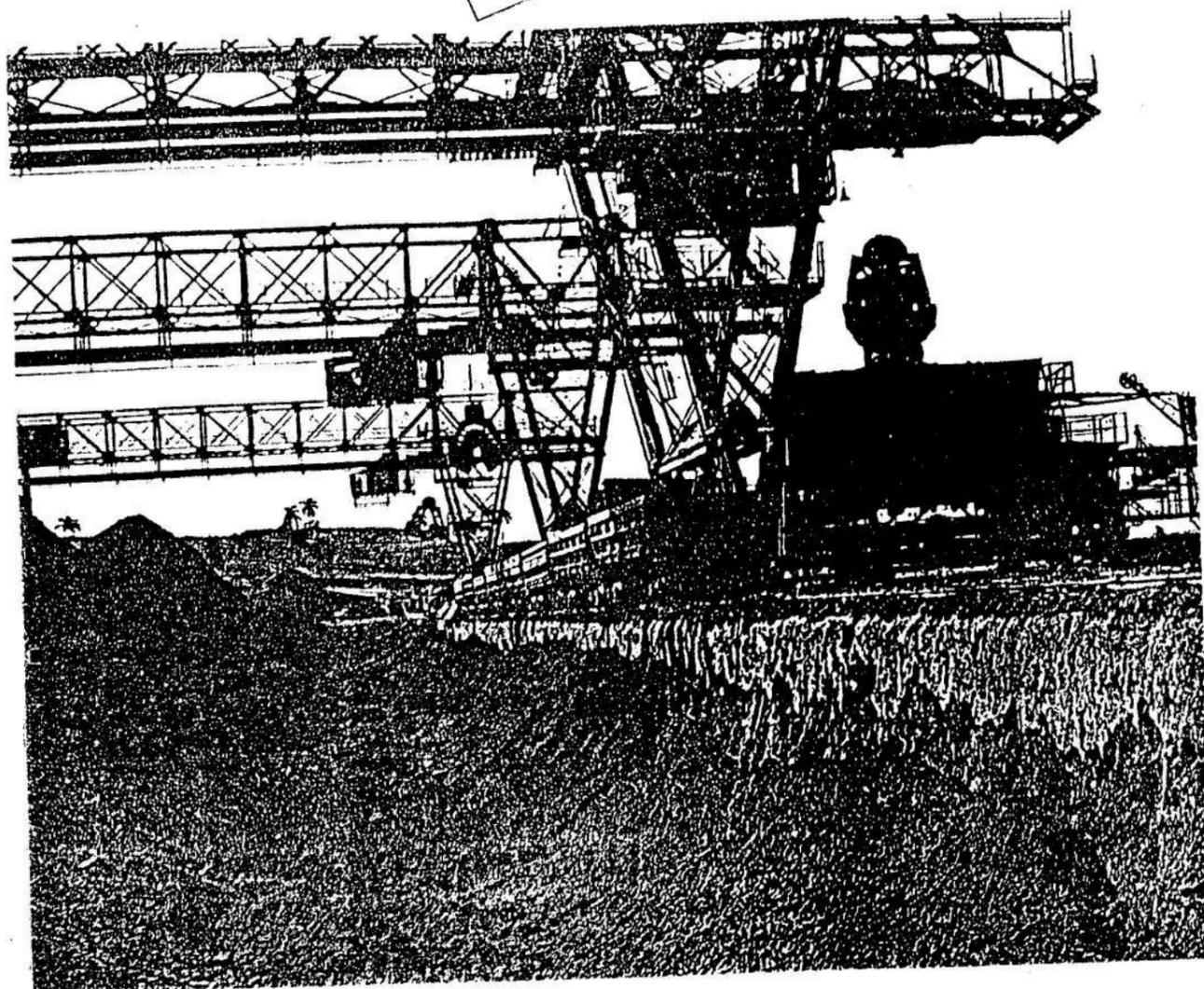


**¡EXCLUSIVO!**

EL CENTRO DE INVESTIGACIONES  
DE LA LATERITA  
le ofrece la posibilidad que Ud. espera



# COMPOSICION DE LAS PULPAS LIMONITICAS DE LA PLANTA COMANDANTE "PEDRO SOTO ALBA" I PARTE

Dra. Aida Almaguer Furnaguera  
Ing. Arisbel Cerpa Naranjo

Empresa Geólogo Minera de Oriente. Universidad de Oriente

## RESUMEN

Se analiza la influencia de la mineralogía en el proceso de sedimentación de la pulpa limonítica, y se toman en consideración otros factores investigados, para lograr el contenido de sólido necesario que influye en la capacidad de la planta de lixiviación y los índices tecnológicos. El análisis de los elementos que aportan las investigaciones demuestran, que los principales factores que influyen en el proceso de sedimentación son: la composición granulométrica, iónica y mineralógica estructural.

La preparación de las pulpas limoníticas, que pasan al proceso de lixiviación, se basa en el lavado y clasificación de partículas por cribado, de donde se obtienen dos fracciones, una limonítica (menor de 83  $\mu\text{m}$ ) y otra denominada rechazo (mayor de 83  $\mu\text{m}$ ) que contiene además fracciones serpentínicas [19,20].

La pulpa cruda entra a los espesadores con un 25 % de sólido y debe salir de ellos con un 47,8 % para que se alcancen buenos índices tecnológicos. El proceso de sedimentación muchas veces se ve afectado porque el contenido de sólido obtenido en las pulpas es menor de un 43 %. Esto ha conllevado a realizar numerosos trabajos investigativos para analizar la afectación de este parámetro y las causas que lo provocan.

Entre los factores investigados con vistas a acelerar el proceso de sedimentación se encuentran, el pH de la pulpa, la sedimentación de tipos de partículas clasificadas, la influencia de los campos magnéticos, eléctricos y de ultrasonido, la agitación previa, los cortadores para romper la estructura volumétrica de la pulpa, los reactivos floculantes y reguladores de la coagulación, los estudios mineralógicos y la composición sustancial de las pulpas. Todas estas investigaciones se han efectuado en períodos de buena y de mala sedimentación.

Los yacimientos que actualmente son minados en la mina Moa para el proceso tecnológico, poseen un grado de estudio bajo que no abarca toda el área de los mismos, por lo que el conocimiento que poseen los tecnólogos sobre la composición mineralógica de las menas que procesan, es pobre.

La influencia de la mineralogía del material que entra al proceso tecnológico es uno de los aspectos más controvertidos, pero el hecho real es que exis-

## ABSTRACT

This paper deals about the mineralogical influence in the sedimentation process of limonitic pulp and it's considerate other factors for obtaining the solid that influence in the capacity of lixiviation plant and the technological index. A review of earlier researches demonstrate that the principal factors that influence in the sedimentation process are granulometric, ionic and structural mineralogic composition.

ten diferencias en la composición mineralógica de las pulpas en períodos de crisis con respecto a períodos normales de sedimentación [3,9,10,16,21].

Las exploraciones geológicas que anteceden a la explotación minera deben brindar la información necesaria sobre la composición mineralógica, que puede ser complementada durante las extracciones en los frentes de cantera. Esto posibilitará conocer qué menas ocasionarán problemas durante el proceso tecnológico.

Estudios realizados sobre la composición granulométrica de las pulpas corresponden a grupos homogéneos amplios, siendo las partículas gruesas las mejores estudiadas [1].

Ponce y otros (1983) llegan a la conclusión de que en las partículas finas de las pulpas predominan los tamaños de grano entre 44 y 30  $\mu\text{m}$ , a diferencia de lo encontrado por B. Plummer (1978) y R. Quintana Puchol (1984), quienes señalan los mayores por cientos por debajo de los 10  $\mu\text{m}$ .

Al comparar la pulpa cruda en ambos períodos (de crisis y normal) con relación al por ciento de partículas, se han obtenido los siguientes resultados:

### Pulpa cruda

Tamaño en $\mu\text{m}$	0-2	2-5	5-10	10-44	44-830	
Acumulado en %	21	32	56	90	100	Período de crisis
Acumulado en %	27	40	68	90	100	Período normal

Como se observa más del 55 % de las partículas de las pulpas corresponden a tamaños menores de 10  $\mu\text{m}$  y sólo el 10 % de ellas está por encima de 44  $\mu\text{m}$ .

Estos datos contradicen lo expresado por J. Marrero (1991) de que en períodos de mala sedimentación

predomina la fracción fina. En trabajos anteriores se obtuvo, que sí existe una reducción de la fracción fina en la pulpa procesada con respecto a la cruda, la que es mayor en períodos de mala sedimentación [3].

#### Pulpa procesada

Tamaño en $\mu\text{m}$	0-2	2-5	5-10	10-44	44-830	Período de crisis
Acumulado en %	13	24	51	84	100	
Acumulado en %	21	34	66	89	100	Período normal

Falcón Hernández (1989) plantea, que uno de los factores más influyentes en el proceso de sedimentación es la composición granulométrica, señalando que esto se debe a que existen relaciones en las clases de tamaños de grano, las cuales hacen disminuir la velocidad de sedimentación de la masa de partículas muy pequeñas, ya que una mayor desintegración de ellas en otras más pequeñas, no necesariamente, por la disminución de su peso y de su velocidad de caída, puede empeorar los resultados, por ejemplo, la sedimentación después del proceso de lixiviación. A esto habría que añadir que son las menas lateríticas, ricas en partículas finas y que no siempre se obtienen malos resultados en el período de sedimentación, como puede observarse en la composición granulométrica de las pulpas de períodos normales.

No obstante, es bueno señalar que los minerales formadores de lamas (arcillosos) e identificados como influyentes en la mala sedimentación son las que poseen menor peso específico.

MINERALES	P.E.
Millerita (SNI)	5,2 - 5,8
Hematita ( $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	5,0 - 5,2
Goethita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )	4,57
Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ )	2,65
Caolinita ( $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	2,58 SVAI - 2
Gibbelta ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )	2,38
Esmectitas	2,0 - 2,60 SVAI - 4

Con más detalle en cuanto a la preferencia geoquímica para diferentes tamaños de partículas, G. Macles (1990) observa que el níquel se encuentra en las fracciones más finas, menores de  $45 \mu\text{m}$ , entre 1,26 y 1,41 % y el cobalto en las fracciones más gruesas, mayores de  $45 \mu\text{m}$ , lo que coincide con nuestros resultados [1]. Macles señala que el magnesio se concentra en los tamaños mayores de  $90 \mu\text{m}$  y el manganeso y aluminio en las partículas menores de  $45 \mu\text{m}$ . Esto entra en contradicción con otros resultados [3], donde se obtiene la siguiente selección geoquímica:

El hierro y el níquel poseen el mismo comportamiento concentrándose en los tamaños menores de  $44 \mu\text{m}$  y, en el resto de las partículas en menor cuantía.

El aluminio, el silicio, el cobalto y el manganeso se concentran en los tamaños mayores de  $44 \mu\text{m}$  hasta los  $830 \mu\text{m}$  estudiados, el aluminio preferentemente, en las mayores de  $74 \mu\text{m}$ .

Este comportamiento se observa tanto en períodos de buena como de mala sedimentación, ob-

servándose sólo diferencias con respecto al cromo, que en períodos de mala sedimentación presenta una cierta concentración de los granos menores de  $44 \mu\text{m}$ , y al magnesio que se concentra con preferencia en los granos mayores de  $30 \mu\text{m}$ .

La adición de pequeñas cantidades de vidrio líquido ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ) y cloruro de magnesio ( $\text{MgCl}_2$ ) mejoran el proceso de sedimentación, lo que fue probado a nivel industrial con buenos resultados [6].

J. Núñez y R. Ramírez (1984) expresaron que el aumento del contenido de magnesio trae aparejado una considerable disminución de la sedimentación, afectando el proceso de lixiviación y provocando una disminución de los por cientos de extracción de níquel y cobalto, además señalan que al aumentar el contenido de aluminio aumenta la velocidad de sedimentación al igual que con la sílice. Esto último es algo contradictorio, en cuanto a composición química puramente de la pulpa, ya que el aumento de los contenidos de gibbsita y caolinita provocan problemas en el proceso de sedimentación.

Los resultados obtenidos por M. Montero (1989) sobre el estudio de la composición química para los espesadores, señalan, que existen variaciones químicas en los diferentes niveles del sedimentador, y que a diferencia del níquel, el manganeso, el sodio, el silicio, el cobalto, el cinc, el potasio, el cobre, el magnesio y el cromo, el hierro se concentra. Esto se atribuye a un mayor peso específico del hierro, lo que debería ocurrir con el níquel y el cromo, ya que desde el punto de vista de la composición estructural de los sólidos de las pulpas, el hierro está contenido en las goethitas (P.E. = 4,28-4,57) que a su vez contienen el níquel y una parte del cromo [1], [12], que además está contenido en las espinelas cromíferas (P.E. = 4,90).

Falcón Hernández y otros (1983) realizan un análisis de la fase líquida de la pulpa, la cual determina las condiciones energéticas superficiales de las partículas, y en específico de los coloides, regulando los procesos de coagulación o dispersión que tienen lugar en los mismos, llegando a la conclusión de que la composición iónica de la fase líquida tiene gran influencia en la sedimentación. Tanto el tipo de agua utilizada como la adición de electrolitos hacen variar la sedimentación.

La interacción sólido-líquido cambia las propiedades superficiales provocando cambios en su potencial cinético, lo cual puede influir en las posibilidades de absorción de las sustancias floculantes [5], [8].

Estudios actuales demuestran que a este factor debe prestarse atención, ya que las partículas finas están constituidas por goethitas con estructuras cristalinas defectuosas o "amorfas", fenómenos que pueden afectar el comportamiento del sólido en la pulpa [1], [2], [3].

Los fenómenos de superficie no pueden verse aislados del tipo mineralógico de mena y de las características coloidales de la pulpa que ella forma, ni tampoco de la posible influencia de las interacciones de diferentes fases mineralógicas entre sí en el proceso de sedimentación.

En el estudio mineralógico de pulpas de mala sedimentación se señala, que la fase fundamental de ellas es la goethita y se obtiene la presencia de gibbsita incluso como fase principal en las partículas mayores de  $44 \mu\text{m}$  [2], [9], [10] y [16].

En su trabajo M. Montero (1989) concluye, que la composición mineralógica de la pulpa dentro del espesador hasta el último nivel de la suspensión, no se comporta igual que en la pulpa de entrada, pero no se dan explicaciones convincentes del por qué de todas estas diferencias.

Los estudios de la composición mineralógica determinan que, además de estas dos fases, el cuarzo y los minerales arcillosos pueden tener influencia en los problemas de sedimentación de las pulpas crudas; esto es debido a los cambios de composición sustancial y mineralógica de las pulpas en períodos de buena y mala sedimentación.

En ambos períodos, la fase goethítica es la componente fundamental de las partículas finas menores de  $44 \mu\text{m}$ , mayoritaria con respecto al volumen de sólido de la pulpa.

D. West (1992) realiza un análisis de las proporciones a "dúos" (gibbsita/goethita) y (caolinita/goethita) adecuadas, que influyen en la sedimentación. Los minerales ligeros (gibbsita) y formadores de lamas (caolinita) deben estar en proporciones más bajas que los minerales pesados. Debe señalarse, que los resultados de las investigaciones mineralógicas de las menas y pulpas, corroboran que la fase mayoritaria es la goethita (mineral pesado) [1], [2], [3], [9], [10] [12] y [16].

Se ha obtenido en trabajos anteriores [2] que no son solamente estos minerales los que componen la pulpa en los períodos de mala sedimentación, a su vez se encuentran otros minerales arcillosos y el cuarzo.

Ferrer (1991) plantea la necesidad de estudiar los mecanismos de intercambio iónico que tienen lugar en las pulpas, y ajustar el modelo matemático que describa el proceso de sedimentación de las partículas en el seno coloidal laterítico.

La influencia de los factores operacionales es destacada por Falcón Hernández y otros (1989) poniéndose de ejemplo el aumento de la velocidad de sedimentación en las zonas de caída libre y de transición del por ciento de sólido en el producto espesado.

Es de destacar la importancia de esta reflexión, ya que influencias negativas provocadas por disciplinas tecnológicas, pueden falsear las conclusiones investigativas en un momento dado.

## CONCLUSIONES

Los trabajos investigativos realizados hasta la fecha, sobre los diferentes factores que influyen en el proceso de sedimentación, no dan solución a los problemas que afectan a la planta de níquel "Pedro Soto Alba". Estos trabajos están basados fundamentalmente en factores aislados o contemplan sólo una parte del proceso de sedimentación.

Los yacimientos minados no cuentan con estudios mineralógicos detallados, ni se ha estudiado a profundidad la influencia de este factor en todo el proceso de sedimentación.

Está claro que sigue siendo determinante el estudio profundo de la influencia de la composición granulométrica de la fase sólida y la composición iónica de la fase líquida en la velocidad de sedimentación de la pulpa limonítica, a lo que hay que añadir la composición mineralógica y el estudio estructural, que tienen gran influencia en las propiedades de superficie, o sea, en el comportamiento del sólido en la pulpa limonítica.

## BIBLIOGRAFIA

- ALMAQUER, F.A.: "Mineralogía de las cortezas de intemperismo lateríticas de las rocas ultramáficas de la provincia de Holguín", Tesis doctoral, EGMO, Santiago de Cuba, 1989.
- : "Informe parcial sobre la tarea no.2 del tema investigativo de las lateritas", EGMO, Santiago de Cuba, 1993.
- : "Nuevo esquema para las investigaciones analíticas integrales de la composición mineral", Tarea no. 2. Proyecto en ejecución, EGMO, Santiago de Cuba, 1993.
- BLANCO, J.: "Mineralogía de las lateritas del sector Atlántico de Moa", Trabajo de diploma, ISMM, Moa, 1985.
- FALCÓN HERNÁNDEZ, J.: "Consideraciones sobre la sedimentación de la pulpa limonítica en la planta Pedro Soto Alba", *Rev. Minería y Geología*, no. 2, 1983.
- y otros: "Sedimentación de la pulpa cruda en la empresa Pedro Soto Alba", *Primer coloquio científico político*, ISPJAM, sept., Santiago de Cuba, 1989.
- FERRER, E.: "Estudio de sedimentación del mineral laterítico en los espesadores de la fábrica Pedro Soto Alba", Trabajo presentado en el Seminario Internacional de Tecnología de Lixiviación Ácida de Minerales Lateríticos, nov., Moa, 1991.
- GARCEL, L. y A. CERPA: "Caracterización reológica de las pulpas limoníticas de Moa", *Rev. Tecnología Química*, no. 1, ISPJAM, Santiago de Cuba, 1992.
- MACLES, G.: "Caracterización mineralógica de la pulpa limonítica de los espesadores de la empresa Pedro Soto Alba (II)", Trabajo de diploma, ISMM, Moa, 1990.
- MARRERO, J.: "Caracterización mineralógica de pulpas crudas en la ECPSA", Trabajo de diploma, ISMM, Moa, 1991.
- MATOS SANCHEZ, K.: "Valoración general de la composición mineralógica del sector Yamanigüey", Trabajo de diploma, ISMM, Moa, 1984.
- MONTERO, M.: "Algunas consideraciones acerca del espesamiento de la pulpa en el proceso metalúrgico", Trabajo de diploma, ISMM, Moa, 1989.
- NUÑEZ, J. y R. RAMÍREZ: "Estudio del Mg, Al, SiO<sub>2</sub> y su influencia en la sedimentación en los espesadores de pulpa haciendo perfiles de Mg y pH", Trabajo de diploma, ISMM, Moa, 1984.
- OSTROUMOV, V.M.; A.L. ROJAS y O. SANCHEZ: "Estudio de la composición mineralógica de las lateritas de Moa por el método de difracción de Rx", *Rev. Minería y Geología*, no. 1, 1985.
- OSTROUMOV, M. y A.L. ROJAS: "Caracterización mineralógica de las lateritas del sector Atlántico, Mina Moa", *Rev. Minería y Geología*, no. 1, 1987.
- PONCE, N.; N. HERNÁNDEZ y G. INFANTE: "Posible influencia de la composición mineralógica en la sedimentación de la pulpa cruda de Moa", *Rev. Minería y Geología*, no. 3, 1983.
- PLUMMER, B.: "Influencia de la fracción 325 en los espesadores", Trabajo de diploma, ISMM, Moa, 1978.
- QUINTANA PUCHOL, R. y R. GONZÁLEZ: "Estudio de la pulpa cruda del mineral laterítico del yacimiento de Moa (I).

Análisis granulométrico", *Rev. Minería y Geología*, no. 3, 1984.

19. ROJAS, L.; A. CARBALLO y E. MATOS: "Valoración mineralógica-económica del material de rechazo de la planta de preparación de pulpa del yacimiento Moa", *Rev. Minería y Geología*, vol. 10, no.2, 1993.

20. SAM POLANCO, C.: *Informe sobre la caracterización del mineral rechazado en la planta de pulpa*, Empresa "Pedro Soto Alba", Moa, 1991.

21. WEST, D.: "Homogenización del mineral limonítico del norte oriental, así como la influencia de este en la sedimentación de la pulpa limonítica de la empresa Pedro Soto Alba", *Trabajo de diploma*, ISMM, Moa, 1992.

# LAS PARAGENESIS MINERALES DEL YACIMIENTO POTOSI Y SU SUCESION GENETICA

Ing. José Nicolás Muñoz Gómez

Departamento de Geología, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa

*¡Todo lo que usted necesita saber sobre protección y uso racional de los recursos!*

En el Instituto Superior Minero Metalúrgico funciona el Centro de Estudios de Protección y Uso Racional de los Recursos Naturales, el cual le ofrece:

- Cursos de post-grado
- Entrenamientos
- Consultorías
- Maestrías
- Evaluación del terreno
- Ensayos de laboratorio
- Asistencia técnica
- Proyectos de Ingeniería Ambiental

*Visítenos y disfrutará del cálido sol caribeño*

## RESUMEN

Se analizan las paragénesis localizadas en el yacimiento de menas cromíferas Potosí, asociado al complejo ofiolítico cerca de Moa, Holguín, Cuba. A través de la microsonda electrónica y por microscopía de menas se identificó la composición mineralógica de los diferentes minerales metálicos en las espinelas cromíferas, entre ellos: rutilo, laurita-erlichmanita, pirrotina, calcopirita, pentlandita y heazlewoodita. En sentido general, al analizar la sucesión de segregación de los minerales se identificaron cuatro paragénesis. Finalmente se analiza la formación del yacimiento, a través de un esquema teórico de la sucesión genética de sus paragénesis.

Las paragénesis minerales del yacimiento Potosí se analizaron y establecieron con profundidad, incluyendo una rigurosa identificación analítica de los minerales componentes de las mismas (J. Muñoz, M. Campos; 1992). Como resultado del análisis textural-estructural de las menas en conjugación con la distribución espacial de los minerales metálicos, se distinguen las paragénesis minerales siguientes:

### PARAGENESIS A

Cromita - (I)  
Rutilo - (I) (cristales idiomórficos aciculares) (descomposición de soluciones sólidas)  
Rutilo - (II) (cristales xenomórficos en microgrietas)

### PARAGENESIS B

B-1 Cromita-magnocromita (cromita - I)  
Laurita-erlichmanita (independiente en las espinelas cromíferas)  
B-2 Alumo-cromopicotita (cromita - I)  
Pentlandita (I)  
Pirrotina  
Calcopirita  
Pirita  
Laurita-erlichmanita

Todos los sulfuros presentes se localizan en los sistemas de grietas y microgrietas en las espinelas cromíferas, con las excepciones señaladas.

### PARAGENESIS C

Cromita (I)  
Pentlandita (I)  
Laurita-erlichmanita  
Heazlewoodita  
Mackinawita

## ABSTRACT

This paper includes the main paragenesis located in the Potosí chromium ore deposit associated with the ophiolite complex, near Moa, Holguín province, Cuba. Electron microprobe analyses and ore microscopy have revealed a mineralogical composition of different metallic minerals in the chromites spinels, such as: rutile, laurite-erlichmanite, pyrrhotite, chalcopyrite, pentlandite and heazlewoodite. In broad terms, the sequence mineral depositions indicate the existence of four paragenesis. Finally, the formation of Potosí ore deposit has been analysed.

### PARAGENESIS D

Cromita (II)  
Pentlandita (II)  
Plagioclasas básicas  
Clinopiroxenos  
Uvarovita  
Minerales del grupo de la serpentina

En el trabajo se relaciona cada paragénesis con los diferentes estadios de mineralización, éstas se ubican en el esquema de consecutividad, especificándose las dos fases de mineralización magmática y durante el proceso de serpentinización del complejo ultramáfico. Basándose en toda la información obtenida se elaboró el esquema teórico de formación de las menas cromíferas del yacimiento Potosí.

## ANALISIS ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS PARAGENESIS MINERALES

### Paragénesis A

La integran las espinelas cromíferas propiamente dichas, con las inclusiones de rutilo-I ( $\text{TiO}_2$ ), bien en forma de cristales idiomórficos aciculares o en descomposición de solución sólida. En este último caso el rutilo-I se manifiesta por finísimos trazos en las espinelas cromíferas. Se incluye en esta paragénesis el rutilo-II, xenomórfico, y ubicado en los sistemas de microgrietas, temporalmente constituye una formación posterior. En las secciones pulidas analizadas por microscopía de menas, el rutilo idiomórfico se localiza sin alineación preferente, exceptuando algunas microgrietas donde al estar éstas rellenas con sulfuros, los cristales se disponen paralelos a las direcciones de las mismas, no constituyendo esto una regularidad.