grandes zonas (varios cientos de metros por rumbo) de vetas complejas, las cuales se extienden a una profundidad de 500-700 metros.

La mineralización de cobre se encuentra en todas las rocas que componen el yacimiento. Sin embargo, los cuerpos más ricos y de más espesor se encuentran en las rocas vulcanogénicas, clásticas (Bogdanov, et al., 1964; Laverov y Cabrera, 1967). En la localización de la mineralización ejercen gran influencia las áreas de variación de los elementos de yacencia de las dislocaciones tectónicas (Tolkunov y Cabrera, 1969).

Cerca de las vetas minerales las rocas encajantes están muy transformadas hidrotermalmente. Estas alteraciones, por su tipo, son similares a las propilitas y cuarcitas secundarias. Entre los minerales hipogénicos de las vetas minerales se diferencian clorita, sericita, cuarzo, calcita, yeso, anhidrita, barita, fluorita, pirita, calcopirita, pentlandita, pirrotina, galeanita, esfalerita, sulfosales de bismuto, oro, plata y otros.

En el yacimiento está ampliamente diferenciada la zona de oxidación, con numerosos minerales secundarios de cobre, hierro y manganeso.

Las formaciones hidrotermales se originaron en cuatro estadios de mineralización. En el primero surgieron las zonas de cloritización, albitización, sericitización y cuarcificación de las rocas encajantes y las vetas primarias de cuarzo y pirita con calcopirita. En el segundo, en varios períodos (subestadios), se formaron las

principales vetas minerales. En el tercero se formaron las vetas de cuarzo y cuarzo-calcíticas con galenita, esfalerita, calcopirita, sulfosales de bismuto y plata. En el cuarto estadio (postmineral) cristalizaron las vetillas de cuarzo y calcita.

Las reconstrucciones paleovolcánicas demuestran que la mineralización cuprífera se formó a una profundidad de 100–1 500 m.

Como ya fue señalado anteriormente, en la zona mineralizada El Cobre–Gran Piedra, existen también pequeños yacimientos de lentes piritosas y de "skarn" de cobre (Fig. 1). Los yacimientos de lentes piritosas (Aserradero, Nima–Nima y otros) se encuentran situados en la porción suroccidental de la zona y están representados por pequeños cuerpos minerales aislados. Están vinculados a las zonas de grietas nororientales, abruptas. Los cuerpos minerales están compuestos, principalmente, por pirita, la cual contiene vetillas finas y pequeños nidos de calcopirita, más raramente de esfalerita y galenita. Los de lentes piritosas están deficientemente estudiados.

Yacimientos pequeños de "skarn" se encuentran desarrollados en la porción oriental de la zona mineralizada, cerca del intrusivo de granitoides Santa Rosa y tienden hacia su contacto septentrional, inclinado, que está acompañado por apófisis y cuerpos pequeños de granitoides. En la zona de contacto, las rocas encajantes, fundamentalmente vulcanógenas, fueron sometidas a alteraciones intensas de "skarn" y cuarficación.

Los yacimientos de cobre El Caney, Caridad, Isabelita, Africana, La Gran Piedra y otros, están vinculados a las áreas de desarrollo de los "skarn" ferruginosos con magnetita y raramente con calcopirita. La real mineralización de cobre está acompañada por cuarficación y se formó después de los "skarn". La misma, frecuentemente, se extiende más allá de los límites de las zonas de desarrollo de los "skarns". La pirita, calcopirita y más raramente otros sulfuros, están vinculados a las vetas de cuarzo abruptas y a las zonas de cuarficación

de rumbo noroccidental. En pequeños intervalos de las vetas (30–40 metros) el contenido de cobre alcanza varios porcientos. Estos son, esencialmente, yacimientos piritó-calcopiríticos filonianos, los cuales se encuentran en otra situación geológica. Han sido poco estudiados.

#### **Zona mineralizada La Cristina–Bayamita (7)**

Esta zona mineralizada se encuentra situada en la parte occidental de la región mineralizada Oriente, en el área de intersección del anticlinorium Sierra Maestra con el sinclinorium Oriental–Cubano. Aquí las rocas vulcanógeno-sedimentarias del Cretácico Superior del anticlinorium Sierra Maestra, forman una elevación transversal que se hunde en dirección Norte-oeste, debajo de los depósitos vulcanógeno-sedimentarios del Paleoceno del sinclinorium Oriental–Cubano. Estas últimas se caracterizan por una disminución del espesor, están atravesadas por grandes dislocaciones norte-occidentales y por intrusivos subvolcánicos de liparito-dacitas y por diques de porfiritas diabásicas.

La zona mineralizada La Cristina–Bayamita (7 en Fig. 1) está compuesta por distintas rocas vulcanógeno-sedimentarias del Cretácico Superior–Paleoceno, e intrusivos de diferente edad. Los depósitos vulcanógenos más antiguos del Cretácico Superior, de gran espesor (varios miles de metros) afloran a la superficie en la porción meridional de la zona. Están representados por diferentes tobas de andesitas horizontes interestratificadas, arenisca y mantos de andesito-basalto, que buzan al Norte con ángulos de 25–50°. Más arriba yacen depósitos vulcanógeno-sedimentarios del Paleoceno-Eoceno, representados principalmente por rocas piroclásticas, intercaladas con toba-arenisca, tufitas y porfiritas. Estos depósitos buzan suavemente al Norte (15–25°) y sólo cerca de los intrusivos y en las zonas de falla su buzamiento se hace más abrupto (hasta 40 grados). Su espesor, al parecer, sobrepasa los 3 000 metros.

En la porción meridional de la zona, en los límites del anticlinorium Sierra Maestra con el sinclinorium Oriental Cubano, están amplia-

mente desarrollados los intrusivos subvolcánicos de andesito-dacita, liparita y cuerpos de facies de cuello volcánico, representados por diferentes brechas y aglomerados de liparita. En esta zona están también ampliamente desarrollados los diques tardíos de porfiritas diabásicas y dioríticas y las fallas de rumbo noroccidental, con las que está vinculada la mineralización.

En esta zona hay yacimientos pequeños, generalmente de lentes piritosas: La Cristina, Santa Bárbara, La Favorita, La Mañana, San Pedro, Bayamita y otros. En ellos es característico el estrecho vínculo espacial con los intrusivos subvolcánicos tardíos y las facies de cuello volcánico de los efusivos ácidos.

Los cuerpos minerales, de forma lenticular y filonianos complejos, se encuentran situados en las partes extremas de los extrusivos, representados por distintas brechas volcánicas y aglomerados, o bien cerca de los intrusivos, en las rocas vulcanógenas piroclásticas. Se extienden por su rumbo y buzamiento, decenas y cientos de metros y a veces tienen gran espesor (hasta 20-30 metros).

En los yacimientos se diferencian vetas tempranas de cuarzo-pirita, lentes y nidos de pirita con otros sulfuros (calcopirita, esfalerita) que se encuentran en las rocas intensamente alteradas, cuarcificadas (hasta cuarcitas secundarias). Las zonas exteriores de la columna de rocas metasomáticas alteradas están representadas por propilitas. Las rocas alteradas y los cuerpos minerales están cortados por vetas tardías de calcita y cuarzo. En los minerales se aíslan impurezas de Co, Ni, Ba, Cr, V, Mn, Ti, Bi y otros elementos.

Los yacimientos se originaron en condiciones cercanas a la superficie, al parecer en el Eoceno Superior. El mayor cupro-pirítico de la zona examinada es La Cristina, explotado anteriormente (Fig. 14). Está vinculado a la zona de una gran falla noroccidental, en los límites de la cual se diferencian varias suturas tectónicas, milonitas y brechas tectónicas. La falla corta las rocas de yacencia suave, principalmente las

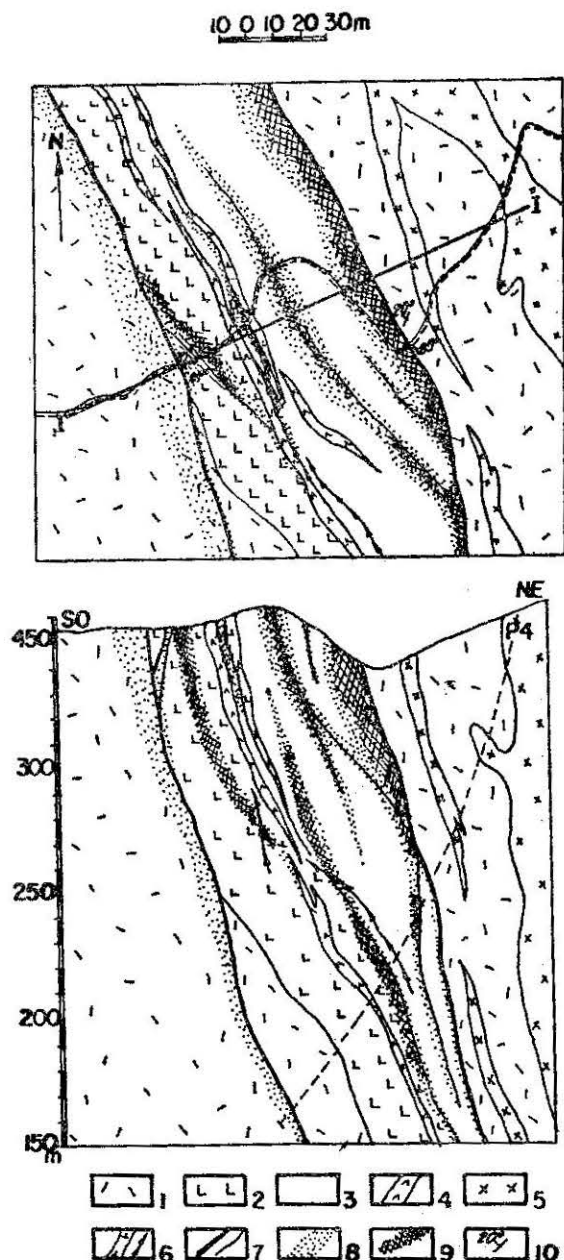


Figura 14

Plano y perfil geológico del yacimiento La Cristina. Confeccionado por A.E. Tolkunov y R. Cabrera con los datos de N. Molodiendko, O. Kurakov, V. Pokemariiev y otros. Signos convencionales: 1) tobas, toba-brechas de porfiritas andesíticas  $Pg_{1-2}$ ; 2) lava-brechas de dacitas  $Pg_{1-2}$ ; 3) lava-brechas de liparitas  $Pg_{1-2}$ ; 4) diques de felsitas  $Pg_{1-2}$ ; 5) porfiritas dioríticas  $Pg_2$ ; 6) diques de diabasas  $Pg_2$ ; 7) dislocaciones tectónicas; 8) zonas de rocas alteradas; 9) mineralización cupropirítica masiva; 10) elementos de yacencia.



vulcanógeno-piroclásticas, que contienen intercalaciones de tufitas y areniscas (Malodenzov y otros, 1967). A lo largo de la misma están desarrollados "stocks", diques y "sills" de porfiritas dioríticas y los intrusivos subvolcánicos en forma de diques de brechas liparíticas, pórfidos dacíticos y felsitas y también diques tardíos de diabasas.

La mineralización hidrotermal está vinculada a las áreas de desarrollo de los intrusivos subvolcánicos y localizada en las facies clásticas de éstos. Los cuerpos minerales tienen forma lenticular y tubular y se extienden por su rumbo y buzamiento varias decenas de metros. Su espesor varía desde 1-2 hasta 20 metros. Dentro de los cuerpos minerales los sulfuros están distribuidos muy irregularmente. Forman nidos, vetillas y zonas de incrustaciones. El mineral metálico principal es la pirita, a la cual acompañan calcopirita, esfalerita y otros sulfuros. Frecuentemente las vetillas y nidos de calcopirita se observan fuera de los límites de los cuerpos lenticulares de pirita.

Cerca de los cuerpos minerales las rocas encajantes están intensamente cuarificadas, sericitizadas, cloritizadas y albitizadas y contienen incrustaciones y vetillas de sulfuros.

El yacimiento se formó, al parecer, en tres estadios de mineralización. En el transcurso del estadio temprano surgieron las zonas de rocas hidrotermalmente alteradas, las principales vetas de cuarzo, calcita y acumulaciones de pirita con calcopirita. El cuarzo, calcopirita y esfalerita más tardíos se formaron en un cuarto estadio y por último en un estadio postmineral, se formaron vetas y vetillas de calcita y cuarzo.

Las zonas mineralizadas atraviesan todas las rocas magmáticas conocidas en el yacimiento La Cristina. Al igual que los intrusivos subvolcánicos encajantes y los diques de diabasas, se formaron, al parecer, en el Eoceno superior. De este modo, en la región mineralizada de Oriente están ampliamente desarrollados los yacimientos de cobre de las formaciones piritó-calcopiríticas filonianas, cuarzo-sulfurosas con oro, piríticas y de "skarn".

En la distribución de ellos se observan regularidades determinadas. Los de cobre cuarzo-sulfuroso se distribuyen en la porción oriental de la región mineralizada (zona mineral Elección-Olga) y están estrechamente vinculados en el espacio con los intrusivos hipabisales tardíos de dioritas y porfiritas dioríticas. Los yacimientos están representados por zonas de vetas complejas, de buzamiento abrupto y rumbo submeridional, las cuales se distribuyen, generalmente, en los intrusivos hipabisales.

Los piritó-calcopiríticos filonianos están desarrollados principalmente en la porción central de la región, en la zona mineralizada El Cobre-Gran Piedra. Ellos, al igual que los intrusivos subvolcánicos de andesito-dacíticas eocénicas, se distribuyen en las fallas sublatitudinales, aunque en la localización de la mineralización ejercen gran influencia las dislocaciones transversales nororientales y noroccidentales.

La mineralización hidrotermal se encuentra en las zonas extremas de los extrusivos y en las rocas vulcanógeno-sedimentarias que encajan los mismos. Las particularidades de las estructuras de las zonas mineralizadas y el contenido de cobre en las menas dependen de la composición litológica y de las propiedades físico-mecánicas de las rocas encajantes y también de la estructura y elementos de yacencia de las dislocaciones que encajan la mineralización.

Los elementos de la formación mineral piritica están más desarrollados en la porción occidental de la región mineralizada en la zona La Cristina-Bayamita. Están vinculados a los intrusivos subvolcánicos tardíos, al parecer, eocénicos y a las facies de cuello volcánico de liparito-dacitas. Los intrusivos y los yacimientos se distribuyen en las zonas de grandes fallas noroccidentales. La estructura geológica de estos yacimientos y las particularidades determinadas por la morfología y la estructura interna de los extrusivos.

Los pequeños yacimientos cupríferos de "skarn" se distribuyen cerca de grandes intrusivos de granitoides de edad eocénica, vinculados a los contactos suaves de los granitoides,

que están acompañados de apófisis. La mineralización de cobre en forma de nidos y de pequeñas zonas de vetas se sobrepone a los "skarns".

La mineralización hidrotermal de la región se formó después de todas las rocas magmáticas y seguramente es de edad Eoceno Superior.

Los procesos hidrotermales tuvieron lugar en cuatro estadios de mineralización. El desarrollo predominante de uno y otro estadio determinó el tipo de yacimiento cupro-pirítico, piritocalcopirítico filoniano, cuarzo-sulfuroso. La profundidad de formación de los yacimientos piríticos y de "skarn" fue aproximadamente de 1 500-200 metros, y la de los yacimientos piritocalcopiríticos filonianos y cuarzo-sulfurosos, de cerca de 1 000 metros.

#### **Semejanzas y diferencias de los yacimientos de cobre de las distintas regiones minerales.**

Como se ha dicho anteriormente, los principales yacimientos de cobre están agrupados en tres regiones minerales: Pinar del Río, Las Villas y Oriente (Fig 1). Fuera de estas regiones son conocidas solamente unas pequeñas manifestaciones, en la zona periférica (norteña) geosinclinal, donde están desarrollados diques tardíos de porfiritas dioríticas y de diabasa. Las regiones minerales se distribuyen en los distintos bloques tectónicos y se caracterizan por una estructura geológica diferente y por la historia de formación de las estructuras tectónicas mineralizadas.

El bloque tectónico occidental (región mineral de Pinar del Río) donde los procesos del desarrollo geosinclinal comenzaron antes, tiene sus particularidades específicas. Aquí el magmatismo intrusivo y efusivo se reveló con menor fuerza que en los bloques tectónicos Central y Oriental. Aquí no se desarrollaron intrusivos granitoides grandes tan característicos para las otras regiones y los procesos volcánicos se revelaron con menor fuerza y solamente en terrenos aislados. Sin embargo, en esta región mineral están muy desarrollados los pequeños intrusivos tardíos y diques de porfiritas, seme-

jantes por su composición petroquímica y por su posición geológica a los pequeños intrusivos de otras regiones minerales. Otra particularidad de la región de Pinar del Río, consiste, además, en que las principales estructuras de ruptura se extienden al noreste (longitudinales), mientras que en la localización de la mineralización influyen grandemente las de dirección noroeste, fallas submeridionales.

En el bloque tectónico central (región mineral de Las Villas) el magmatismo se reveló ampliamente en el período Cretácico Inferior y parcialmente en el Superior. En sus límites se formaron potentes espesores de las rocas vulcanógenas poco diferenciadas (medias y básicas) cortadas por los intrusivos subvolcánicos de las andesito-dacitas, por los cinturones de ultrabasitas y pequeños intrusivos de porfiritas dioríticas y diabásicas. En esta región mineral las principales estructuras longitudinales son fallas con dirección noreste.

En el bloque tectónico al Este (región mineral de Oriente) el magmatismo se reveló con mayor fuerza y más tarde, entre el Cretácico Superior y Paleógeno Inferior-Medio. Aquí están desarrolladas potentes capas y extrusivos de basalto, liparito-dacitas, liparitas, formaciones de rocas liparito-basaltoides fuertemente diferenciadas, intrusivos de granitoides e intrusivos pequeños de porfiritas dioríticas y de diabasa. En la región mineral de Oriente las fallas longitudinales se extienden con dirección noreste (sublongitudinales) mientras que las transversales tienen dirección noroeste (submeridional).

Las regiones y las concentraciones minerales se ubican en las zonas de intersección de los anticlinorios y sinclinorios, en las estructuras plegadas, en áreas donde se revelan salientes originales o la leva del basamento. Estos levantamientos suelen ser bastante grandes, determinando la posición de la región en su totalidad (como por ejemplo, el "puente" entre los anticlinales de Trinidad y Santa Clara) o pueden ser locales de tipo de camellón, que determinan la posición de nudos y zonas minerales. Por encima de los levantamientos, por regla general, se notan potencias menores de

los sedimentos vulcanógenos; también están muy desarrollados fallas transversales e intrusivos tardíos, que complican la estructura de las principales fallas longitudinales que controlan las menas. Estas no se revelan con igual claridad en las diferentes regiones minerales, aunque todos los yacimientos principales están ligados con las zonas de dichas estructuras y su papel es principal en la distribución de los yacimientos.

En las regiones minerales de Pinar del Río y Las Villas las fallas longitudinales se revelan con gran claridad y están representadas por potentes zonas de rupturas y cambio de las rocas encajantes. En la región de Oriente, la principal falla, paralela a la zona de transición entre el anticlinorio de la Sierra Maestra y el sinclinorio Este Cubano, no se revela claramente en las partes superiores del corte geológico. La existencia de semejante falla en el basamento se confirma sólo por la aparición de un cinturón de intrusivos tardíos y por la distribución en línea de manifestaciones minerales.

En todas las regiones minerales están desarrollados los mismos tipos de yacimientos de cobre: vetas piritó-calcopiríticas filoníicas, piritita maciza, cuarzo-sulfúricas con oro y de "skarn". Pero la importancia relativa de cada uno de estos tipos no es igual en distintas regiones minerales. Los principales yacimientos de cobre de la región de Pinar del Río son vetas piritó-calcopiríticas y piritas; en la región de Las Villas, los de tipo lentes piritosas, en la región de Oriente, vetas piritó-calcopiríticas. En las dos últimas regiones también están manifestados ampliamente los de "skarn" y de cuarzo sulfuroso con oro.

Los yacimientos similares de cobre, de todas las regiones y zonas, se caracterizan por una composición mineral muy parecida, por la secuencia en el desarrollo de los procesos hidrotermales, por el régimen de temperatura, etc. Los minerales que contienen piritita maciza, en los yacimientos de Mono y Hierro (Pinar del Río), de Antonio y Carlota (Las Villas) y La Cristina (Oriente), se componen principalmente

de piritita. Se manifiestan también, en pequeñas cantidades, pirrotita, calcopirita, esfalerita, galenita, plata y oro nativos y barita.

Las vetas de cobre de yacimientos de piritita-calcopirita de Matahambre, San Fernando y El Cobre están representadas por el cuarzo, calcita, narita, anhidrita, yeso con piritita, calcopirita, pirrotita, galenita, esfalerita, cobaltita, arsenopirita, molibdenita, bismuto, oro, plata y otros minerales.

Los yacimientos sulfurosos se caracterizan por el contenido de minerales muy variados, pero los principales son cuarzo, calcita, piritita, calcopirita, pirrotita, esfalerita, galenita, oro, plata y muchos otros.

En los minerales de todos los yacimientos se revela bastante alta concentración de Co, Ni, Cr, Ti, V, Mn, Ba, Sr, Ge, Ga, Au, Ag, y otros. En las menas de Oriente están determinados también y son característicos, bismuto y arsénico, y en las menas de la región mineral de Las Villas, molibdeno, antimonio y arsénico.

En todas las regiones la mineralización se ha realizado en una misma etapa hidrotermal y en cuatro fases consecutivas.

Al principio se formaron zonas de rocas alteradas hidrotermalmente y cuarzo primario, piritita, a menudo con calcopirita, pirrotita, esfalerita y otros sulfuros. En este estadio se formaron los lentes piritosos. El cálculo de las temperaturas de los minerales piriticos cristalinos de muchos yacimientos, por el método termométrico y de homogeneización, demuestra que aquéllos se formaron a la temperatura de 340-320°. Durante la segunda etapa de mineralización (por lo visto con subetapas) se formaron los yacimientos de vetas piritó-calcopiríticas. El promedio de la temperatura fue de 250-110°. En la tercera etapa, a la temperatura de 180-100°, se formaron las vetas de cuarzo y cuarzo-carbonato, que contienen pocos sulfuros (yacimientos cuarzo-sulfurosos). Las más jóvenes son las vetas postminerales, de temperaturas bajas, de calcita y cuarzo. El tipo de los yacimientos de cobre se determina por la pre-

ferencia del desarrollo de una u otra etapa de mineralización.

Todos los yacimientos están formados cerca de la superficie y con baja presión. Los de pirita, por lo visto, se formaron en profundidad, cerca de 1 500 m, los de vetas a 1 000 m de la superficie que existía en el período de mineralización. La mena de cobre se extiende en un intervalo considerable por la vertical de 200–1 500 m. La mayor escala vertical de la mineralización se establece para los yacimientos de veta y la mínima, para los yacimientos de pirita maciza, ligados con las fallas inclinadas.

Las zonas cortadas por las fallas que controlan las menas, en el período de la formación del mineral, estaban enlazadas con la superficie y por consiguiente tuvo lugar una caída brusca de la temperatura, de la presión de las soluciones, y del cambio del pH, lo que provocó que se depositaran grandes masas de sulfuros (unos cuantos millones de toneladas) en un intervalo pequeño de las estructuras minerales (200–300 m verticales), y así muchas veces se observa la estructura colomórfica de las menas.

Los yacimientos de cobre están desarrollados en todas las complejos geológicos, pero en Pinar del Río se ubican generalmente en los espesores arenisco-esquistosos del Jurásico; en Las Villas, preferentemente en las rocas vulcanógeno-sedimentarias del período Cretácico Inferior-superior; y en Oriente, en las vulcanitas del Paleógeno. Con respecto a esto los yacimientos de cobre se diferencian considerablemente por su estructura geológica.

En la estructura de los yacimientos que se encuentran en los complejos más antiguos influyeron en gran parte las estructuras de pliegues y las dislocaciones paralelas longitudinales. Se exceptúan los que se ubican en los intrusivos, complejos jóvenes que cortan los complejos viejos. Tales yacimientos (Elección y otros) tienen muchas particularidades comunes con los de los complejos jóvenes.

Los yacimientos de cobre en las vulcanitas cretácico-paleogénicas se caracterizan por una estructura geológica específica, y se distribu-

yen en los intrusivos subvolcánicos o en las rocas vulcanógeno-sedimentarias encajantes. Aquí tienen una gran importancia la forma y la estructura interna de los intrusivos, así como también la estructura y las condiciones de yacencia de las rocas vulcanógeno-sedimentarias, y el tipo genético de las fallas que controlan las menas, bien sean abiertas, cubiertas o inclinadas.

En casi todos los yacimientos se determina el control litológico de la mineralización. Sin embargo, en cada uno de ellos se revela de forma distinta y depende de la combinación concreta de las rocas, que se distinguen por sus particularidades físico-mecánicas y petrográficas.

En las zonas minerales aisladas, generalmente están desarrollados yacimientos de un solo tipo. En las regiones minerales de Las Villas y Oriente, en las zonas Sur y Oeste, ocurren principalmente los yacimientos piríticos tempranos. En las zonas y nudos centrales, los de vetas pirito-calcopiríticas más jóvenes, y en las zonas norte y este, los cuarzo-sulfurosos con oro, aún más jóvenes.

La mineralización hidrotermal de cobre corta todas las rocas vulcanógenas e intrusivas conocidas en los yacimientos. Pero la formación de éstos se aproxima al máximo en el tiempo con el período de intrusión de los diques, más tardíos, de porfiritas diabásicas y dioríticas, a los que hemos relacionado como intrusivos de extensión regional. En algunos yacimientos (San Fernando, por ejemplo) se observa la penetración por estos diques de las zonas de metasomatitas hidrotermales y de las vetas primarias de cuarzo, pero la mineralización de pirita u otra está formada más tarde que los diques de porfiritas diabásicas y dioríticas.

Los problemas más complicados e interesantes sobre la génesis de los yacimientos de cobre los constituyen la edad de mineralización y las fuentes de las soluciones minerales.

Hemos establecido que la zona eugeosinclinal de Cuba se divide en tres partes, en tres bloques tectónicos, que terminaron su desarro-



llo geosinclinal en diferente tiempo. Los yacimientos de cobre, en todas las regiones minerales, se formaron después de las rocas vulcanógenas e intrusivas, en el período de introducción de los diques tardíos de porfiritas diabásicas y dioríticas. Al parecer, los diques tardíos y los yacimientos minerales surgieron en los períodos finales de formación de bloques tectónicos, es decir en tiempo diferente. En la región del Oeste, en el período Cretácico Inferior-superior; en la región central, en el período Cretácico superior y en la región Este, en el Paleógeno medio (Eoceno). En este caso es más correcto ligar las soluciones minerales con los focos magmáticos de bloques locales apagados, los cuales formaron al principio rocas vulcanógenas e intrusivas y más tarde, pequeños intrusivos más jóvenes y soluciones minerales.

Sin embargo, se ha dicho que independientemente del tiempo de surgencia de los bloques, en el período final del desarrollo del eugeosinclinal se formó un cinturón grande de las rocas básicas y ultrabásicas. Por lo visto tales cinturones "transgeosinclinales" son los diques eocenos de porfiritas diabásicas y dioríticas, intrusivos subvolcánicos tardíos y yacimientos de cobre.

Los intrusivos tardíos formados en Cuba, en todos los bloques tectónicos, se caracterizan por sus rasgos generales petrográficos y también por su apariencia. Los yacimientos de cobre de diferentes regiones minerales y de los bloques tectónicos, están representados por los mismos tipos genéticos, tienen casi una misma composición mineral y contienen los mismos elementos de impurezas. Las diferencias que se observan se deben, más bien, al ambiente geológico. Para todos son características las impurezas de Co, Ni, Cr, Ti, V, Mn, Ba, Au, Ag, Ge, Ga y otras.

En el bloque tectónico del Oeste, que terminó su desarrollo geosinclinal a principios del período Cretácico Superior, los yacimientos de cobre se encuentran distribuidos en las rocas sedimentarias del período Cretácico Superior y Paleógeno. En los minerales de los yacimen-

tos de cobre de Las Villas, que se encuentran en los espesores metamórficos del período Jurásico, se nota la falta de dinamometamorfismo y se observan las estructuras colomórficas.

Todo esto, a nuestro parecer, testimonia que los yacimientos de cobre, en todos los bloques tectónicos, se formaron casi sincrónicamente, después de haber terminado la actividad magmática en el bloque tectónico del Este, en el Paleógeno medio (Eoceno).

Las soluciones minerales, así como los diques tardíos, por lo visto, hay que ligarlos con los focos basaltoides magmáticos de yacencia profunda, que se activaron más tarde en las zonas de las grandes fallas de larga duración. Los datos obtenidos por nosotros, desde otros puntos de vista, confirman la justeza de las deducciones de F.K. Shipulin (1871) sobre la relación genética de yacimientos postmagmáticos de elementos calcófilos con los focos profundos diferenciados del magma basaltoide.

## CONCLUSIONES

1. La zona eugeosinclinal mineralizada de Cuba, por la estructura e historia de su formación, se divide en tres bloques tectónicos: Occidental, Central y Oriental, dentro de los cuales los procesos del desarrollo geosinclinal terminaron en diferentes períodos. En el bloque occidental, a principios del período Cretácico Superior; en el central a finales del mismo, y en el bloque oriental, en el Paleógeno medio (Eoceno). En las partes occidental y central de la isla se formaron las potentes rocas vulcanógeno-sedimentarias, principalmente de composición básica y media. En el Este de Cuba están desarrolladas las vulcanitas, muy diferentes por su estructura (basaltos, liparitas, dacitas).
2. Dentro de los bloques tectónicos, las regiones, zonas y campos minerales se disponen en las fallas de intersección de las grandes estructuras anticlinoria y sinclinoria, en las regiones de levantamiento transversal del basamento. La posición de los yacimientos y cuerpos minerales aislados se determina

por la intersección de las fallas longitudinales y transversales. Las particularidades de los yacimientos y las condiciones de la localización de las menas, en gran parte, dependen del tipo de falla que las controlan.

3. En todas las regiones minerales están desarrollados los mismos tipos de yacimientos de cobre: los de vetas piritó-calcopiríticas, los piriticos, de oro-sulfuros y los de "skarns"; pero el significado relativo de cada uno de estos tipos es diferente en cada región. Los yacimientos de cada tipo, en todas las regiones minerales, se caracterizan por la misma secuencia del desarrollo de los procesos hidrotermales y por la composición mineral semejante. En las menas que se encuentran en diferentes regiones se observan impure-

zas de Co, Ni, Cr, Ti, V, Mn, Ba, Sr, Ge, Ga y también están determinadas las impurezas de los elementos característicos para regiones y yacimientos aislados.

4. Los yacimientos de cobre se formaron a 1 000-1 500 m de la superficie que existía en el período de la mineralización, que se extiende a gran profundidad (1 500 m).

En todas las regiones minerales las menas se formaron después de haber terminado la actividad volcánica y el emplazamiento de los grandes intrusivos granitoides, pero casi simultáneamente con la formación del cinturón de diques jóvenes "transgeosinclinales" eocénicos. La fuente de las soluciones minerales, desde luego, radicaba en los focos profundos del magma basaltoide diferenciador.

#### LITERATURA

- Bogdanov, Y. V., Bogdanova, V. N., Miralles, M. Relación del yacimiento El Cobre con los cuellos de andesitas porfiritas (Cuba). Geol. de los yacs. mins., No. 5, 1965.
- Bogdanov, Y. V., Guralova, V. N., Miralles, M. Rasgos metalogénicos de los yacimientos de cobre de Cuba. Sov. Geol., No. 11, 1965.
- Bolotin, Y. A. Informe sobre el yacimiento Guachinango, 1968\*.
- Bolotin, Y. A. Informe sobre el yacimiento Carlota y Victoria, 1969\*.
- Budanov, H., Hernández, J. Informe sobre los trabajos de búsqueda y exploración del yacimiento Elección, 1965\*.
- Bolodin, R. I., Stepanov, V. M. Informe sobre los resultados de los trabajos de prospección y búsqueda para cobre realizados en la parte oeste del yacimiento Pinar del Río, 1965-1966, 1967\*.
- Bolsfon, F. I. Estructura de los yacimientos minerales. Del libro "Principales problemas sobre el estudio de los yacimientos magmáticos", A. de C. de la URSS, 1955.
- Bolsfon, F. I. Problemas del estudio de los yacimientos hidrotermales. Edit. "Naúka", 1964.
- Chejovich, V. D. Cuenca tectónica del Caribe. Geotectónica No. 6, 1965.
- Fabre, G. I. The volcanic area south of Santa Clara, 1958\*.
- Furrazola-Bermúdez G., Judoley C. M. et al. Geología de Cuba, Habana, 1964.
- Golochenco, V., Porro, A., Estepanov, V. Informe geológico del yacimiento El Cobre, 1967\*.
- Gorielov, V. E., Gorielova, V. G., Starova, M. M. Informe sobre el yacimiento Carlota, 1964\*.
- Gorielov, V. E. Informe sobre los trabajos de prospección geológica realizados en el yacimiento cuprífero San Fernando, 1964\*.
- Gorielov, V. E. Informe sobre los trabajos de control y revisión realizados en el yacimiento Antonio, 1965\*.
- Gruzdiev, K. I., Gruzdieva, M. P., y otros. Informe sobre los trabajos de exploración y búsqueda realizados en los yacimientos cupríferos de la provincia de Las Villas, 1966\*.
- Haffner B. K. Mineralogy of the copper ores at the Matahambre mine. Econ. Geol., V. 39, 1944, N. I.

- Hill P. A. Banded pyrite deposits of mina Carlota, Cuba. *Econ. Geol.* V. 53, 1958, N. S.
- Judoley C. M., Krasnov V. I. et al. Mapa de yacimientos minerales de Cuba, E. 1:500 000, Habana, 1963.
- Knipper, Z. L., Puig-Rifá, M. Estructura tectónica de la Sierra de los Organos en la región de Viñales y la posición de los cuerpos de serpentinitas. Del libro "Geología y yacimientos minerales de Cuba", Edit. "Naúka", 1967.
- Kreiter, M. V. Estructura de los campos minerales y los yacimientos. *Gostgeolteknisdat*, 1956.
- Laverov, N. P., Burian, Y., Cabrera-Ortega, R., Koniechni, E. Estructura geológica y algunas cuestiones sobre la génesis del yacimiento Matahambre, Pinar del Río. Del Libro "Geología y yacimientos minerales de Cuba". Edit. "Naúka", 1967.
- Laverov, N. P., Cabrera-Ortega, R. Estructura geológica y algunas cuestiones sobre la génesis del yacimiento El Cobre, Oriente. *Revista de Geología* No. 1, 1967, Instituto de Geología A. de C. de Cuba.
- Laverov, N. P., Cabrera-Ortega, R. Breve informe sobre la metalogenia de los yacimientos de cobre hidrotermal de Cuba. *Revista de Geol.* No. 1, Inst. de Geol., A. de C., 1967.
- Laverov, N. I., Malinovski, E. P., Tolkunov, A. E., Cabrera, R., Carassou, G. Los yacimientos de cobre de Cuba, su posición en los pisos y subpisos estructurales. *Serie Geol.* No. 6, 1972. Inst. de Geol. A. de C. de Cuba.
- Lewis, G. E., Straczek, S. A. *Geology of South-Central Oriente, Cuba.* U.S. Geol. Bull., N 975-D, 1955.
- Lisitsen A. Particularidades en la distribución de los yacimientos sulfurados de Cuba. *Revista Tecnológica*, 1967, NI.
- Lisitsen A. I. Metalogenia de Cuba. *Sov. Geol.* No. 11, 1969.
- Maximov, A., Grachov, G., Reinol, S. Geología y yacimientos minerales de las pendientes noroccidentales del sistema montañoso del Escambray, 1968\*.
- Malinovski, E. P., Carassou, G. Informe preliminar sobre la estructura geológica en los límites del campo mineral Matahambre, 1967\*.
- Maslov, Y. S. Estructura geológica y génesis de las menas cupríferas de Guáimaro, Cuba. *Sov. Geol.*, No. 5, 1969.
- Molodnikov, N., Kurskov, O., Ponomarev, V. Informe geológico sobre los resultados de búsqueda para cobre en las manifestaciones en la región de Vega Grande, 1967\*.
- Pardo G. *Geologic exploration Cuban Gulf Oil Company*, 1954\*.
- Penobaker E. N. Structural relations of the copper deposits at Matahambre, Cuba. *Econ. Geol.* V. 39, 1944, NI.
- Pfeiffer A. Informe sobre el yacimiento San Fernando, 1958\*.
- Poplavski I. T. Estructura geológica del yacimiento Matahambre. *Revista Tecnológica*, 1966, N. I.
- Poplavski, I. T., Kasansiev, V. A. y otros. Informe sobre los resultados de los trabajos de búsqueda para cobre realizados en la región noroeste de la provincia de Pinar del Río durante los años 1962-1964. 1964\*.
- Poplavski, I. T. Informe sobre los resultados de los trabajos geológicos de búsqueda realizados en 1962-1964, en el flanco perspectivo del yacimiento Matahambre, 1964\*.
- Somov, K. F. Informe sobre los trabajos de control y revisión para cobre realizados en la provincia de Oriente, 1966\*.
- Somin, M. L., Millán, G. Problemas fundamentales sobre la geología de los complejos metamórficos de Cuba. 1968\*.
- Thiadens, A. A. *Geology of the southern part of the province Santa Clara, Cuba.* Geogr. Geol. Mededeel. Phys. Geol. Reeks, 12, 1937.
- Tolkunov, A. E., Cabrera, R., Muñoz, M. Nuevos datos sobre la geología y regularidades de la distribución de los yacimientos de cobre y piríticos que yacen en las rocas vulcanógeno-sedimentarias. *Serie Geológica* No. 4. Inst. de Geol. A. de C. de Cuba, 1969.

Tolkunov, A. E., Cabrera-Ortega, R. Regularidades de la geología y metalogenia de las regiones minerales de Las Villas y Oriente. Serie Geológica No. 7, Instituto de Geol. A. de C. de Cuba, 1972.

Williams, E. R. Informe sobre los trabajos en el yacimiento Antonio 1959\*.

Zaríanov, Y. P. Informe sobre los trabajos de exploración y búsqueda en la región de los yacimientos Carlota-Guachinango, 1968\*.

NOTA: Con un asterisco (\*) se señalan los trabajos manuscritos que se conservan en el Fondo Geológico de la D.G.G.G. y en los archivos del Instituto de Geología de la Academia de Ciencias de Cuba.