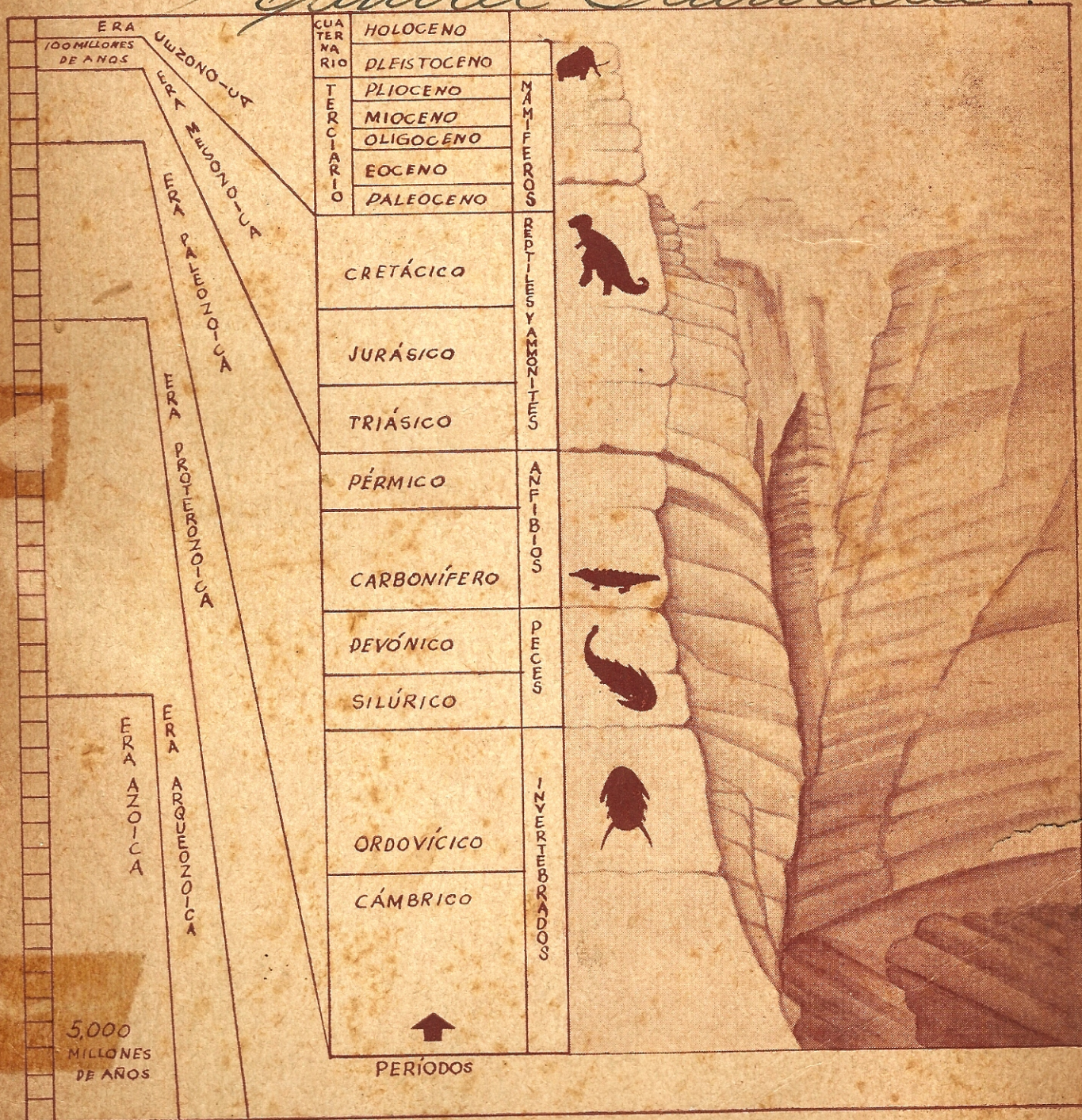


REVISTA DE

# GEOLOGIA

*Manuel Terralde*





**REVISTA DE**  
**GEOLOGIA**

**ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA**

**AÑO I No. 1**

## CONSEJO DE DIRECCION

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

ING. JESUS FRANCISCO DE ALBEAR, DIRECTOR  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

### MIEMBROS:

LIC. ANDRES LINCHENAT  
INSTITUTO CUBANO DE RECURSOS MINERALES

ING. JOSE RAMON LUEGE  
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRAULICOS

LIC. FRANCISCO FORMELL  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

DR. PEDRO CAÑAS ABRIL  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA

ING. GERMAN PLANAS  
INSTITUTO DE SUELOS

Co. OTTO HERNANDEZ  
DEPARTAMENTO DE GEOFISICA

## I N D I C E

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



**Estructura geológica y algunas cuestiones  
sobre la génesis del yacimiento de cobre  
“Matahambre”, (Provincia de Pinar del Río)**

**N. P. LAVEROV-**

**J. BURIAN**

**R. CABRERA**

**S. KONECNY**

## ESTRUCTURA GEOLOGICA Y ALGUNAS CUESTIONES SOBRE LA GENESIS DEL YACIMIENTO DE COBRE MATAHAMBRE

### INTRODUCCION

El yacimiento Matahambre se presenta como el mayor yacimiento de cobre en Cuba. Se encuentra descubierto por laboreo minero a grandes profundidades y actualmente ya han sido extraídos sus principales cuerpos minerales-industriales.

Este yacimiento se encuentra situado en la cordillera de los Organos, en la parte noroeste de Cuba (provincia de Pinar del Río), a 10 km de la costa del Golfo de México. Fue descubierto por los afloramientos de los cuerpos minerales oxidables en la superficie en 1912, y en 1913 fue iniciada su explotación. En el año 1921 la mina fue adquirida por la compañía "American Metals Company", la cual realizó unos trabajos intensivos de explotación incluso hasta 1943, mientras no se habían extinguido las reservas conocidas hasta ese momento. En el año 1944 la mina Matahambre pasó a la dirección de una compañía cubana. En la primera etapa del trabajo de esta compañía, fue descubierto el cuerpo mineral 44, sirviendo de objetivo principal de explotación incluso hasta el año 1958. Comenzando el año 1958 surgió de nuevo una crisis con las reservas de minerales. A pesar del descubrimiento de los cuerpos minerales 44B, 63, 63A, 64 y 44S en los últimos años, la situación tensa en relación con la materia prima se conserva todavía.

La mina trabaja a una profundidad de 1 000-1 280 m de la superficie en complicadas condiciones minero-técnicas. Para la ampliación de sus perspectivas y el mejoramiento de las condiciones de elaboración es conveniente realizar búsquedas de nuevos cuerpos minerales en los horizontes situados más cerca de la superficie. Según la opinión de los autores, tales posibilidades no han sido agotadas.

Comenzando el año 1928 hasta el presente, en el yacimiento se ha extraído cerca de 9.000.000 ton. de mineral con un contenido medio 4.54-7.98% (Orobey, 1965), lo que caracteriza a Matahambre como un gran yacimiento de minerales ricos.

El presente trabajo es el resultado del estudio de las labores mineras accesibles y de los bloques extraídos de este yacimiento, realizado por los autores en el año 1965. Durante la elaboración del material seleccionado nosotros conocimos y analizamos los datos geológicos preliminares del yacimiento, que había en la mina y en el Instituto Cubano de Recursos Minerales (ICRM), y también los datos de las publicaciones científicas.

En la terminación del trabajo fue confeccionado un diagrama dimétrico completo, cortes y proyecciones sobre los cuerpos minerales del yacimiento, en base de los cuales se hicieron conclusiones sobre la regularidad de la localización de los cuerpos minerales y de las condiciones estructuro-geológicas de su formación.

Es conveniente indicar que el yacimiento Matahambre es uno de los yacimientos de cobre más interesantes del mundo. Se encuentra en rocas sedimentarias (tipo flysh) (esquistos y areniscas), entre las cuales no se encuentran formaciones magmáticas. Además de esto, los cuerpos minerales de este yacimiento tienen todas las particularidades características para las formaciones hidrotermales (magmatogénicas) típicas y sin duda son epigenéticos por su relación con las rocas encajantes. Se localizan entre las zonas agrietadas y están representados por vetas complicadas y zonas lineales de vetas entrecruzadas (stockwork)\* las que tienen por su buzamiento una longitud de hasta 900 m y por su dirección dimensiones insignificantes hasta 50-250 m como máximo, además de un pequeño espesor (1-25 m).

Este yacimiento está descubierto actualmente por labores mineras a una profundidad de 1 280 m de la superficie, lo que ayuda a observar las alteraciones en la estructura de los cuerpos minerales en su extensión según su buzamiento, e indica las principales regularidades de su localización en el material factivo. Los

\* El término internacional "stockwork" nosotros lo hemos traducido como "vetas entrecruzadas".



yacimientos semejantes a Matahambre no se han descrito en la literatura geológica soviética, por eso los autores estiman que las conclusiones dadas en el presente artículo representan interés para los especialistas que estudien los yacimientos minerales. Además ellos atestiguan las posibilidades de descubrir en la URSS yacimientos de cobre análogos (formados en condiciones geológicas similares).

La realización de nuestras investigaciones, en grado considerable, se vieron aliviadas por el gran trabajo efectuado en esta dirección por A. Shtol, V. Orobey, N. F. Vologdin, I. T. Poplavski y otros geólogos y los autores recibieron ayuda del departamento de Geología y la administración de Matahambre. Y nosotros aprovechamos esta oportunidad para agradecerles esta ayuda.

## GEOLOGIA DE LA REGION

El yacimiento Matahambre se encuentra en la faja mineralizada del oeste de Pinar del Río, en los límites del meganticlinorio (ver el esquema tectónico de Cuba y el artículo sobre la metalogenia añadido a la presente publicación). Todos los yacimientos y las más grandes manifestaciones de mineralización de esta faja, en este caso Matahambre, pertenecen a la zona sur periférica levantada en la parte norte de Pinar del Río o localizada en la zona de transición que separa esta elevación del *Sinclinorio Viñales*. Los principales elementos tectónicos del oeste de Pinar del Río, en este caso la zona de transición más arriba indicada, forman una estructura en forma de arco, la parte curva de ella circunscribe hacia el noroeste. Al noreste, esta estructura está limitada por el desplazamiento Oeste cubano y por el suroeste sale por debajo de los sedimentos neógenos.

**Límites del Bloque Anticlinorio Elevado.** En los límites de este anticlinorio, al noroeste de Pinar del Río, se ha desarrollado una formación arenoso-esquistosa San Cayetano,\* la cual tiene una edad jurásico inferior-medio (Geología de Cuba, 1964). Las rocas de esta formación están débilmente metamorfizadas y se deshacen en pequeños pliegues discordantes, a veces derrumbados. Se encuentran destruidos por numerosas intercalaciones y secantes (raramente transversales) por fallas tectónicas (con desplazamientos laterales derecho e izquierdo y mantos de sobrescurrimientos). El espesor total del sedimento San Cayetano, según N. F. Volog-

din y Y. K. Frumquina (1962), excede 5 000 metros. Entre las rocas de la formación indicada, los autores distinguieron tres subformaciones, las cuales se diferencian litológicamente por su cantidad de areniscas y esquistos. En la subformación inferior predominan esquistos arcillosos en forma de filita y menos las areniscas de cuarzo y cuarzo-espato y lentes de calizas. En la subformación intermedia, generalmente areniscas, un pequeño rol pertenece a los esquistos arcillosos y alebrolitos, gravelitas y conglomerados de pequeños clastos. La subformación superior compuesta por esquistos arcillosos y arcilloso-sericítico, entre los que se encuentran venillas finas de areniscas cuarzosas y calizas.

**Zona Sinclinoria Viñales.** Está compuesta generalmente por calizas del jurásico superior, por debajo de las cuales, en algunas partes, afloran las rocas de la formación San Cayetano. El espesor de las calizas alcanza hasta 1 000 m.

En la zona de transición, que separa la elevación Norte Pinareña del Sinclinorio Viñales, se mapea una serie de fallas extremas, muy juntas, las cuales pertenecen al cretácico superior(?) y la depresión eocénica del tipo de junta con el complicado plegamiento (Pucharovski, Knipper, Puig Rifá, 1965). En esta zona se encuentran cuerpos serpentinosos y diques raros de diabasas. Además de ellos, al suroeste del yacimiento Matahambre, entre las rocas de la formación San Cayetano, se encontraron pequeños intrusivos de gabro y dioritas, cuyas edades por ahora no han sido aclaradas. En los límites de la faja mineralizada en la región del yacimiento, las rocas intrusivas y volcánicas no aparecen, por eso es conveniente considerar que aquí el control magmático de mineralización prácticamente no se ha manifestado.

## SITUACION GEOLOGICA DEL CAMPO MINERO MATAHAMBRE

Como ya se ha indicado anteriormente, la ubicación del campo minero Matahambre se inclina especialmente hacia la zona de transición, que separa la elevación Norte Pinareña del sinclinorio Viñales. Se encuentra a cierta separación de las grandes fallas extremas de la zona de transición y se ha localizado en la parte donde las estructuras plegadas lineales y las fallas que en concordancia con ellas cambian su dirección del noreste a sublatitudinal. En la región del yacimiento las rocas de la formación San Cayetano forman un anticlinal local tumbado, el cual en la región del yacimiento se encuentra quebrantado por una serie de fa-

\* Se conoce por el nombre de "Formación" en literatura cubana, las subdivisiones estratigráficas parecidas por su contenido en ruso por "corte" y "capa".

llas longitudinales y transversales. Aquí hace tiempo que se conoce la falla concordante Manacas, la cual se ha estudiado en distintas investigaciones (Vologdin y Frumkina, 1962) en calidad de estructura principal de control mineral, que determina la situación no sólo del yacimiento Matahambre, sino también de varios yacimientos de cobre y polimetálicos y manifestaciones minerales del oeste de Pinar del Río.

I. T. Poplavski mapeó en el campo minero la acentuada alteración (flexura) de la dirección de las rocas encajantes de la formación San Cayetano, la cual, según su punto de vista, jugó un rol principal y favorable en la formación de las estructuras propicias para la deposición mineral. Además de las flexiones de las rocas se encuentran en la superficie en los laboreos mineros subterráneos, las grandes fallas transversales Alfa-Beta, hacia las cuales se inclinan muchos cuerpos minerales. Además de ellas en la parte del yacimiento se han desarrollado ampliamente grietas y fallas tectónicas muy pequeñas, las que se encuentran orientadas en concordancia con la inclinación de las rocas encajantes, así como transversal a esta dirección. Las fallas y grietas concordantes se desarrollan generalmente por los planos de esquistosidad pizarrosa, y las fallas transversales se concentran en los estratos de areniscas y gravelitas. En su mayor parte se encuentran rellenas de mineral. Es muy característico que al oeste de la falla transversal Alfa, la mineralización industrial no se ha descubierto todavía (ver fig. 1).

De esta manera el campo minero Matahambre se localiza en el ala noroeste del anticlinal tumbado, compuesto por la serie de fallas longitudinales (Manacas y otras), y también en la parte donde se han desarrollado ampliamente las fallas transversales (Alfa-Beta y otras) apreciándose alteraciones de flexuras en la dirección de las rocas que favorecieron la deposición mineral. En general, para esta región del yacimiento, es característica la "estructura en forma de cruces", por lo visto, predestinándose condiciones favorables para la traslación de las soluciones minerales de la fuente y el surgimiento de las grietas locales y de las zonas de desmenuzamiento, que sirven como "trampas estructurales" de los cuerpos minerales.

En el perfil geológico de la formación San Cayetano, el yacimiento Matahambre, ocupa un puesto determinado. Los principales cuerpos minerales de este yacimiento, se han localizado en el perfil intermedio para la cual es más característico la alteración de facies arenosas con los esquistos, los que juegan un papel semejante en el corte. La mineralización industrial no existe

en la capa esquistosa superior y no se establecen tampoco en la inferior, representada generalmente por esquistos en forma de filita, calizas y alebrolitas.

## ROCAS ENCAJANTES

Las rocas de la formación San Cayetano, las cuales encajan la mineralización, fueron divididas por N. Pennebaker (Pennebaker, 1946) en varias "series", cada una de las cuales por su volumen corresponde aproximadamente a la subdivisión rusa "capa". Aquí se distingue de arriba a abajo lo siguiente: Serie Pozo, Serie Ruiseñor, Serie Matahambre, Serie Esquistos del Sur (fig. 1) y Serie de Grauvacas del bloque yacente. Los límites existentes entre las series indicadas se han dado en un grado considerable, condicionalmente, aunque las rocas incluidas en ellas, se diferencian por su litología y mineralización. Por esto la subdivisión estratigráfica expuesta anteriormente realizada en la mina, nosotros la tuvimos en cuenta mediante el análisis de la estructura del yacimiento y los análisis de las principales regularidades de la localización de los cuerpos minerales.

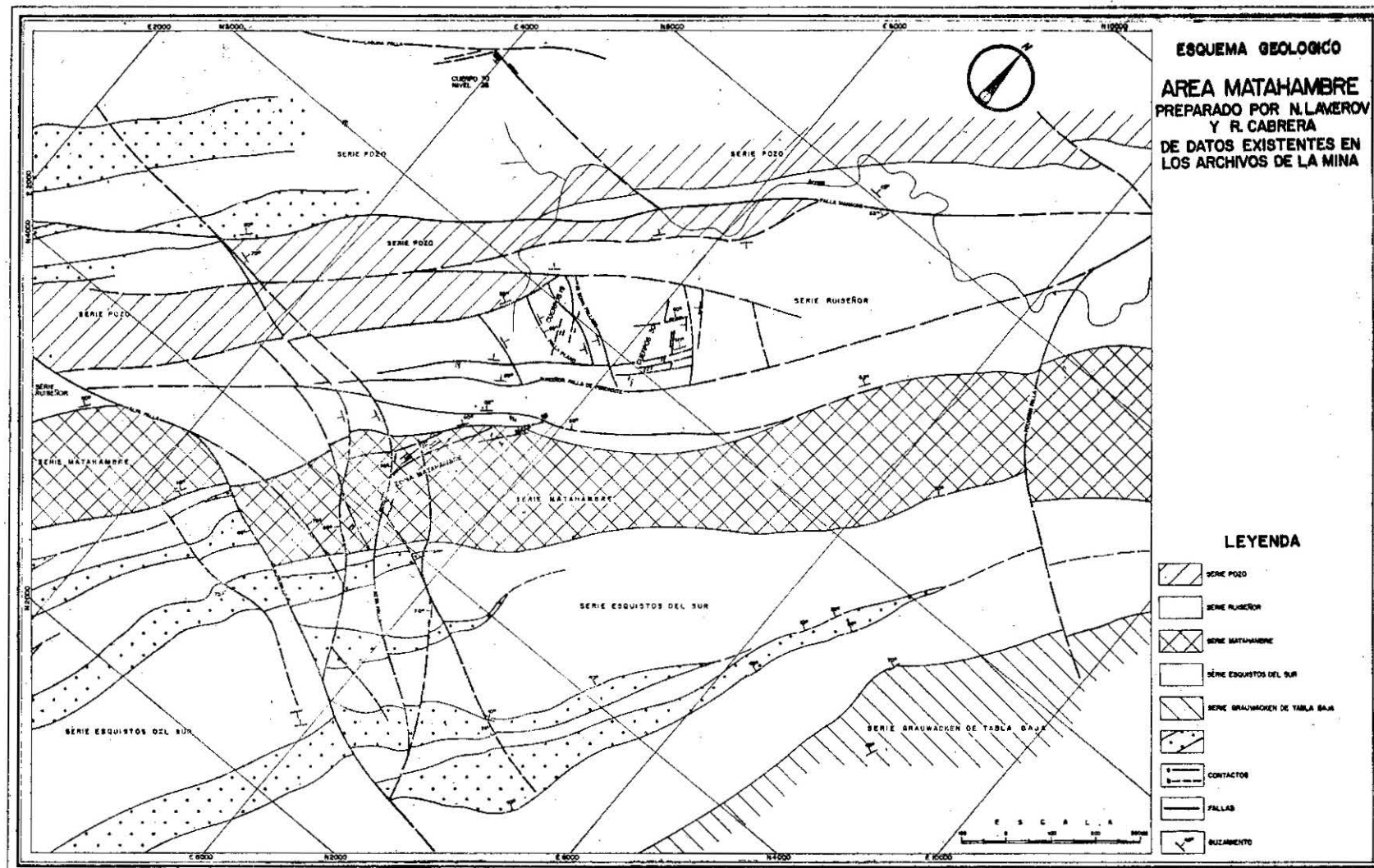
*Serie Pozo.* Es la más superior del yacimiento y compone el área, en general, situada al norte de la falla Manacas. En el perfil de las rocas de esta serie en el yacimiento, predominan grandemente los esquistos arcillosos sericíticos y las alebrolitas. El estrato de las areniscas tiene frecuentemente un pequeño espesor y juegan un papel de subordinación. Los estratos más espesos de areniscas y gravelitas se encuentran en esta serie al oeste del yacimiento.

*Serie Ruiseñor.* A diferencia de la Serie Pozo, está compuesta principalmente por arenisca cuarzo-espato y con frecuencia la encontramos cuarcificada y sericitizada. Entre las areniscas predominan variedades de clastos pequeños y medianos. Los estratos de arenisca tienen un espesor variable, cambian de varios cm hasta 20-30 metros. En ellos se distinguen finos estratos de esquistos. El espesor total de las rocas de la serie analizada es de 120-150 metros.

En el yacimiento, en el bloque pendiente de la falla Manacas, las rocas de la Serie Ruiseñor se observan a una profundidad aproximada de 600 m de la superficie. En el bloque yacente de esta falla ellas aparecen a una profundidad de casi 500 m y debido a que tienen una inclinación menor que la falla, a medida que se sumergen se separan de ella. (Fig. 2)\*

\* Entiéndese por figura 2 la Ap. Fig. 2-G del Atlas adjunto.





En las rocas de la Serie Ruiseñor, se manifiestan la sericitación y la cuarcificación más intensivamente que en la Serie Pozo; también se ha desarrollado ampliamente la mineralización hidrotermal de acumulaciones filonianas de venillas.

En la parte inferior del corte de esta serie, según los datos de N. Penabaker, predominan las areniscas, los distintos horizontes se separarán por finos estratos de esquistos. Con una de las "fajas esquistosas" coinciden espacialmente las fallas Ruiseñor del muro yacente. Los estratos de esquistos que tienen poco espesor se encuentran en la parte central del perfil, con ellos coinciden las fallas Ruiseñor pendiente.

*Serie Matahambre.* Está formada por esquistos arcillosos y cuarzosos sericitados, por alebrolitas y areniscas. Esta serie tiene un espesor de 70-100 m, menor que la Serie Ruiseñor. En el perfil de la Serie Matahambre se distinguen algunos horizontes de areniscas y esquistos. Las areniscas se desarrollan preferentemente en la parte inferior del perfil de esta serie, forman dos horizontes prolongados, los cuales se observan ininterrumpidamente desde la superficie hasta la falla Manacas, a una profundidad de 950 m.

En el bloque pendiente de esta falla en los horizontes inferiores del yacimiento (35-41), en el perfil de la Serie Matahambre, también se observaron areniscas paralelizadas por los autores con aquellas que se observaron en los horizontes superiores del yacimiento (ver fig. 2). El espesor de las areniscas no es estable y varía desde 2-5 m hasta 30-40 m. Los esquistos, que se encuentran entre ellas y yacen en la parte superior del perfil de esta serie, y que contienen numerosos estratos finos de alebrolitas y de areniscas de pequeños granos, forman en conjunto horizontes complicados a los cuales corresponde aproximadamente un papel igual que los sedimentos arcillosos, las alebrolitas más gruesas y las areniscas.

*Serie de Esquistos del Sur.* En la región del yacimiento tienen un espesor variable de 150-250 metros. En esta serie predominan esquistos pero también aparecen horizontes complicados en los cuales las areniscas de pequeños clastos y las alebrolitas alternan con los esquistos. Además de estas rocas, en el perfil de la serie de Esquistos del Sur se distinguen algunos horizontes de areniscas cuarzo-espato, los cuales se encuentran ampliamente desarrollados en el flanco suroeste del yacimiento y se inclinan gradualmente en dirección este. El espesor de estos horizontes varía de 0.10 m hasta 20-30 metros.

*Serie Grauvaca de Tabla Baja.\** Compone la parte inferior del perfil de la formación San Cayetano en el yacimiento. Para esta serie es más característico el predominio de sedimentos de granos gruesos de areniscas estratificadas, los que se diferencian en algo por el tamaño de sus clastos. Los esquistos y las alebrolitas juegan un papel de subordinación.

Como se puede apreciar en un breve análisis, las rocas de la formación San Cayetano y los cuerpos minerales encajantes, en su totalidad están representados por esquistos arcillosos, cuarzo-sericitados, alebrolitas y areniscas. Los sedimentos asociados a la serie, se diferencian solamente por su cantidad relacionada en el perfil.

En los alrededores del yacimiento no se observan rocas vulcanógenas ni intrusivas.

## QUEBRANTAMIENTOS DE PLIEGUES Y FALLAS

Los sedimentos que fueron favorables a la mineralización se encuentran en las partes inferiores del perfil del piso estructural geosinclinal. Estos sedimentos forman el labio sudeste del levantamiento Norte-Pinareño, el cual está compuesto por la serie de pliegues lineales locales (a veces isoclinales). Las rocas de la formación San Cayetano aquí tienen una dirección general nor-este (40-60°) y se inclinan bruscamente hacia el nor-oeste (desde 45 hasta 80 grados). En el fondo de esta complicada estructura lineal plegada, se aprecian pequeños pliegues locales, que forman exageraciones (pliegues) de flexuras transversales o se relacionan con los llamados "pliegues de arrastres". Las líneas de los ejes de la mayoría de los pequeños pliegues se encuentran orientados hasta el noreste y se inclinan hacia el nor-oeste en menor grado (60-55°).

En la región del yacimiento se han desarrollado ampliamente las fallas tectónicas, el comienzo de las cuales en la mayoría de los casos, como se puede observar, ocurrió en la etapa final de las deformaciones de los pliegues. Entre estas fallas nosotros distinguimos dos grupos principales. Con el primer grupo se relacionan las fallas longitudinales, aproximadamente concordante con la orientación de los principales elementos de la estructura plegada, y por lo visto surgidos en su relación con el plegamiento. El segundo grupo lo for-

\* "Graubakov". Con este nombre N. Penabaker definió a las areniscas de clastos gruesos y medianos. Nosotros hemos conservado ese nombre de acuerdo con la tradición existente en la nomenclatura estratigráfica, dedicada a las minas.



man las fallas transversales, orientadas perpendicularmente a la dirección de las rocas o las atraviesan por debajo de sus ángulos agudos, dando lugar a los rasgos manifestados de las llamadas "fallas superpuestas".

*Primer Grupo de Fallas Longitudinales.* En este grupo encontramos las fallas Manacas, las fallas Ruiseñor y la falla 53. Además de ellas, en las labores mineras se establecieron otras muchas fallas longitudinales sin nombre que se desarrollan en los contactos interestratificados.

La falla Manacas y las fallas paralelas que se inclinan hacia ella están orientadas en dirección noreste y buzan bruscamente hacia el noroeste (80-90°). La amplitud de los desplazamientos verticales por esa falla representa casi 150 m.

Las fallas Ruiseñor en el plano están orientadas paralelamente hacia la falla Manacas y a diferencia de ésta, son fallas "por estratos", la posición de las cuales coincide con los planos esquistosos entre las areniscas de la Serie Ruiseñor. Ellas fueron observadas durante la explotación de los niveles superiores seguidos en su buzamiento hasta una profundidad de 600-700 m hasta su articulación con las fallas Manacas (ver fig. 2). En el bloque encerrado entre las fallas Manacas y Ruiseñor, N. Penabaker mapeó los pliegues característicos de arrastre, cuyos surgimientos se puede explicar solamente por los saltos de traslación de las rocas por la falla Ruiseñor, debido a que estas fallas están orientadas en concordancia con las rocas encajantes, pues la amplitud de sus traslaciones verticales no se puede establecer. Por lo visto, tampoco excede de 150 m.

Cerca de las fallas Manacas y Ruiseñor, las rocas encajantes se encuentran trituradas y arrugadas. El espesor de tales zonas alcanza 15-20 m. La potencia de las "costuras" tectónicas alcanza frecuentemente 0.1-0.5 metros.

Además de las fallas más grandes, se relacionan con el primer grupo numerosas grietas de estratos, las cuales frecuentemente se desarrollan entre los esquistos o en su contacto con las areniscas. Particularmente, tales grietas se distribuyen intensivamente en las series Ruiseñor y Matahambre, donde los estratos de esquistos de pequeño espesor se transforman raramente en las milonitas fuertemente manifestadas.

Entre las areniscas también se encuentran pequeñas grietas poco inclinadas que se distribuyen en dirección noreste, en concordancia con la dirección de las rocas encajantes. A veces están rellenas de finas venillas súl-

fidas, de un tamaño pequeño y de morfología complicada. Estas grietas, a diferencia de las fallas Manacas, Ruiseñor y otras, llamadas "quebrantamientos concordantes", frecuentemente no están acompañadas de milonitas y arcilla tectónica y en ellas no se distinguen desplazamientos de rocas. Por lo visto, estas grietas fueron organizadas como las grietas de desprendimiento en las traslaciones por la falla Manacas y en el empalme con las fallas Ruiseñor y otras grietas de estratos no nombradas.

La formación de los tres sistemas de grietas (nosotros unimos al primer grupo a las llamadas fallas concordantes), por lo visto, fue vinculada con el plegamiento. En el análisis mecánico de las deformaciones observadas (Pek, 1938), el surgimiento de estas fallas y los desplazamientos observados en ellos, lógicamente se vinculan con la formación de los pliegues isoclinales, y las líneas de sus ejes tienen una dirección noreste y se inclinan bruscamente hacia el noroeste.

*Segundo Grupo de Fallas Transversales.* Las más grandes son las fallas Alfa-Beta, las cuales se encuentran orientadas en dirección noroeste casi latitudinal (casi cruza la dirección de las rocas) y buzan bruscamente hacia el suroeste. La orientación de estas fallas casi coincide con la dirección de las flexuras de las rocas en el yacimiento establecido por I. T. Poplavski (1964). En su totalidad las fallas Alfa-Beta forman un sistema complicado, desarrollado en los límites de las bandas con una amplitud de 300-400 m (ver fig. 1). Al oeste de la falla Alfa todavía no se ha establecido la mineralización industrial, por eso es conveniente considerar que las fallas indicadas son el límite geológico oeste del campo de la mina Matahambre.

La amplitud de los desplazamientos horizontales en la falla Alfa, según el esquema de N. Penabaker (Penabaker, 1946), alcanzan 200 m, por esto el bloque sudoeste de las rocas resulta desplazado hacia el noroeste.

En los horizontes inferiores del yacimiento se estableció que la falla Beta desplaza en la misma dirección de la falla Manacas con una amplitud que no pasa de 30 metros. Además de las fallas más grandes, vinculadas por nosotros con el segundo grupo, en el yacimiento se establecieron numerosas grietas de intersección y zonas trituradas, las cuales tienen una dirección casi latitudinal, noroeste y sublongitudinal y buzan bruscamente hacia el sudoeste. (Ver figs. 4 y 5).\* Con el primer sistema de fallas casi latitudinales se relacionan

\* Entiéndese por Figs. 4 y 5 los Ap. Figs. 4-5-G del Atlas adjunto.

la "falla 44" y otras numerosas grietas observadas en las excavaciones subterráneas. A diferencia de las fallas Alfa-Beta, la falla 44 buza hacia el norte, a 55-65° y con la profundidad se separa de la falla Beta y se acerca más a la falla Manacas. La falla 44 y sus fallas semejantes son unas grietas diagonales, que unen a la falla Manacas y Beta. Ellas en un ángulo agudo atraviesan las rocas encajantes y la desplazan en una extensión hasta de 15-20 m. A todo su largo se observan bien manifestada la arcilla tectónica "foliada" y la milonitización de los esquistos, así como una intensiva trituración de las areniscas. Estas fallas tienen todos los rasgos de las grietas de cizallamiento, originadas con las fallas transversales Alfa-Beta.

*Grietas tectónicas y zonas de trituramiento de dirección noroeste (290-320°) y sublongitudinal (340-30°).* Ocupan un lugar determinado en la estructura del yacimiento, así como se encuentran relacionadas con la masa principal de los cuerpos minerales. Estas grietas están originadas casi perpendicular a la dirección de las rocas encajantes y buzan bruscamente hacia el sudoeste. Se continúan en pequeñas distancias (hasta 100-150 m) y fueron encerradas en los límites de los bloques en forma de cuña que se encuentran entre las fallas más grandes que se unen en la profundidad. Algunas de ellas se encuentran localizadas en estratos de areniscas y se han orientado en el plano casi perpendicular a su dirección. Ellas limitan en los flancos con las capas esquistosas, con las que concuerdan las milonitas también foliadas. Las grietas favorables a la mineralización y las zonas de trituración presentan una estructura y morfología complicadas. En ellas se puede observar varias grietas abiertas fundamentales rellenas de mineralización filoniana y mineral (sulfido) y de rocas brechiformes, en las cuales frecuentemente se localiza una mineralización de venillas incrustadas e impregnación. Las particularidades indicadas sobre la estructura de las fallas tectónicas analizadas, al igual que la ausencia de desplazamientos visibles, evidencia que pertenecen a grietas abiertas por tensión.

Durante el análisis del mecanismo de formación de la serie de fallas transversales, nosotros tuvimos en cuenta que la más grande de ellas (la falla Alfa-Beta) establece el desplazamiento de la falla Manacas y de otras fallas "por estratos". Estas observaciones indican que la yacencia de las fallas transversales, por lo visto, se verificó algo después que las longitudinales, en la segunda etapa de formación de las estructuras de grietas del yacimiento. Según el esquema de deformación

de las rocas (Pek, 1938 y otros autores), se puede conjeturar que durante los desplazamientos dislocados de fallas por la falla Alfa-Beta se verificó el surgimiento de las fallas casi latitudinales, en calidad de grietas continuadas de cizallamiento, así como la formación de las llamadas "grietas en forma de pluma", las cuales tienen una dirección casi meridional noroeste, y buzan bruscamente hacia el oeste y noroeste. Además de las nuevas formaciones de grietas, durante la formación de las fallas transversales, sin duda también se verificó el renovamiento de la falla Manacas y la falla por estratos (tipo Ruiseñor) que yacían anteriormente, las cuales en este caso se sitúan en la posición de las grietas de cizallamiento.

De las representaciones hechas anteriormente sobre las dos etapas principales en la formación de la estructura de grietas contemporáneas de Matahambre, resalta una importante conclusión acerca del gran papel de las fallas transversales. Precisamente con el surgimiento de estas fallas los autores relacionaron la yacencia de la masa principal de las grietas que buzan bruscamente y las zonas de trituramiento (y de brechamiento) de las rocas encajantes donde se encuentran localizados todos los cuerpos minerales básicos del yacimiento (ver fig. 5).

*Fallas postminerales.* Son numerosas, pero se han manifestado débilmente. Se han desarrollado más frecuentemente en las grietas que yacían anteriormente y desplazan a los cuerpos minerales a una distancia desde varios cm hasta 5-10 metros.

Acerca del tiempo de formación de las estructuras de grietas favorables para la mineralización, se puede enjuiciar sólo con datos indirectos. Algunas de ellas surgieron, por lo visto, en la etapa final de la deformación de los plegamientos de las rocas San Cayetano, y las otras algún tiempo después. Con relación al tiempo de formación de la estructura contemporánea de pliegues de la parte noroeste de Pinar del Río, no existe una opinión única (ver los trabajos: Hatten, 1958; Vologdin y Frumkina, 1962; Furrázola Bermúdez, Judoley y otros, 1964). En el sumario adjunto a esta publicación de A. L. Knipper y M. Puig Rifá, dedicado a la zona tectónica Viñales. Según nuestra opinión en él, convincentemente está demostrado que las deformaciones de pliegues más intensivas y las fallas principales del oeste de Pinar del Río, se verificaron más probablemente en el eoceno medio-superior y no en el jurásico medio como conjeturaron otros autores, lo que indica la edad más joven, por lo visto, del eoceno superior de las estructuras de grietas del yaci-



miento Matahambre. Lo anteriormente indicado tiene una significación importante para las conclusiones acerca de la edad de la mineralización y su profundidad de formación.

### FORMACIONES HIDROTERMALES

Las formaciones hidrotermales en el yacimiento Matahambre están representadas por tres asociaciones minerales características: dos de las cuales forman los minerales industriales —de cobre y polimetálicos— y la tercera son los minerales no metálicos, la cual está representada por vetas de cuarzo carbonatadas, venillas y brechas, las que contienen solamente una pequeña cantidad de sulfuros. Todas estas formaciones minerales están acompañadas de una aureola de metamorfismo hidrotermal que se manifiesta principalmente por su "bercitzación".

Los cuerpos minerales, formados por la mineralización de cobre y polimetálicos, tiene forma y tamaño variado. Ellos están representados más frecuentemente por columnas mineralizadas o vetas complicadas que buzan en ángulos altos, los cuales frecuentemente aparecen rodeadas por zonas de mineralización de las venillas incrustadas y por brechas mineralizadas o estériles. Por la estructura interior, entre ellas se distinguen zonas lineales de vetas entrecruzadas y zonas de vetas y brechas, para las cuales es más característica la gran continuación por su buzamiento que no se puede comparar con su espesor. Así, los cuerpos minerales 14 y 44 tienen una longitud media de casi 75-125 m, con un espesor de 5-25 m, y por su buzamiento alcanzan hasta 700-900 m. Otros cuerpos minerales (19, 30, 5, 55) tienen una forma de columna que buzan bruscamente, y se continúan a menor distancia por su buzamiento (ver fig. 5).

La mineralización de cobre y polimetálica se encuentra aislada espacialmente. La mayoría de los cuerpos minerales de cobre están localizados en el bloque en forma de cuña, encerrado entre las fallas Manacas y Alfa-Beta. En los últimos años, en los horizontes inferiores (39, 40, 41) ellos fueron encontrados también al norte de la falla Manacas. Los cuerpos polimetálicos se encuentran solamente en el bloque yacente de la falla Manacas, en los niveles superiores (24-26). Los minerales de cobre más difundidos son la calcopirita, pirita, y de los no metálicos, el cuarzo, sericita, calcita y barita. Además de estos minerales, M. S. Starovoy estableció a la cubanita, linneita, pirrotina, esfalerita, cobelina y calcosina, los cuales raramente se encuentran. En forma de granos aislados se en-

cuentran indicados por los investigadores, cobaltina, arsenopirita, cuprita, galenita, bismuto nativo y oro. Según los datos de I. I. Novojatskiy (1965) entre estos minerales se encuentran establecidos por (A. D. Yenikinn) la beyerita y singenita.

El contenido de cobre en los cuerpos minerales varía en límites muy amplios desde 0.5-1% hasta 15-20%, y en promedio se acerca al 4-5%. La textura de los minerales es variada. Entre ellos el rol principal pertenece a los minerales brechiformes y macizos. Una significación de dependencia poseen las impregnaciones de venillas incrustadas, en forma de nidos drusas.

En los horizontes superiores del yacimiento (según datos de N. Pennebaker) se manifestaron muy bien las zonas de oxidación y cementación, en las cuales se desarrollaron ampliamente los minerales secundarios de cobre malaquita, azurita, cobelina y calcosina. En la superficie, sobre el yacimiento, se formó una capa de hierro que casi no contenía sulfuros primarios.

Los cuerpos polimetálicos están compuestos por pirita (hasta 30%), esfalerita (hasta 15%), galenita (hasta 5%), calcopirita (hasta 5%) así como por los minerales no metálicos cuarzo, calcita y barita. En los minerales aparecen según datos de M. S. Starovoy, granos raros de cubanita, pirrotina, arsenopirita y cuprita. Ellos forman zonas características de vetas entrecruzadas en las areniscas, en las cuales las vetas y venillas aisladas están compuestas por minerales masivos y brechas mineralizadas.

El contenido de plomo en los minerales polimetálicos más ricos es de 1.5-2%, zinc 4-5%, cobre 0.15-0.5%, hierro y azufre casi el 30%; además de ellos aparecen el oro, la plata y el cadmio. De acuerdo con los datos de Starovoy, el proceso hidrotermal de formación del mineral de Matahambre tiene dos etapas: en la primera etapa se forman cuarzo, pirita, pirrotina, arsenopirita; y en la segunda se originan la calcopirita, esfalerita, galenita, linneita, cubanita, oro y otros minerales anteriormente dichos.

En base de las intersecciones mutuas, de la ruptura de una de las formaciones minerales y de la cementación de unos por otros, las cuales los autores observaron en los laboreos mineros subterráneos y muestras pulidas, se presenta que el proceso de formación del mineral sigue su curso en tres etapas; en la primera se formaron el cuarzo, pirita, calcopirita, pirrotina, arsenopirita, los cuales forman la asociación más vieja en los minerales masivos. En la segunda etapa se relaciona la sedimentación de la masa principal de

la calcopirita, asociada con la pirita, esfalerita y cuarzo en las vetas, venillas, brechas e impregnaciones. La galenita es cercana a esta asociación, la masa principal de la esfalerita y otros minerales raramente encontrados, forman el cemento de brechas y venillas finas entre los minerales más jóvenes (ver figs. 3a y b). En la etapa final (tercera) se verificó la formación de vetas de cuarzo y cuarzo carbonatadas, las cuales componen frecuentemente las zonas periféricas de los cuerpos minerales y son el cemento de las brechas minerales. Ellos contienen una pequeña cantidad de calcopirita, pirita, galenita y esfalerita. En la figura 3b se puede observar perfectamente cómo las vetas y las venillas que se relacionan con la tercera etapa, atraviesan las formaciones minerales de la primera y segunda etapas.

#### **DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS CUERPOS MINERALES Y ALGUNAS PARTICULARIDADES DE SU ESTRUCTURA**

En la distribución espacial de los cuerpos minerales de Matahambre, tuvieron una gran influencia los factores estructurales. Aquí está manifestado con precisión el control litológico de la mineralización, fundamentado en primer orden, por las propiedades favorables físico-mecánicas de las rocas encajantes. La alternación indicada anteriormente en el perfil de las areniscas y esquistos, se diferencian por sus propiedades físico-mecánicas (Belicov, 1962; Rosanov, 1965), predeterminó el surgimiento de las estructuras específicas donde se halla la mineralización (de grietas transversales) muy parecidas (por su condición de formación) a las conocidas "vetas escalonadas" del yacimiento de mineral de oro Berezovsk en el Ural (Borodaevski y Borodaevskaya, 1946).

Todos los cuerpos minerales del yacimiento Matahambre están localizados en rocas de tres series productivas, la serie Ruiseñor, Matahambre y los Esquistos del Sur. Debido a que los perfiles de estas series no son iguales, también se diferencian unas de otras las estructuras de grietas donde está sedimentado el mineral, desarrollados en sus límites. Precisamente por eso durante el estudio de las estructuras del yacimiento Matahambre aparecen más singularmente los cuerpos minerales recopilados en tres grupos principales.

1. Cuerpos minerales localizados en la serie Ruiseñor.
2. Los cuerpos minerales localizados en la serie Matahambre.

3. Los cuerpos minerales localizados en los Esquistos del Sur.

*Cuerpos Minerales en la Serie Ruiseñor.* Se distribuyen, principalmente, en el bloque yacente de la falla Manacas, en los límites del bloque en forma de cuña formado por esta falla y las fallas Ruiseñor pendiente (ver figs. 4 y 5). Se encuentran más alejados hacia el noreste del lugar de intersección de estas fallas con los quebrantamientos transversales Alfa-Beta (fig. 4).

En el grupo estudiado nosotros incluimos los cuerpos minerales 19, 20, 21, 26, 29 y 30. Todos ellos buzan bruscamente y se inclinan hacia el noroeste, en dirección hacia la línea de intersección de las fallas longitudinales y transversales. Debido a que las rocas de la serie Ruiseñor buzan más suaves que la falla Manacas, sus contactos con la serie Matahambre desde la profundidad se acercan a esta falla. La línea de intersección de ellas se sumerge suavemente hacia el sudoeste y pasa el yacimiento sobre los niveles 25-26. De acuerdo con esto, hasta estos niveles se continúan los cuerpos minerales localizados en la serie Ruiseñor.

En el bloque pendiente de la falla Manacas también se encontraron verdaderos cuerpos de minerales de cobre y polimetálicos, los cuales se localizan aquí en la parte superior del perfil de la serie Ruiseñor (ver fig. 5).

Para todos los cuerpos minerales distribuidos en esta serie, es más característica la evidente coincidencia con los horizontes de areniscas y la orientación transversal en su relación con la dirección de las rocas encajantes.

Los cuerpos básicos 19 y 30 se han formado por las series de vetas lineales bruscamente inclinadas de estructura complicada, las cuales están concentradas en los límites de dos "bandas" aisladas (de zonas de vetas), las que tienen una dirección noroeste (ver fig. 4).

Se encuentra la zonación determinada en la distribución de las concentraciones de cobre en los cuerpos minerales de la serie Ruiseñor. Cerca de la superficie, y en los horizontes superiores del yacimiento (hasta nivel 6 incl.) donde la serie Ruiseñor está alejada de la falla Manacas hasta una distancia de 150-200 m, los cuerpos minerales tienen un tamaño pequeño por su dirección (28-80 m) y un espesor pequeño (de 2-10 m). Están representados por columnas mineralizadas reconcentradas, localizadas en las areniscas. Con la profundidad, a medida que se acerca la serie Ruiseñor a la falla Manacas, la extensión y el espesor de los cuerpos minerales aumenta, alcanzando hasta 200-250 m

y 15-25 m, respectivamente y también aumentan en ellos las reservas de cobre. Los cuerpos minerales más grandes de esta serie fueron extraídos en los niveles 7-14 del yacimiento. En la parte inferior de su buzamiento disminuye de nuevo ininterrumpidamente la extensión de los cuerpos minerales, así como su espesor y también el contenido de metal.

Para los cuerpos minerales, localizados en la serie Ruiseñor, la extensión establecida por su buzamiento es de 550-600 m. Mediante esta longitud vertical la mineralización se resguarda de la erosión, y se puede distinguir tres zonas, la superior, la central y la inferior; para cada una de ellas es característica la intensidad variada de los procesos de mineralización. Las mayores concentraciones de cobre se observaron concentrados en la parte central de los cuerpos minerales, con un intervalo por su buzamiento desde 200 hasta 400 m de la superficie contemporánea. Nosotros estimamos que la zonación indicada en la distribución de las concentraciones de cobre en la serie Ruiseñor, en primer lugar, está vinculada con distintas condiciones tectónicas en las cuales se verificó la formación de las estructuras de grietas donde se depositó el mineral en el intervalo arriba indicado. En la parte central, la parte más productiva de los cuerpos minerales, a diferencia de los horizontes inferiores, se conserva también el espesor completo de las rocas favorables de la serie Ruiseñor, a corta distancia de la falla Manacas (ver fig. 2). Aquí, en el bloque en forma de cuña, entre las fallas concordantes Manacas y Ruiseñor se originaron zonas agrietadas transversales continuas, que contienen mineralización. En los horizontes superiores las rocas encajantes Ruiseñor se distribuyen a lo largo de la falla Manacas, que, por lo visto, predeterminaron la débil manifestación en las estructuras favorables.

Los autores no observaron cuerpos minerales distribuidos en la serie Ruiseñor; sobre su estructura se puede conjeturar únicamente por la documentación y mapas geológicos que se encuentran en la mina. Según los datos de N. Penabaker (Penabaker, 1946) y otros autores, en estos cuerpos se distinguieron vetas de minerales masivos, zonas de vetas entrecruzadas, brechas minerales y mineralización de venillas incrustadas, las cuales se inclinan hacia ellas. Los cuerpos minerales frecuentemente tienen una morfología complicada y una característica estructural en forma de bloque. Por su dirección están frecuentemente limitados por las fallas de estratos más viejas que la mineralización o por la esquistosidad. En el yacente estos cuerpos casi nunca salen en los esquistos de la serie Pozo, pero están con-

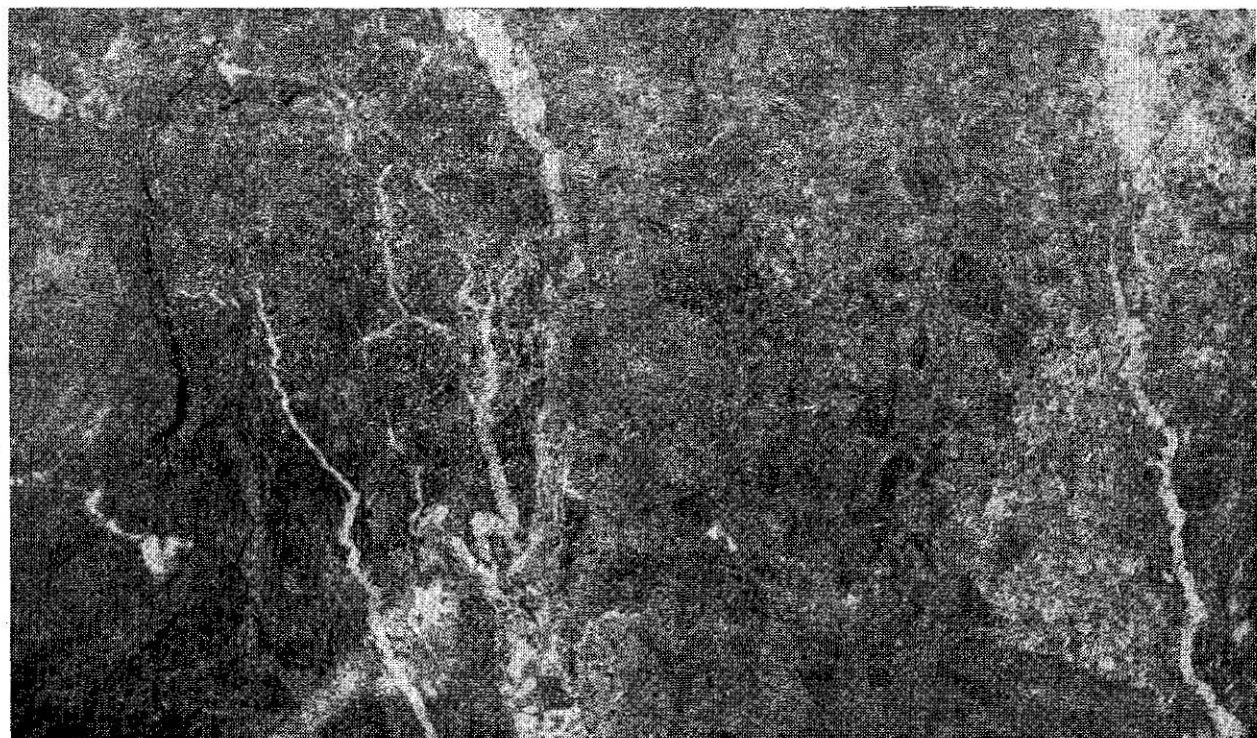
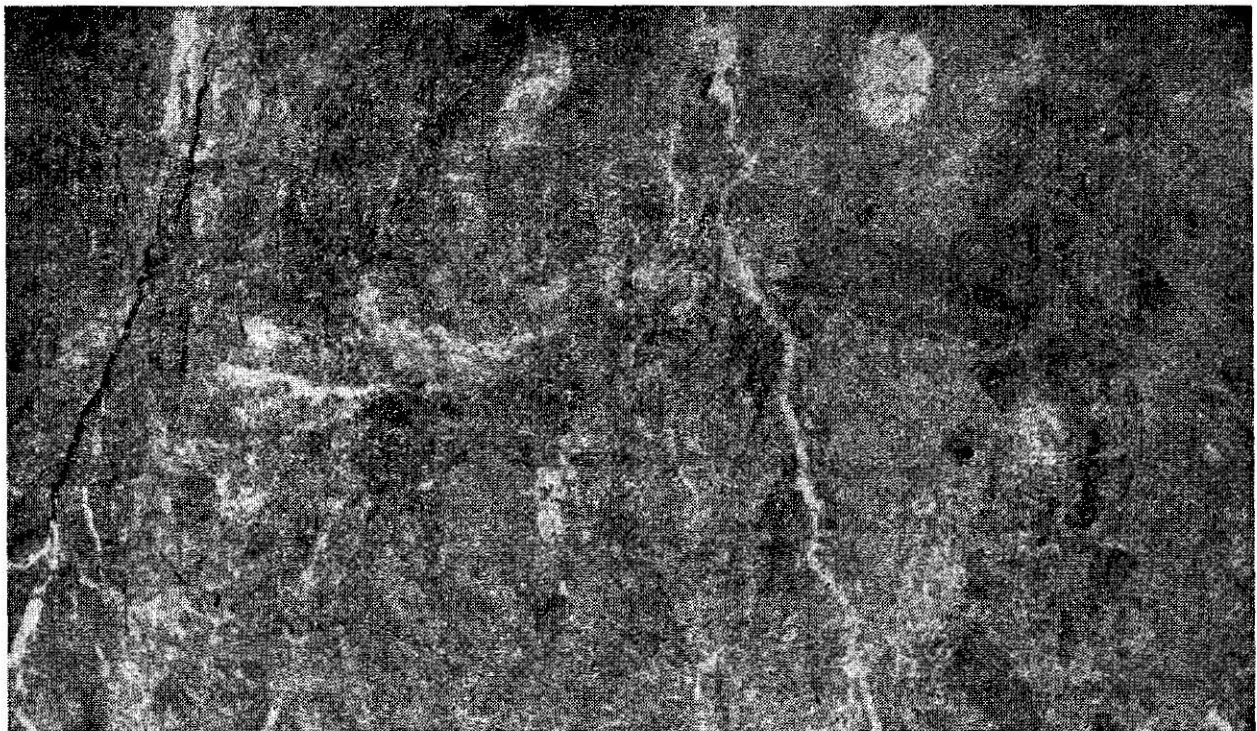
centrados por debajo de ellos, y en el pendiente limitan con la falla Ruiseñor.

*Los cuerpos minerales de la serie Matahambre.* En el presente también han sido extraídos. Estos cuerpos tenían una gran extensión por su buzamiento, se diferenciaron por su morfología, orientación en el espacio y por la estructura de los cuerpos minerales localizados en la serie Ruiseñor.

En la serie Matahambre se encuentran los cuerpos minerales 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 48, así como la parte inferior de los cuerpos minerales 3 y 5. Los más grandes de ellos son los cuerpos minerales 14 y 5. Tienen una forma de columnas minerales complicadas que se continúan ininterrumpidamente desde la superficie hasta el nivel 35, a más de 900 metros por la vertical. Los cuerpos minerales analizados se concentran en la banda noreste, con una dirección sub-longitudinal (figs. 4 y 5) orientados en ángulo agudo hacia la línea de extensión de las rocas encajantes. Al norte están limitados con la falla Ruiseñor pendiente, y al sur con los trituramientos interestratificados, que separan las areniscas del bloque pendiente de esta serie de los esquistos que yacen en la parte inferior (ver figs. 2 y 4). La extensión de la banda mineral en los diferentes horizontes del yacimiento no es la misma y varía desde 50-60 hasta 350-400 m, en su anchura de 5-10 metros hasta 30 metros. Los cuerpos minerales aislados tienen frecuentemente una extensión menor desde 20-150 m, con un espesor desde los primeros metros hasta 20-30 metros.

De acuerdo con su situación entre los cuerpos minerales, distribuidos en la serie Matahambre, se pueden limitar dos subgrupos. Uno de ellos (cuerpos minerales 14, 10, 11 y otros) que se encuentran en el bloque en forma de cuña formado por las fallas Ruiseñor del bloque yacente (en los horizontes inferiores de la falla Manacas) y en la falla transversal Beta. El segundo subgrupo de los cuerpos minerales (3, 5 y otros) se encuentran en un bloque entre las fallas Alfa y Beta (ver figs. 4 y 5). En su estructura y morfología ellos se diferencian algo de los cuerpos minerales del primer subgrupo. De acuerdo con esto, para ambos grupos es característica la buena manifestación de su inclinación hacia el noroeste, en general concuerdan con la inclinación de las líneas de intersección de las fallas arriba indicadas. Desde la profundidad estos cuerpos minerales, en concordancia con el buzamiento de las rocas encajantes de la serie Matahambre, se acerca constantemente a la falla Manacas y en sus horizontes inferiores (35-40) ya se distribuyen en su pendiente,





· FIG. 3 (a y b). Fotografías del interior de la mina, donde se puede observar claramente las relaciones de edades de la mineralización.

así como en los límites del bloque en forma de cuña, formado por esta falla con la falla transversal Beta (ver fig. 5.) De este modo las zonas de grietas surgieron tanto en el yacente como en el pendiente de la falla Manacas, en diferentes bloques tectónicos. Aunque las condiciones de formación de las grietas indicadas en estos bloques no eran idénticas, sólo el factor de su manifestación en el bloque pendiente de la falla Manacas tiene una importante significación, él evidencia la posibilidad de descubrimiento de cuerpos minerales nuevos en esta parte.

En la distribución de las concentraciones de cobre en los cuerpos minerales de la serie Matahambre, se establece la misma zonación que en los cuerpos minerales de la serie Ruiseñor. En los horizontes superiores del yacimiento (aproximadamente hasta el nivel 9) en 150-170 m de la superficie, ellos están representados por la serie de las columnas minerales reconcentradas, las cuales se acercan desde la profundidad y forman poco a poco varios cuerpos minerales compactos con grandes concentraciones de cobre. El intervalo vertical de la mineralización más rica alcanza 300 metros (casi hasta el horizonte 21 del yacimiento). Después a medida que se sumerge se verifica la disminución graduada del tamaño de los cuerpos minerales y de las reservas de cobre. En esta parte inferior, los cuerpos minerales estudiados tienen una extensión en la vertical de más de 400 metros.

*Cuerpos minerales en la serie de los Esquistos del Sur.* Forman el tercer grupo, que es la fuente principal de las extracciones contemporáneas de cobre en Matahambre. El cuerpo mineral 44 es el mayor de ellos, el cual no sale a la superficie actual. La parte superior de este cuerpo mineral se encuentra a una profundidad de casi 400 m de la superficie y la inferior alcanza 1 150 m (ver figs. 2 y 5). La extensión vertical de este cuerpo mineral compone casi 750 metros. Otros cuerpos minerales (1, 2, 3, 4, 6, 15, 44B, 46, 55, 59, 63) son de tamaño pequeño y por su condición de localización se diferencian algo del cuerpo mineral 44.

Al igual los cuerpos minerales de los otros grupos, presentan zonas lineales de vetas entrecruzadas y de vetas de estructura complicada, las cuales buzan bruscamente, los largos ejes de ellos frecuentemente tienen una dirección noroeste. Se caracterizan por su gran continuación por el buzamiento (300-800 m), por su considerable espesor (hasta 30-40 m) y por su pequeño tamaño en su dirección (hasta 150 m).

En los horizontes superiores del yacimiento los cuerpos minerales pequeños de este grupo se encuentran

en el bloque en forma de cuña entre las fallas Beta y Alfa, en la zona de contacto de los esquistos del sur con las rocas de la serie Matahambre. Algunos de ellos (por ejemplo el cuerpo mineral 5) desde la profundidad pasa por la serie Matahambre y otros se acuñan a una profundidad de 600 m de la superficie contemporánea.

Todos los otros cuerpos minerales 44, 15, etc.), se encuentran en el bloque encerrados entre las fallas 44, Manacas y Beta (ver figs. 4 y 5). En los horizontes 17-18 del yacimiento, donde primeramente aparecen los cuerpos minerales estudiados, la falla 44 se une a la falla Beta. Aquí en el bloque estrecho en forma de cuña, entre estas fallas se revelan zonas de grietas propicias para sedimentación mineral. En estos horizontes, la falla 44 en el plano se separa de la falla Manacas en una extensión de 450-500 m. Debido a que ella buza hacia el norte más inclinadamente que la falla Manacas, el área del bloque mineral aumenta desde la profundidad gradualmente. Conjuntamente aumenta el tamaño del cuerpo mineral 44 y después aparecen nuevos cuerpos minerales (ver fig. 5). Ya que todos ellos se localizan en la serie de esquistos del sur y buzan en concordancia con ellos, pues se acerca gradualmente desde la profundidad a la falla Manacas; en el horizonte 39 se distribuyen en su pendiente (ver figs. 2 y 5). En los horizontes 40 y 41 del yacimiento los cuerpos minerales de este grupo se concentran en el bloque en forma de cuña, formado por las fallas Manacas y la falla no nombrada de dirección casi latitudinal, la que coincide por su situación con la falla 44.

De este modo, los cuerpos minerales del grupo estudiado en su distribución no limitan con las fallas Manacas y Beta y se encuentran en trampas estructurales favorables formados en la serie de esquistos del sur a ambos lados de estas fallas.

En la distribución de las concentraciones de cobre por la vertical de los cuerpos minerales estudiados se observó la manifestación de la zonación. Aunque los límites entre estas zonas no son claros, ellos pueden ser indicados mediante el análisis de los materiales geológicos del yacimiento. Así los procesos de mineralización más intensivos se manifestaron aquí en el intervalo vertical, cerca de 250 m, a una profundidad de 250-1000 m de la superficie contemporánea, considerablemente mayor que en los cuerpos minerales del primero y segundo grupos.

Las estructuras de los cuerpos minerales es también complicada, en ellas se distinguen verdaderas vetas y zonas de vetas de los minerales macizos, a veces acom-

pañadas de brechas minerales y estériles, venillas de sulfuros e impregnación. Ellos presentan con frecuencia una estructura en forma de bloque y limitan por su dirección con las fallas por estratos. Con la formación de estas fallas frecuentemente está vinculado el surgimiento de zonas transversales de ruptura y brechamiento, las que sirven de "trampas estructurales" de la mineralización. El carácter primario de tales estructuras en forma de bloques de los cuerpos minerales se determina en la mayoría de los casos. Un desplazamiento postmineral considerable no existe, debido a que a ambos lados de las fallas limítrofes los cuerpos minerales tienen un espesor variado y se diferencian por su estructura.

En un breve análisis de las particularidades principales en la distribución espacial de los cuerpos minerales en el yacimiento Matahambre, se observa que está claramente manifestado el control estructural y litológico de la mineralización.

Todos los cuerpos minerales conocidos están localizados en rocas favorables de tres series —Ruiseñor, Matahambre y Esquistos del Sur—. En cada una de estas series ellos forman zonas minerales lineales de vetas entrecruzadas y zonas de vetas compactas, donde se han concentrado reservas importantes de cobre en este yacimiento.

El buzamiento brusco de las rocas y la alteración frecuente en sus perfiles se diferencian por su composición físico-mecánica (areniscas y esquistos), predeterminó el surgimiento de los cuerpos minerales específicos de estructura complicada "escalonados", los cuales tienen una altura pequeña por su dirección (30-150 m), pequeño espesor (1-30 m) y una gran longitud por su buzamiento (700-900 m).

Para todos los cuerpos minerales son más característicos la morfología y estructura complicadas, formadas en el proceso de rellenamiento de las grietas abiertas de las fallas y de las zonas brechosas. Estas estructuras están localizadas en los bloques en forma de cuña entre las grandes grietas de cizallamiento, tales como la falla Manacas o las fallas Ruiseñor pendiente, entre Beta y 44, Manacas y Beta, Beta y Alfa, etc. Estas grandes fallas son anteriores a la mineralización. Ellas no contienen los cuerpos minerales, y tampoco limitan la distribución de la mineralización en el plano y en la vertical. Esta conclusión tiene una significación importante en el estudio de las perspectivas de mineralización del bloque pendiente de la falla Manacas. A diferencia de las trampas estructurales favorables aquí pudieron surgir cuerpos minerales industriales

y no sólo en la serie de los Esquistos del Sur, sino también cerca de la superficie, en las rocas de la serie Matahambre y Ruiseñor.

En la distribución de la mineralización de cobre en el yacimiento se establece una regulación precisa. En la distribución zonal de las concentraciones minerales en los límites de cada serie favorable para la mineralización se establece una profundidad variada en la cual se manifestaron más intensivamente los procesos de formación del mineral. En la parte superior del perfil de la serie Ruiseñor, esta profundidad alcanza alrededor de 200-400 metros de la superficie contemporánea, en la serie intermedia (Matahambre) 300-600 m, y en la inferior (Esquistos del Sur) 750-1000 m; tal distribución de las grandes concentraciones de cobre en los diferentes cuerpos minerales por la vertical, por lo visto, está fundamentado por la situación espacial de las rocas favorables indicadas arriba, pertenecientes a la falla Manacas, los cuales están atravesados por las fallas transversales Alfa-Beta.

El campo minero Matahambre está concentrado en la parte que está alejada del lugar de intercepción de estas fallas a no más de 1 000 m (frecuentemente menos). Debido a que las rocas de la serie Ruiseñor se encuentran cerca de las fallas indicadas en los horizontes superiores del yacimiento en la Serie Matahambre, en los niveles intermedios, en los Esquistos del Sur y en los niveles inferiores, conjuntamente, y las zonas de manifestación máxima de las grietas favorables para la sedimentación mineral en estas series se encuentran a una profundidad variada.

En esto aparece un rol determinado de las estructuras en forma de cruces en el yacimiento Matahambre analizadas arriba, como un control de la mineralización.

*Datos sobre la edad de la mineralización y sobre su profundidad de formación.*

Actualmente no existen datos directos sobre el tiempo de surgimiento de los procesos de formación del mineral en Matahambre. Acerca de esto solamente se puede enjuiciar por medio de las pruebas geológicas, que demuestran la historia de formación de los principales elementos tectónicos de esta región y su interrelación con las formaciones minerales.

En la literatura geológica contemporánea dedicada al yacimiento Matahambre y a la provincia minera Pinar del Río, algunos investigadores (Orobey, 1965; Bogdanov y Miralles, 1965) indican la probable edad jurásico-superior de la mineralización, evidentemente cercana a la edad de las rocas encajantes.



Nosotros opinamos que la mineralización de cobre en Matahambre es considerablemente más joven. Mediante el estudio de la estructura de este yacimiento determinadamente se establece el carácter epigenético de la mineralización por su relación con las rocas encajantes. Como se demostró anteriormente, aquí los cuerpos minerales se localizan, principalmente, en las grietas de tensión, en zonas de trituramiento y brechamiento de las rocas, frecuentemente orientadas perpendicular a su dirección. Los autores observamos que las grandes grietas tectónicas de cizallamiento, tales como Manacas, Beta, Falla 44 y otras, también encajan una mineralización sulfida y sin duda son preminerales por su origen. La ausencia entre ellas de cuerpos minerales industriales, por lo visto, está vinculada con las condiciones desfavorables estructuro-geológicas para la formación del mineral (ausencia de bandas abiertas y otras). En el yacimiento casi siempre se conservan contactos no quebrantados de numerosos cuerpos minerales, en ellos las primeras estructuras de los minerales macizos; las brechas estériles, al igual que las drusas, rellenan lo vacío.

Los desplazamientos postminerales observados son muy pequeños (máximo hasta 15-20 m), como regla, se desarrollan por las grietas que yacían anteriormente o por los planos de estratos de esquistos. Estos y otros datos evidencian que la formación de los cuerpos minerales de Matahambre se verificó después de haberse terminado el plegamiento principal en Pinar del Río.

Es necesario señalar, que en el proceso de formación del mineral se sucedieron diferentes deformaciones tectónicas. La estructura zonal de los cuerpos minerales lo indican. Su parte central, frecuentemente se encuentra formada en la primera etapa, en distintas partes se hallan quebrantados y se cementan con sulfidos y cuarzo de la segunda etapa. Como resultado ocurre un aumento del espesor de los cuerpos minerales y un "aumento" en el buzamiento, levantamiento y dirección. Las más jóvenes, llamadas "brechas estériles" y las venillas de cuarzo y carbonato se desarrollan en los flancos de los cuerpos minerales y en sus salbandas. Ellos forman la zona exterior de estos cuerpos y se vinculan con la manifestación del último estadio de la actividad hidrotermal.

Las particularidades indicadas en la estructura de los cuerpos minerales evidencian el carácter de interrupción del proceso hidrotermal y junto con esto también indican la conservación en la formación de las bandas mineralo-encajantes y de la formación mineral. Ahora no es posible evaluar la falla en tiempo entre algunos

estadios del proceso mineral. Sin duda, él no fue muy largo, ya que se conserva un esquema único de las deformaciones tectónicas. Más frecuentemente, en cada nueva etapa se verificó un nuevo aumento de las estructuras favorables para la formación del mineral elaborado anteriormente y en pocos casos se produjeron nuevas estructuras. Precisamente por esto los autores consideran imposible distinguir las asociaciones minerales en el yacimiento, las cuales se formaron antes de las deformaciones de los pliegues. Según nuestra opinión, todas las formaciones hidrotermales indicadas arriba que pertenecen al yacimiento, tuvieron lugar después del plegamiento fundamental en Pinar del Río.

La cuestión acerca del tiempo de su manifestación, por eso se presenta en primer grado mediante el enjuiciamiento de la edad de mineralización. En esta publicación se ha incluido el artículo de la tectónica de Cuba (Pucharovski, Knipper y Puig Rifá) y de los alrededores de Viñales (Knipper y Puig Rifá). En estos trabajos, al igual que en los artículos de otros investigadores (Hatten, 1951) se demuestra la participación de los sedimentos cretácico superior-eocénicos en los plegamientos que componen la estrecha depresión, la que se encuentra en la zona de transición entre el levantamiento Norte-Pinar y el sinclínorio Viñales. Debido a que el yacimiento Matahambre está localizado en la parte extrema del levantamiento Norte-Pinar, en la zona de intensiva manifestación de las deformaciones de pliegues del eoceno, no es posible imaginarse la conservación de las estructuras originales de los cuerpos minerales de este yacimiento, en condiciones, si él fue formado en el jurásico superior.

Es necesario indicar también, que además de Matahambre y otros yacimientos que se encuentran en los sedimentos del jurásico medio-inferior de la formación San Cayetano, en Pinar del Río, se encuentran manifestaciones hidrotermales de cobre, pertenecientes al sedimento cretácico-superior(?) —eoceno—, las cuales sin duda tienen una edad eocénica o más joven. Actualmente no se poseen datos mineralo-geoquímicos que indiquen la diferencia que existe entre estas manifestaciones y el yacimiento Matahambre, lo que no abre posibilidades para realizar conjeturas sobre la edad variada de la mineralización en esta región.

Acerca del límite de edad superior de la mineralización se pueden hacer solamente suposiciones. Ella es frecuentemente antes-neógeno, debido a que los sedimentos neógenos no presentan huellas de actividades magmáticas o hidrotermal y se relacionan con el nuevo piso estructural.

Los datos dados en nuestro artículo en relación a la estructura del yacimiento Matahambre y las conjeturas indicadas anteriormente nos ayudan a conjeturar, que los procesos minerales en este yacimiento, más probablemente, se verificaron en la etapa final del desarrollo geosinclinal, en el eoceno superior.

De acuerdo con las conjeturas acerca de la edad eocénica de la mineralización, nosotros determinamos la profundidad de formación de los cuerpos minerales de Matahambre. Opinamos que ella se puede evaluar sólo aproximadamente, debido a que los sedimentos cretácico-superior eocénicos no existen en los alrededores del yacimiento y sólo en parte se han conservado en las zonas de transición, considerablemente al sur del mismo.

En varios perfiles, contruidos perpendicularmente a la dirección de los principales elementos tectónicos de Pinar del Río, nosotros levantamos los perfiles y las estructuras de los sedimentos cretácico-superior-eocénicos, existentes sobre el yacimiento durante el período de su formación. En las distintas formas de construcción de estos perfiles, la profundidad de formación de la parte superior de los cuerpos minerales conocidos es de 500-1 500 m. Como ya se indicó anteriormente, en Matahambre los cuerpos minerales se encuentran a distintas distancias de la superficie contemporánea, algunos de ellos están descubiertos por la erosión y otros se han manifestado a una profundidad de 450-600 m. De acuerdo con esto, las cifras obtenidas en su construcción (500-1 500 m) deben ser corregidas por medio de variaciones reales de la profundidad de formación de los cuerpos minerales cercanos. Además, la profundidad máxima de formación de la mineralización en Matahambre pasa de 2 000 m.

En el establecimiento de la extensión vertical de los cuerpos minerales (700-1 000 m) se puede admitir la conservación de los minerales industriales durante la erosión en las partes donde ella no alcanza 2 500-3 000 m. Por eso podemos encontrar nuevos yacimientos ciegos y nuevos cuerpos de mineral en el área donde la erosión postmineral no alcanza más de 500-1 000 m. Tales partes, favorables en la relación estructural, se encuentran en primer orden, cerca de las fallas extremas, que separan a la elevación Norte Pinar del sinclinorio Viñales.

### CONCLUSIONES

En base de las investigaciones realizadas nosotros llegamos a las principales conclusiones siguientes:

1. A diferencia de las conjeturas existentes sobre la edad jurásico-superior del yacimiento Matahambre, según datos nuestros, más probablemente se formó en el eoceno superior, considerablemente después de las rocas encajantes. Este yacimiento pertenece a la clase de yacimientos hidrotermales epigenéticos, formados a una profundidad de 1 500-2 000 m. Teniendo en cuenta la presencia de los minerales de bismuto nativo, la temperatura de las soluciones hidrotermales en el tiempo que se verificó la formación de los cuerpos minerales, no sobrepasa de 270°C.

2. A pesar de que el control magmático de mineralización en Matahambre no está manifestado, las concentraciones minerales, por lo visto, tienen un surgimiento magmático profundo, debido a que se establece, que las fuentes de cobre y otros metales se distribuyeron a profundidades más considerables, por su relación con los cuerpos minerales. Esto en primer lugar, lo evidencia las areolas ampliamente distribuidas de mineralización venosa impregnadas cerca de los cuerpos minerales y la ausencia de síntomas de lixiviación de los metales de las rocas encajantes en la región del yacimiento.

3. En la localización de la mineralización en Matahambre se manifestó claramente el control tectónico. El campo minero está localizado en la parte de intersección de las fallas concordantes y transversales, en la zona de transición entre el levantamiento Norte Pinar y el sinclinorio Viñales. Aquí cambia la dirección del eje de los pliegues y las fallas concordantes, las alteraciones de flexuras están ampliamente desarrolladas en la dirección de las rocas; el agrietamiento transversal, por lo visto refleja alguna diferencia existente entre la estructura profunda de esta parte y el territorio que lo rodea.

Los cuerpos minerales del yacimiento se inclinan hacia el lugar de intersección de la falla Manacas y las fallas Alfa y Beta. Ellos pertenecen a las grietas transversales de la falla y a las zonas de ruptura, formadas en los bloques en forma de cuña entre las grietas de cizallamiento que se unen en la profundidad.

4. En el yacimiento Matahambre el control litológico de mineralización juega un gran papel, acondicionador de la concentración de todos los cuerpos minerales conocidos actualmente en los límites de los tres horizontes productivos; perteneciente a las "series" variadas Ruiñón, Matahambre y Esquistos del Sur. Las areniscas y las alebrolitas, así como los horizontes de interestratificación de estas rocas con los esquistos, son más favo-

rables para la formación de las estructuras propicias para la mineralización y conjuntamente la formación mineral en sus límites. En los esquistos la mineralización se ha manifestado considerablemente peor.

5. La formación mineral se verificó durante el proceso de interrupción, en varias etapas, por medio del rellenamiento de las grietas, de bandas abiertas y de poros en las rocas brechiformes, con la acentuación del significado del desplazamiento metasomático. Para la mayoría de los cuerpos minerales se establece la sincronización de los procesos de deposición mineral con la formación de las zonas de grietas favorables para la mineralización.

6. Como resultado de la unión de los factores tectónicos y litológicos de la mineralización, durante el mecanismo de la deposición mineral arriba indicado, en el yacimiento se formaron las características "estructuras escalonadas" de los cuerpos minerales, predeterminadores de su estructura en forma de columna, teniendo una continuación por su buzamiento de (900 m), en una pequeña extensión en su dirección (hasta 150-200 m) y un espesor (1.25 m).

7. La mayoría de los cuerpos minerales tiene una estructura zonal. Las partes centrales de ellas están compuestas por minerales sulfidos macizos de la primera etapa, solbandas y flancos; son compuestos por brechas minerales de la segunda etapa, y las zonas periféricas por brechas jóvenes cuarzo-carbonatadas y venillas. Tal difusión de las asociaciones minerales, formadas en diferentes etapas del único proceso hidrotermal, está fundamentado por el "desarrollo escalonado"

de las estructuras de grietas favorables a la deposición mineral.

Además de la zonación, en la estructura de los cuerpos minerales, en el yacimiento Matahambre, se manifestó la zonación vertical en la distribución de las concentraciones de cobre. Generalmente se observan tres zonas, la inferior, la media y la superior. La zona media es la más productiva, cuya situación no coincide con el perfil vertical de los cuerpos minerales, localizados en las diferentes series. En la serie más superior (Ruiñeñor) esta zona se distribuye a una profundidad 200-400 m en la intermedia (Matahambre) a una profundidad de 300-600 m y en la inferior (Esquistos del Sur) a una profundidad de 800-1150 m. La unión graduada de los intervalos de la manifestación intensa de los procesos minerales en la falla de las rocas encajantes, por lo visto, está vinculada con su distinta distancia relativamente de las fallas de control Manacas y Alfa-Beta.

8. Los cuerpos minerales más grandes del yacimiento Matahambre, están localizados en el bloque sud-este, formado por la falla Manacas, las fallas Alfa-Beta. Estas fallas sin lugar son premineral y no limitan la distribución de la mineralización en el plano y en la vertical. Precisamente por esto en el pendiente de la falla Manacas, cerca de las fallas Alfa-Beta, en trampas estructurales favorables, pudieron surgir cuerpos minerales industriales y no sólo en la serie de esquistos del Sur (en horizontes inferiores del yacimiento) sino también cerca de la superficie en las rocas de las series Matahambre y Ruiñeñor, lo que es conveniente tener en cuenta durante el proyecto de los futuros trabajos de prospección.



## BIBLIOGRAFIA

1. *Belicov, B. P.*  
Elasticidad y solidez de la composición de las rocas monta-  
ñosas. Trabajos del Inst. Geol. Yacimientos Minerales, Pe-  
trominerales y Geoquímicos, 43, 1961.
2. *Bogdanov Yu. V. Gurianova, V. N. Miralles, M.*  
Notas metalogénicas de los yacimientos de cobre de Cuba.  
Geología No. 11, 1965.
3. *Borodaevskaya, M. B. Borodaevski, N. I.*  
Estructura de minerales del yacimiento Berezovski en el  
Ural Central. Cob-Geología, 1948.
4. *Vologdin, N. F. Frumkina, Y. A.*  
Estructura geológica y yacimientos minerales de la parte  
noroeste de la provincia de Pinar del Río. Original en los  
archivos del I.C.R.M., 1963, La Habana.
5. *Knipper, A. L. Puig Rifá, M.*  
Estructura tectónica de la cordillera de los Organos en la  
región de Viñales (Cuba) y situación en ella de los cuerpos  
serpentiniticos (incluido en el presente Resumen).
6. *Poplavski, I. T.*  
Resumen sobre los resultados de los trabajos geólogo-prospec-  
ción 1962-64 orientados hacia el esclarecimiento de las pers-  
pectivas de los flancos del yacimiento Matahambre, 1964.  
Original, en los Archivos del Instituto de Recursos Minera-  
les, La Habana.
7. *Pucharovski, Yu. M. Knipper, A. L. Puig Rifá, M.*  
Mapa tectónico de Cuba (incluido en el presente resumen).
8. *Pek, A. B.*  
Tectónica de grietas y análisis estructural editado en la  
A. C. de la URSS, Moscú, 1939.
9. *Rozanov, Yu. A.*  
Acerca del papel de las composiciones físicas y mecánicas  
de las rocas montañosas en la localización de la minerali-  
zación mercurio antimonio del sur de Ferganá. Geolog. de  
los minerales, Yac. tipo 5, No. 3, 1963.
10. *Furrazola Bermúdez, G. Yudoley y otros.*  
Geología de Cuba, La Habana, 1964.
11. *Hatten, G. W.*  
Sierra de los Organos, Reporte geológico, 1957.
12. *Stohl, A.*  
Informe del cálculo de reservas de la mina Matahambre.
13. *Orobey, V.*  
Particularidades de la composición geológica del yacimiento  
de Matahambre y sus perspectivas tecnológicas, 3, 1965.
14. *Penabaker, N.*  
Resumen informativo de los trabajos en la región de Mata-  
hambre, años 1931, 1941, 1946.