

| | |
|--|----|
| Mijail Ostroumov N. , Luis Rojas P. y Jesús Blanco M. : MINERALOGICAL CHARACTERIZATION OF THE LATERITES OF THE ATLANTIC SECTOR OF MOA | 3 |
| Rafael Guardado L. y José Toll M. : TASKS SET FOR ENGINEERING-GEOLOGICAL RESEARCH WORKS FOR REGIONAL PLANNING AND ITS RELATION WITH ENVIROMENTAL PRESERVATION | 21 |
| Jesús Ortiz B. , Vladimir Alekcandrovich K. y Vera Vacilevna L. : PHASE THERMOMAGNETIC ANALYSIS OF PRODUCTS FROM THE NICKEL-AND-IRON OXIDES COMBINED | 35 |
| Antonio Chang C. y Mercedes Sosa M. : CONSIDERATIONS ON THERMODYNAMICS OF THE AMMONIACAL-CARBONATE LEACHING PROCESS | 41 |
| Angel Pérez R. : STUDY OF THE HYDRODYNAMIC AND MASS TRANSFERENCE CHARACTERISTICS OF WINGED-CONICAL CONTACT BODIES | 59 |
| Roberto Sierra P. : ANALYSIS OF THE EXPLOITATION OF THE TRASPORTATION EQUIPMENT OF THE GRAVEL-SAND PROCESING FACILITIES IN THE CONSTRUCTION MATERIALS INDUS - TRY IN MOA | 71 |
| Allan Pierre C. : THE APPLICATION OF LASER SPECTRAL MICRO-ANALYSIS IN THE STUDY OF Ni + Co SULPHIDE PRECIPITATES | 83 |

CDU: 553.31 (729.16)

Caracterización mineralógica de las lateritas del sector Atlantic, mina Moa

Ing. Mijail N. Ostroumov, Instituto de Minas de Leningrado, Ing. Luis Rojas P. , Ing. Jesús Blanco M. , Instituto Superior Minero Metalúrgico .

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivos realizar una valoración general de los minerales presentes en la corteza de intemperismo del sector Atlantic de la mina de Moa; además exponer criterios sobre la concentración de las fases minerales por fracciones granulométricas. Para esto se utilizaron los resultados obtenidos por técnicas de difracción de rayos-X, ensayos térmicos, análisis granulométricos y análisis químicos en muestras representativas de las rocas presentes en el yacimiento Moa.

ABSTRACT

This work pursues the objective of carrying out a general assessment of mineral ores present in the weathering crust of the Atlantic sector of the lateritic in Moa. It also puts forth criteria about the concentration of mineral phases by granulometric fractions. For this purpose, the results obtained from x-ray diffraction techniques, thermal experiments, granulometric and chemical analyses which were run on representative samples of rocks from the aforesaid deposits, were used.

INTRODUCCION

El sector Atlantic de la mina Moa ubicada en la parte nordeste de la provincia Holguín, ocupa un área de 40 Km² en el cual se ha desarrolla-

do y conservado una potente corteza de intemperismo laterítica bastante homogénea, que puede alcanzar una potencia de 20 a 30 m . Las características geológicas de esta área

fueron estudiadas por Adamovich . 1963 [1] Finko. 1967 [6] ; Sosa en 1978 [14] y Blanco 1985 [2] .

El área Atlantic es la continuación meridional del sector Yamanigüey , las menas lateríticas de níquel de esta área representan un depósito único, continuo, y tiene una estructura geológica regular sin grandes complicaciones, considerándose por sus características geólogo-geomorfológicas tan homogéneas como un sólo bloque geomorfológico por Sosa [14] 1978.

La valoración mineralógica se realiza basándose, fundamentalmente, en los resultados obtenidos a través del análisis por difracción de rayos - x y ensayos térmicos a que fueron sometidas muestras representativas de los diferentes horizontes de tres cortes: AH₅₁ (situado al NW del sector) ; AN (situado al centro del sector) y AG₁₁ (situado al SE del sector Atlantic). Además se aportan datos de análisis granulométricos y análisis químicos parciales que completan mejor el estudio de los minerales; pudiéndose establecer las fases minerales principales y secundarias por horizonte y por cada corte, así como las fracciones granulométricas donde tienden a concentrarse las distintas fases minerales.

Materiales y métodos de investigación utilizados

En este trabajo se estudiaron tres cortes principales (AH₅₁, AN y AG₁₁) del sector Atlantic en el yacimiento Moa. Las muestras fueron tomadas

puntualmente de cada uno de los horizontes presentes en los frentes de explotación o puntos aledaños , tratándose de obtener una representación completa de cada corte, con las muestras más representativas de cada horizonte.

El principal método de investigación empleado fue el análisis por difracción de rayos- x, mediante el cual se obtuvieron 44 difractogramas de las diferentes fracciones granulométricas de las muestras de lateritas, las cuales fueron investigadas con el goniómetro alemán del tipo HZG-4 en un generador de alto voltaje TUR M - 62, según un régimen de trabajo empleado de 40 - 30 Kv y una corriente de 16 - 20 ma , utilizando radiación de Co , para este método las muestras se prepararon según metodología propuesta por Grin [7] .

Se realizaron además ensayos térmicos, análisis microgranulométricos y análisis químicos parciales de las muestras (tabla 1 y 2) .

Las separaciones microgranulométricas se ejecutaron mediante el método de tamización (según tamiz de 80 micras) y levigación (según metodología propuesta por Callis [5] y más ampliada por Quintana Puchol [13] , empleándose una botella de sedimentación con una altura de 17 cm y un diámetro de 12 cm ; obteniéndose de cada muestra tres fracciones granulométricas : + 80 micras , + 20 - 80 micras , - 20 micras .

Separándose magnéticamente las fracciones a) y b).

TABLA 1 RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS PARCIALES

| Muestra | Horizonte que representa | Oxidos del componente | | | |
|--------------------|--------------------------|--------------------------------|-------|-------|----------|
| | | Fe ₂ O ₃ | MgO | NiO | CoO |
| AG ₁₁ A | serpentinitas | 8,14 | 37,5 | 0,53 | 0,004 4 |
| AH ₅₁ A | " | 8,20 | 38 | 3,7 | 0,002 5 |
| AG ₃₁ A | " | 10,40 | 33,75 | 3,37 | 0,005 7 |
| AG ₁₁ C | serpentinitas blandas | 12,7 | 30,8 | 3,72 | 0,000 5 |
| AH ₅₁ C | " | 12 | 28 | 1,62 | 0,148 |
| AG ₃₁ C | " | 64,7 | 27,70 | 2,89 | 0,004 4 |
| AG ₁₁ f | ocres | 63,8 | 3,5 | 1,58 | 0,016 |
| AH ₅₁ G | " | 71 | 3,3 | 1,75 | 0,005 |
| AG ₃₁ f | " | 67,14 | 5,4 | 2,43 | 0,007 6 |
| AH ₅₁ K | Concreciones | 66,85 | 2,29 | 1,145 | 0,000 64 |
| AG ₃₁ H | " | 63,00 | 1,25 | 0,985 | 0,007 75 |
| AG ₁₁ O | " | 65 | 1,895 | 0,775 | 0,000 25 |

TABLA 2 COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO POR HORIZONTE

| Horizontes | Oxidos del componente | Fe ₂ O ₃ | MgO | NiO | CoO |
|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------|-------|----------|
| serpentininitas frescas | | 8,913 | 36,41 | 2,53 | 0,004 2 |
| serpentininitas alteradas | | 12,35 | 29,40 | 2,67 | 0,074 2 |
| ocrés | | 65,47 | 4,45 | 2,005 | 0,011 8 |
| concreciones | | 64,95 | 1,81 | 0,963 | 0,002 88 |

Los análisis químicos se realizaron en los laboratorios de Química Proceso de la Facultad de Metalurgia, obteniéndose los contenidos de Fe, Ni, Co y Mg para muestras representativas de cada corte y sus distintos horizontes.

Los ensayos térmicos se realizaron en un Derivatógrafo Húngaro del tipo MOM, con registro gráfico, utilizando Al₂O₃ como patrón de referencia en una atmósfera de aire estático con temperatura máxima de 1 000 °C y una velocidad de calentamiento de 10 °C/min; DTA - 100; DTG - 1 y S - 200 mg. Aquí se procesaron siempre las fracciones de mayor interés, la más monomineral, que generalmente es la más fina (- 20 micras).

Resultados y discusión

La etapa inicial de preparación de las muestras, para ser tratadas posteriormente con las técnicas instrumentales, consistió en las separaciones granulométricas y magnéticas. De los análisis microgranulométricos (tabla 3) se puede deducir:

- Para el horizonte serpentinitico, las separaciones granulométricas de las rocas por el método de levigación no son efectivas (utilizando como disolvente agua destilada), pues los resultados obtenidos no permiten establecer una tendencia granulométrica, esto se explica por el alto grado de compactación que presentan las serpentinitas frescas y lo muy alteradas que se encuentran en muchos casos las serpentinitas blandas o lixiviadas. Para las rocas de estos horizontes se deben

emplear otros disolventes (utilizando reactivos químicos que no alteren la composición mineral); además deben combinarse con estudios petrográficos, para determinar con más exactitud la clase de tamaño granulométrico de los minerales que componen estas rocas y explicar mejor las alteraciones sucesivas que van sufriendo los minerales que la componen.

- En el horizonte de ocrés la granulometría predominante es la fracción 20 micras, donde alcanza valores mayores de 45 % en peso de la muestra.

- En el horizonte superior, las concreciones y la granulometría del material laterítico aumenta de tamaño y ya aquí la fracción predominante es la de + 80 micras que alcanza valores de 60 % en peso de la muestra.

En la valoración mineralógica realizada, principalmente mediante el análisis de los resultados de la difracción de rayos-x (tabla 4, 5 y 6) para cada uno de los horizontes se establece:

El horizonte de serpentinitas frescas de las fases minerales principales está entre dos variedades estructurales del grupo de la serpentinita: antigorita y lizardita, según los reflejos: 7,29-7,34 A⁰; 3,62-3,63 A⁰; 2,49-2,51 A⁰. Es posible que las muestras naturales con las mezclas de estas fases, además crisotilo, con reflejos próximos a los anteriores.

En diferentes fracciones como componente constante se detecta la fase

TABLA 3 RESULTADOS DE LAS SEPARACIONES MICROGRANULOMETRICAS DE LATERITAS DEL SECTOR ATLANTIC

| Muestras | Horizonte que representa | Valores de fracciones de muestra en % en peso | | |
|--------------------|--------------------------|---|---------------|-------------|
| | | - 20 micras | +20-80 micras | + 80 micras |
| AH ₅₁ A | serpentinitas | | | |
| AG ₁₁ A | frescas | 4 | 10 | 86 |
| AG ₃₁ A | | 4,26 | 10,64 | 85,11 |
| AN ₁ | serpentinitas | 13,41 | 20,62 | 65,98 |
| AH ₅₁ C | alteradas | 27,78 | 68,19 | 4,04 |
| AG ₁₁ C | | 12,25 | 13,27 | 74,49 |
| AH ₅₁ G | | 50,54 | 43,01 | 6,46 |
| AN ₃ | | 85,22 | 13,89 | 0,89 |
| AN ₄ | ocres | 74,32 | 24,09 | 1,59 |
| AN ₅ | | 83,72 | 15,78 | 0,60 |
| AN ₆ | | 46,86 | 21,42 | 31,73 |
| AH ₅₁ K | concreciones | 9,09 | 30,31 | 60,61 |

TABLA 4 RESULTADOS DE LOS ANALISIS ROENTIGENOFASICOS DE FRACCIONES DE MUESTRAS PRINCIPALES DEL CORTE AN

| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | |
|------|-----|-------|-----|------|----|------|----|------|----|------|-----|-------|-----|------|----|------|-----|
| d | I | d | I | d | I | d | I | d | I | d | I | d | I | d | I | d | I |
| 8,49 | 2 | 14,16 | 0,3 | | | | | 14,2 | 6 | | | 10,91 | 1,2 | | | | |
| 7,34 | 10 | 7,24 | 10 | 7,36 | 10 | 7,26 | 10 | | | | | | | | | | |
| 5,28 | 2,2 | | | | | | | 7,10 | 7 | 4,86 | 2 | 4,89 | 3 | 4,85 | 4 | 4,98 | 1 |
| 4,70 | 1,2 | 4,73 | 1,2 | | | | | 4,72 | 9 | | | 4,71 | 0,9 | | | | |
| 4,62 | 1 | | | 4,62 | 7 | 4,56 | 8 | | | | | | | | | | |
| 3,63 | 5,5 | 4,20 | 1,8 | | | | | | | 4,14 | 10 | 4,16 | 10 | | | 4,18 | 10 |
| 3,36 | 2,4 | 3,62 | 9 | 3,64 | 10 | 3,61 | 8 | | | | | 3,67 | 1 | | | | |
| 3,26 | 2,2 | 3,44 | 0,6 | | | | | 3,54 | 10 | | | | | | | 3,38 | 1 |
| 2,87 | 1,4 | 3,03 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,68 | 0,8 | 2,84 | 0,7 | 2,65 | 4 | 2,62 | 6 | 2,87 | 6 | | | | | 2,97 | 7 | | |
| | | 2,69 | 1,2 | | | | | 2,59 | 1 | 2,68 | 3 | 2,69 | 5,5 | | | 2,69 | 3 |
| 2,51 | 2,2 | 2,51 | 3 | 2,50 | 8 | 2,48 | 6 | 2,55 | 2 | 2,57 | 1,5 | | | | | 2,58 | 0,8 |
| | | 2,44 | 1,2 | | | 2,42 | 6 | 2,45 | 2 | 2,51 | 3 | 2,51 | 2,5 | 2,53 | 10 | 2,52 | 0,4 |
| | | | | 2,30 | 2 | | | 2,40 | 5 | | | | | | | 2,49 | 1,6 |
| | | | | 2,15 | 6 | 2,11 | 3 | 2,27 | 2 | 2,43 | 7,5 | 2,46 | 3 | | | 2,45 | 2,5 |
| | | 2,00 | 0,4 | | | | | | | 2,24 | 1,5 | 2,43 | 6 | | | | |
| | | | | 1,74 | 4 | | | | | 2,19 | 1,5 | 2,18 | 2 | | | 2,19 | 2 |
| | | | | | | 1,68 | 4 | | | | | | | | | | |
| 1,53 | 2,2 | | | | | | | | | 1,71 | 4,5 | 1,68 | 2 | 2,10 | 7 | 1,72 | 2 |
| | | | | 1,53 | 7 | | | | | | | | | 1,71 | 8 | | |
| | | | | 1,50 | 6 | | | | | 1,47 | 2 | 1,44 | 1,5 | 1,61 | 8 | 1,50 | 1 |
| | | | | | | | | | | | | | | 1,48 | 8 | | |

1. Muestra AN₁ (serpentina fresca - 20 micras)
2. Muestra AN₂ (serpentina alterada - 20 micras)
3. lizardita (Brown, 1965)
4. nepovita (Mijeev, 1957)
5. clorita (Shirozov, 1958)

6. Muestra AN₄ (Ocres - 20 micras)
7. Muestra AN₇ (concreciones - 20 micras)
8. magnetita (ASTM)
9. goethita (ASTM)

TABLA 5 RESULTADOS DE LOS ANALISIS ROENTIGENOFASICOS DE FRACCIONES DE MUESTRAS PRINCIPALES DEL CORTE AG₁₁

| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | |
|------|-----|------|-----|------|----|------|----|-------|-----|------|-----|------|----|------|----|------|-----|
| d | I | d | I | d | I | d | I | d | I | d | I | d | I | d | I | d | I |
| 7,31 | 10 | 9,43 | 0,8 | 7,36 | 10 | | | 12,29 | 1,5 | | | | | | | 4,98 | 1 |
| | | 7,31 | 10 | | | 7,26 | 10 | 10,69 | 1,8 | | | | | 4,85 | 4 | | |
| | | 6,51 | 1 | | | | | 5,98 | 1,2 | 4,84 | 6,4 | | | | | | |
| 4,62 | 2,5 | 5,85 | 0,8 | 4,62 | 7 | | | | | 4,36 | 1,6 | | | | | | |
| | | 5,14 | 0,7 | | | 4,56 | 8 | 4,27 | 9 | | | | | | | | |
| 4,21 | 2 | 4,57 | 1,2 | | | | | 4,16 | 10 | 4,16 | 6,8 | | | | | 4,18 | 10 |
| 3,65 | 7,5 | 4,21 | 0,7 | 3,64 | 10 | 3,61 | 8 | | | 3,67 | 4 | 3,66 | 2 | | | | |
| 3,24 | 1,5 | 3,65 | 5,5 | | | | | 3,35 | 9 | 3,36 | 1,2 | | | | | 3,38 | 1 |
| 3,15 | 1,5 | 3,41 | 0,7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,09 | 1 | | | | | | | 2,94 | 2 | 2,94 | 0,9 | | | 2,97 | 7 | | |
| 2,96 | 2 | | | 2,65 | 4 | 2,62 | 6 | | | | | | | | | | |
| | | 2,83 | 0,7 | | | | | 2,68 | 6 | 2,69 | 10 | 2,69 | 10 | | | 2,69 | 3 |
| 2,50 | 2,5 | 2,50 | 0,5 | 2,50 | 8 | 2,48 | 6 | 2,52 | 3 | 2,50 | 6,4 | 2,51 | 5 | 2,53 | 10 | 2,52 | 0,4 |
| 2,45 | 3,5 | | | | | 2,42 | 6 | | | | | | | | | 2,49 | 1,6 |
| 2,36 | 1 | 2,21 | 0,8 | 2,30 | 2 | | | 2,43 | 8 | | | | | | | 2,45 | 2,5 |
| 2,17 | 1,5 | 2,15 | 1 | 2,15 | 6 | 2,11 | 3 | 2,23 | 2 | 2,23 | 1,8 | | | | | | |
| | | | | | | | | 2,18 | 1,6 | 2,19 | 2,5 | 2,20 | 3 | | | 2,19 | 2 |
| | | | | 1,74 | 4 | | | 2,12 | 1,2 | 1,83 | 2,0 | 1,84 | 4 | 2,10 | 7 | | |
| | | | | | | 1,68 | 4 | 1,71 | 2 | 1,75 | 0,9 | 1,69 | 6 | 1,71 | 8 | 1,72 | 2 |
| | | | | | | | | 1,69 | 2 | 1,68 | 4,8 | | | 1,61 | 8 | | |
| 1,53 | 2,5 | | | 1,53 | 7 | | | 1,50 | 1 | 1,50 | 1,2 | | | | | 1,50 | 1 |
| | | | | 1,50 | 6 | | | 1,48 | 1 | 1,49 | 3,2 | 1,48 | 4 | 1,48 | 8 | | |

1. Muestra AG₁₁ A (serpentinita fresca - 20 micras)
2. Muestra AG₁₁ C (serpentinita alterada)
3. lizardita (Brown, 1965)
4. nepovita (Mijeev, 1957)

5. Muestra AG₁₁ f (Ogres, magnetita)
6. " (concreciones)
7. Hematita (ASTM)
8. magnetita (ASTM)

TABLA 6 RESULTADOS DE LOS ANALISIS ROENTIGENOFASICOS DE FRACCIONES DE MUESTRAS PRINCIPALES DEL CORTE AH₅₁

| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | |
|------|-----|------|-----|------|----|------|----|------|-----|------|-----|------|----|------|-----|
| d | I | d | I | d | I | d | I | d | I | d | I | d | I | d | I |
| | | 9,13 | 0,7 | | | | | | | | | | | | |
| | | 8,67 | 0,4 | | | | | | | | | | | | |
| 7,29 | 10 | 7,26 | 10 | 7,26 | 10 | 7,36 | 10 | 4,98 | 2 | | | | | 4,98 | 1 |
| 4,55 | 0,5 | 4,60 | 0,7 | 4,56 | 8 | 4,62 | 7 | 4,84 | 6,5 | | | 4,85 | 4 | | |
| | | 4,47 | 0,4 | | | | | | | | | | | | |
| | | 4,20 | 1 | | | | | 4,17 | 10 | 4,17 | 10 | | | 4,18 | 10 |
| 3,17 | 0,5 | 3,26 | 0,4 | | | | | 3,38 | 2 | 3,38 | 1,2 | | | 3,38 | 1 |
| 2,92 | 0,5 | | | | | | | 3,22 | 2,5 | | | | | | |
| 2,83 | 0,3 | | | | | | | 3,03 | 2 | | | 2,97 | 7 | | |
| 2,70 | 0,3 | | | | | | | | | 2,93 | 0,5 | | | | |
| | | | | 2,62 | 6 | 2,65 | 4 | 2,68 | 2,5 | 2,68 | 3,5 | | | 2,69 | 3 |
| 2,49 | 1,2 | 2,51 | 1,2 | 2,48 | 6 | 2,50 | 8 | | | 2,57 | 1 | | | 2,58 | 0,8 |
| 2,43 | 1,5 | 2,45 | 0,5 | 2,42 | 6 | | | 2,51 | 2,5 | 2,52 | 3 | 2,53 | 10 | 2,52 | 0,4 |
| | | | | | | 2,30 | 2 | 2,44 | 6 | 2,44 | 6 | | | 2,49 | 1,6 |
| 2,14 | 1,6 | 2,15 | 0,5 | 2,11 | 3 | 2,15 | 6 | 2,24 | 3 | 2,24 | 1,5 | 2,10 | 7 | 2,45 | 2,5 |
| | | 1,81 | 0,7 | | | | | 2,19 | 3 | 2,17 | 1,5 | | | 2,19 | 2 |
| | | 1,76 | 0,4 | | | 1,74 | 4 | 1,76 | 2 | 1,83 | 1 | | | | |
| | | | | 1,68 | 4 | | | | | 1,71 | 1,8 | 1,71 | 8 | 1,72 | 2 |
| | | 1,54 | 0,5 | | | | | | | 1,60 | 0,3 | 1,61 | 8 | | |
| | | 1,53 | 0,5 | | | 1,53 | 7 | | | 1,49 | 1 | 1,48 | 8 | 1,50 | 1 |
| | | | | | | 1,50 | 6 | | | | | | | | |

1. Muestra AH₅₁ A (serpentinita fresca + 80 micras)
2. Muestra AH₅₁ C (serpentinita alterada - 20 micras)
3. nepovita (Mijeev, 1957)
4. lizardita (Brown, 1965)

5. AH₅₁ G (Ogres + 20 - 80 micras)
6. AH₅₁ f (concreciones + 20 - 80 micras)
7. magnetita (ASTM)
8. goethita (ASTM)

nepovita según reflejos 7,29 A⁰ ; 4,55 A⁰ ; 3,65 A⁰ ; 2,49 A⁰ ; 2 43 A⁰ , la cual se considera como una mezcla mineral: Ni- lizardita + Ni- clorita esgrimiendo el criterio de Brower [3] .

Los termogramas de muestras de serpentinitas frescas (tabla 7) muestran efectos térmicos notables según un intenso pico endotérmico que tiene su máximo a los 660 °C , atribuible a procesos de deshidroxilación de la antigorita y un pico exotérmico a los 750 °C , atribuible al proceso de cristalización de la fase de olivino, ambos efectos concuerdan con el comportamiento térmico de la fase serpentina [5]. Además delatan la presencia de goethita e hidrogoethita según los picos endotérmicos ligeramente intensos a los 240 y 325 °C , que explican los procesos de pérdida de agua hidroxilica de la fase goethita que se produce en dos etapas. Como fases minerales secundarias (en cantidades menores a un 12 %) para este horizonte de serpentinitas poco alteradas se detectan: clorita (4,70 - 2,87 A⁰) tipo Shirozov ó schuchardita ; cuarzo (3,36-4,21 A⁰), magnetita-maghemita (2,96-2,51-1,53 A⁰) ; enstatita (3,19-2,92-2,87, 1,53 A⁰) goethita (4,21-2,45 A⁰) ; tremolita (8,49-3,26 A⁰), todos con reflejos difractométricos débiles.

Además en cantidades de un 5 % , o menor se detectaron en algunas muestras de ortoserpentinitas (3,03 A⁰ ; calcita y lepidocrosita (3,24-2,36 A⁰) Para el horizonte de serpentinas alteradas o blandas las principales

fases minerales son las variedades estructurales serpentiniticas: antigorita y lizardita según los reflejos: 7,31-4,60-3,65-2,50-2,15 A⁰ y la nepovita que se presenta en este horizonte más abundante, según los reflejos: 7,24-4,57-3,62-2,51 A⁰ . Además para algunos cortes se establece bien la fase clorita del tipo Shirozov o schuchardita ya reportada anteriormente por Kudelasek [9] según los reflejos: 14,16-4,73-2,84 - 2,44 A⁰

Como fases secundarias para este horizonte de serpentinitas blandas o alteradas se establecen: magnetita-maghemita (2,93-2,50-1,46 A⁰) ; goethita (4,21-2,62-2,19 A⁰), hematita (3,66-2,68-2,51-2,19 A⁰). Y en cantidades muy pequeñas (en un 5 % o menor) se detectan : asbolanas (4,73-4,57-2,44 A⁰) ; cuarzo (3,32-1,81 A⁰) ; halloysita (10,47-3,40 A⁰) ortoserpentina o calcita (3,03 A⁰)

Los termogramas de muestras de este horizonte de serpentinitas blandas o alteradas (tabla 8) presentan los picos endo-exotérmicos a los 698 y 798 °C respectivamente característico de la fase serpentinitica lo cual se corresponde con los resultados de Caillere [5] . Además se observan los picos endotérmicos a 68 y 290 °C , este último característico de la fase goethita.

En el horizonte de ocres las fases minerales principales son: goethita e hidrogoethita según los reflejos: 4,16-3,35-2,68-2,52-2,43-2,18-1,71-1,50 A⁰ , pudiéndose señalar que estas fases están íntimamente mezcladas. La muestra natural posee por-

TABLA 7 RESULTADOS DE LA INTERPRETACION DE TERMOGRAMA DE LA MUESTRA AN₁ (- 20 micras)

| Composición Mineral | Efecto DTA (°C) | | Designación del efecto térmico | Pérdida Másica TG | |
|---------------------|-----------------|-----|--|-------------------|-------|
| | endo | exo | | mg | % |
| antigorita | | | Pérdida del agua molecular | 70 | 25,80 |
| goethita | 110 | | Deshidroxilación de la goethita | 6 | 2,21 |
| crisotilo | | 240 | Deshidroxilación de la goethita | 6 | 2,21 |
| tremolita | | | Deshidroxilación de la antigorita | 23 | 8,48 |
| talco | | 325 | Comienzo de cristalización de la forsterita. | | |
| cuarzo | | | | | |
| magnetita | | 660 | | | |
| hematita | | | | | |

ciones hidratadas de oxihidróxidos de hierro (hidrogoethita) y porciones anhidras de esta fase, entre ambas no hay un límite definido de separación. Los termogramas de las muestras de este horizonte (tabla 9 y 10) presentan picos endotérmicos a 58 y 60 °C , atribuibles a la pérdida del agua molecular que posee la muestra, y notables picos endotérmicos a los 290 y 298 °C característico del proceso de deshidroxilación de la goethita.

Se detectan además, como componentes casi constante magnetita y maghemita según reflejos: 2,94-2,52-2,12-1,71-1,48 A⁰ en las fracciones magnéticas de las muestras.

Como fases secundarias para este horizonte de ocres se determinan: hematita (2,68-2,52-2,18 - 1,69 A⁰) que para un corte llega a ser importante ; clorita (4,72-2,04-1,83 A⁰) hidrargilita (4,82-2,44 - 1,44 A⁰) y cuarzo (4,27 - 3,35 A⁰) .

De forma secundaria (5 % o menor) se detectan las fases boehmita (5,98 A⁰) y nepovita (7,24-3,65 A⁰) ortoserpentina o calcita (3,03) .

TABLA 8 RESULTADOS DE LA INTERPRETACION DE TERMOGRAMA DE LA MUESTRA AN₂ (- 20 micras)

AN₂ (- 20 micras)

| Composición Mineral | Efecto DTA (°C) | | Designación del efecto térmico | Pérdida Másica TG | |
|---------------------|-----------------|-----|---|-------------------|-------|
| | endo | exo | | mg | % |
| antigorita | 68 | - | Pérdida del agua molecular | 42 | 11,19 |
| nepovita | 698 | - | Deshidroxilación de la antigorita | 42 | 11,19 |
| clorita | - | 790 | Cristalización de la fase forsterita | 4 | 1,07 |
| | 290 | - | Deshidroxilación de FeOOH en forma de impureza. | 16 | 4,26 |
| | | | | 104 | 27,71 |

14

Observaciones: Los resultados son comparables con la antigorita de Piedmont, Italia, según Caillere and Hemin, 1957. Además se parece a clinocrisotilo y antigorita (79 % - 9 %) muestra 12 de Nuratau, pp 248 de "Análisis Térmicos" del IML. 1974.

TABLA 9 RESULTADOS DE LA INTERPRETACION DE TERMOGRAMA DE LA MUESTRA AN₄ (- 20 micras)

| Composición Mineral | Efecto DTA (°C) | | Designación del efecto térmico. | Pérdida Másica TG | |
|---------------------|-----------------|-----|---------------------------------|-------------------|-------|
| | endo | exo | | mg | % |
| goethita | 60 | - | Pérdida del agua molecular. | 23 | 10,30 |
| magnetita | 290 | - | Deshidroxilación de la goethita | 56 | 25,09 |

15

El horizonte situado en la parte más alta del corte está compuesto principalmente por las fases minerales: goethita-hidrogoethita (4,16-4,17 - 2,69-2,50-2,43-2,19 A⁰); magnetita (2,50-2,94-1,75-1,49 A⁰); hematita (3,67-2,69-2,50-2,19-1,68 A⁰) e hidrargilita (4,84-4,37-1,4 A⁰). Los termogramas para muestra de este horizonte (tabla 11) presentan dos picos endotérmicos bien expresados uno a los 80 °C, atribuible a la pérdida del agua molecular, y otro a 290 °C el cual puede ser provocado por los procesos de deshidroxilación de las fases goethita y gibbsita, con una pérdida másica porcentual para este último efecto térmico de 15,55.

Además se observa un pequeño pico exotérmico a los 907 °C atribuible (aunque aún no está totalmente claro) al proceso de destrucción de la red cristalina de la fase clorita [9], pues por difracción de rayos - x esta fase se detecta con dificultad, con débiles reflejos y un sólo corte.

Como fases secundarias, para este horizonte de concreciones, se establecen: clorita del tipo schuchardita (14,2-4,73-3,66 A⁰), para algunos cortes son secundarios también: hidrargilita (4,84-2,04-1,49-1,44 A⁰) magnetita (2,50-1,48 A⁰) y muy secundaria la fase halloysita (10,47-3,40 A⁰).

Cabe mencionarse la posible presencia de las fases de cromoespinelas, pues ya otros investigadores han detectado contenidos apreciables de Cr₂O₃ de casi 2,55 % [13] en Pinares de Mayarí y hasta 2,61 % [11]

TABLA 10 RESULTADOS DE LA INTERPRETACION DE TERMOGRAMA DE LA MUESTRA AN₅ (- 20 micras)

| Composición Mineral | Efecto DTA (°C) | | Designación del efecto térmico | Pérdida Másica TG mg | Pérdida Másica TG % |
|-------------------------|-----------------|-----|--------------------------------|----------------------|---------------------|
| | endo | exo | | | |
| goethita-hidrogoethita. | 58 | | Pérdida del agua molecular | 30 | 9,99 |
| magnetita | 298 | | Deshidratación de la goethita | 34 | 11,32 |
| hematita | | 850 | Recristalización del olivino | 23 | 7,66 |
| antigorita | | | | | |
| clorita | | | | 87 | 28,96 |

Observaciones: El pronunciado efecto A 298, y el DTG A 68 °C, delatan la fase hidrogoethita y goethita. El pico 850 °C (realmente no se le define una fase determinada pues falta el endotérmico A 600 °C)

La fase cristalizada de sílice : cuarzo (SiO₂) se detecta bien en el centro y sureste del sector, y las fases de oxihidróxidos de hierro secundarios se presentan al centro con la goethita y hacia el noreste con la lepidocrosita. Para el horizonte de serpentinitas alteradas, las diferencias están dadas por la aparición, aunque de forma muy secundaria de la fase de silicato de aluminio hidratado: halloysita al noroeste

en muestras de aquí de Moa, lo que son difíciles de determinar roentgenométricamente por sus reflejos próximos a los de las fases magnetita y maghemita. Por otra parte en observaciones se campo se aprecia sílice amorfa (ópalo) rellenando las partes agrietadas de las rocas serpentiniticas y ultrabásicas; crisotilo, cuyos reflejos pueden estar superpuestos con los de la antigorita-lizardita, índice de ello es la asimetría que presentan los reflejos (200) y (400) para estas fases.

Cuando se valora la composición mineralógica que presenta la corteza de intemperismo en el centro (según corte AN), sureste (según corte AG₁₁) y noreste (según corte AN₅₁) del yacimiento se pueden detectar diferencias distintivas, enmarcadas principalmente en el estado mineral de algunas fases (caracterizadas éstas por presentarse como minerales secundarios); por ejemplo, para el horizonte de serpentinitas los silicatos de magnesio secundarios, en la porción noreste está representada por enstatita, en tanto en la parte central por la termolita.

TABLA 11 RESULTADOS DE LA INTERPRETACION DE TERMOGRAMA DE LA MUESTRA AN₇ (- 20 micras)

| Composición Mineral | Efecto DTA °C | | Designación del efecto térmico | Pérdida Másica TG mg | Pérdida Másica TG % |
|------------------------|---------------|-----|--|----------------------|---------------------|
| | endo | exo | | | |
| goethita-hidrogoethita | 80 | | Pérdida del agua molecular | 40 | 8,16 |
| hematita | | 290 | Deshidratación de goethita e hidrogoethita | 76 | 15,55 |
| hidrargilita | | | | | |
| clorita | | 907 | Destrucción de la estructura de clorita | 15 | 3,07 |

Observaciones: La causa del efecto exotérmico A 907 °C aún no está clara; al parecer la produce la fase clorita

te y los oxihidróxidos de manganeso asbolanas, hierro y hematita registrados en la porción central.

En el horizonte de ocres, son significativas las fases de sílice e hidróxidos de aluminio; el cuarzo sólo aparece en los ocres de la porción sureste, la bohemita está presente en el centro y sureste del sector Atlantic. Para el horizonte de concreciones, la novedad mineralógica la presenta la fase de clorita (schuchardita) que se presenta secundariamente y sólo en la parte central del yacimiento.

Al establecerse criterios sobre la concentración de las diferentes fases minerales, según las diferentes fracciones de muestras es necesario combinar los trabajos de separación granulométrica y magnética con los datos roentgenométricos tomando los principales reflejos difractométricos para cada mineral, de lo cual se puede decir:

- La lizardita y antigorita tienden a concentrarse en la fracción granulométrica de + 80 micras, aunque debe continuarse precisando, particularmente estudiar el tamaño del grano con mediciones en el microscopio binocular, pues los resultados obtenidos en los análisis granulométricos de las serpentinitas no son del todo satisfactorios.

- La fase nepovita tiende a concentrarse en la fracción + 80 micras, en esta granulometría puede separarse mecánicamente dicha fase, que se presenta como granos de color verde claro a fuerte, compacto, de brillo vitreo a graso y de forma irregular

- En la fase clorita granulométrica a la que tienden a concentrarse definitivamente, los resultados más frecuentes son las fracciones -20 micras.

- La enstatita tiende a concentrarse en la fracción magnética de + 80 micras.

- La tremolita y el cuarzo se concentran en la fracción granulométrica más fina: - 20 micras.

- La fase magnetita, maghetita, dada su riqueza se detecta en varias fracciones, aunque los resultados definitivos sitúan su concentración en la fracción + 20-80 micras fuertemente magnética.

- La fase goethita e hidrogóethita tiende a concentrarse en las fracciones magnéticas gruesas: + 80 micras (aunque en un corte se observó su riqueza en la fracción - 20 micras no magnética).

- La hematita tiende a concentrarse en las fracciones no magnéticas de - 80 micras.

- La hidrargilita tiende a concentrarse en la fracción + 20-80 micras no magnética

- La fase de asbolanas tiende a concentrarse en la fracción magnética de + 20-80 micras.

La boehmita tiende a concentrarse en la fracción granulométrica de + 20-80 micras

Cabe señalarse que durante la valoración mineralógica de las muestras de serpentinitas y lateritas presentes en el sector Atlantic, se pueden de-

tecar algunas dificultades, principalmente a la hora de discriminar las fases minerales serpentiniticas antigorita-lizardita-crisotilo. Fases de oxihidróxidos de hierro: goethita e hidrogóethita-lepidocrosita. Fases de óxidos de hierro: hematita-maghemita. Fases de cromitas (cromoespinelas). Fases de oxihidróxidos de manganeso: asbolanas. Todas ellas, presentan la dificultad, por una parte de poseer un gran parecido en su edad cristalina y por otra en la forma mezclada y carácter cripto granular (e incluso para alguna la poca cantidad en la cual se encuentran) en que aparecen componiendo las muestras de rocas serpentiniticas ocrosas.

Es recomendable para obtener mejores resultados, en trabajos futuros emplear métodos de preparación de muestras que conlleven a obtener fracciones de muestras lo más monomineral posible. Además diversificar las técnicas instrumentales de investigación de minerales y combinar los distintos resultados instrumentales con los obtenidos en la preparación de muestras.

CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos mediante las técnicas instrumentales, principalmente difracción de rayos-x, y separaciones granulométricas con muestras representativas de cada uno de los horizontes de diferentes cortes de la corteza de intemperismo del sector Atlantic de la mina Moa, se concluye:

1. Las fases minerales principales

para el horizonte de serpentinitas frescas o poco alteradas son:

- antigorita-lizardita (crisotilo)
- nepovita
- clorita (schuchardita)

Y como minerales secundarios: magnetita-maghemita, tremolita, cuarzo, goethita, enstatita y lepidocrosita

2. En el horizonte de serpentinitas blandas o alteradas las fases minerales principales son:

- antigorita-lizardita
- nepovita
- clorita (schuchardita)

Y como fases secundarias: magnetita maghemita, goethita, hematita, hallowysita, ortoserpentina y calcita.

3. En el horizonte de ocre los minerales principales son:

- goethita e hidrogóethita
- magnetita y maghemita
- hematita

Como fases secundarias: cuarzo, hidrargilita, hidrobiotita, bohemitita, asbolanas, calcita, ortoserpentina y nepovita.

4. Para el horizonte de concreciones las fases minerales principales son:

- magnetita y maghemita
- goethita e hidrogóethita
- hematita
- hidrargilita

Y como fases minerales secundarias: clorita, boehmita y lepidocrosita.

5. No fue posible determinar la composición granulométrica del horizonte de serpentinitas según los resultados a través del método de sedi-

mentación (N_2O destilada como disolvente) dado el grado de compactación de las rocas. La granulometría del horizonte de ocre es tendente a la fracción - 20 micras, que transiciona hacia la parte superior de dicho horizonte a la fracción de + 80 micras.

6. Las fracciones de muestras en que tienden a concentrarse las fases minerales principales son:

- La lizardita, antigorita y nepovita tienden a concentrarse en la fracción de + 80 micras no magnética.

- A la fase clorita no se le puede definir aún una fracción granulométrica determinada por concentrarse los resultados más frecuentes en las fracciones - 20 micras y + 20-80 micras.

- La goethita e hidrogóethita tienden a concentrarse en las fracciones magnéticas gruesas: + 80 micras

- La magnetita y maghemita tienden a concentrarse más en la fracción + 20-80 micras fuertemente magnética.

Y la hidrargilita tiende a concentrarse en la fracción + 20-80 micras no magnética.

REFERENCIAS

1. ADAMOVICH A., F y D. CHEJOVICH: "Constitución geológica y minerales útiles de la zona de Moa, provincia de Oriente: Informe sobre levantamiento geológico del I.C.R.M., La Habana, 1983.
2. BLANCO M., J.: "Mineralogía de las lateritas del sector Atlantic, mina Moa". Trabajo de Diploma, ISMM, 1985
3. BROWN, G.: "Métodos roentgenográficos de estudio y estructuras de minerales arcillosos. Moscú, Ed. Mundo, 1965. (en ruso).

4. CALLIS, R. R. y C. F. IRANI : Particle Size: Measurement, Interpretation and application. Editor John Wiley and Sons Inc. New York. London . p. 165 , 1963.
5. CAILLERE S. , H. : " The diferencial thermal investigation of clays" , en Mineralogical Society , London, p. 207 1957
6. FINKO V. , I. Z. XORIN. y F. FORMELL CORTINA : "Sobre la edad de la corteza de intemperismo y las lateritas de Cuba" en Revista de Geología. Academia de Ciencias de Cuba. Año 1, No 1, 1967
7. GRIM R. , E. : Clay mineralogy. London McGraw-Hill, 1953
8. INSTITUTO DE MINAS DE LENINGRADO : Análisis térmico de minerales y rocas . Leningrado Editorial Nedra, 1974
9. KUDELASEK, V. ; I. MARXOVA y V. ZAMARSKY : "Mineralogía de la corteza de intemperismo de las rocas ultrabásicas de la costa norte de la provincia de Oriente, Nicaro, Moa", en Revista de Geología, No 1 ; p. 50-76, 1967.
10. OSTROUMOV V. , M. ; L. ROJAS P. y C. SANCHEZ : "Estudio de la composición mineralógica de las lateritas de Moa por el método de difracción de rayos-x" . Manuscrito Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa, 1983.
11. PONCE S. , N. et.al : "Posible influencia de la composición mineralógica en la sedimentación de la pulpa cruda de Moa" . en revista Minería y Geología , No. 3, p. 215-219, 1983.
12. QUINTANA P. , R. y R. GONZALEZ : Estudio de la pulpa cruda del mineral laterítico del yacimiento de Moa (I) : Análisis granulométrico", en revista Minería y Geología , No. 3, p. 137-146 , 1984
13. SOMOS, L. : "Aluminio y cromo en las Lateritas del yacimiento de Pinares de Mayarí, prov. Oriente", en Revista Tecnológica , No. 3, 1971
14. SOSA D. , A. : "Estudio geolo-geomorfológico del yacimiento Moa" Trabajo de Diploma, ISMM, Moa 1978.

CDU : 624.12/131 : 551 - 2 : 552.1

Tareas de las investigaciones ingeniero-geológicas para el planeamiento regional y su relación con la conservación del medio ambiente

C.Dr. Rafael Guardado L. , Ing. José Toll M. , Instituto Superior Minero Metalúrgico

REVISTA MINERIA Y GEOLOGIA

SOLICITUD DE SUSCRIPCION

NOMBRE _____

DIRECCIÓN _____

GIRO POSTAL (MN \$ 4.50. _____

Instituto Superior Minero Metalúrgico.
Las Coloradas Moa

La Ingeniería Geológica es una disciplina muy importante para el estudio del medio ambiente. En este trabajo se presenta una metodología para realizar el mapeo ingeniero de las ciudades y se plantean las cuestiones más importantes para el estudio y valoración del medio ambiente desde el punto de vista ingeniero geológico.

Engineering Geology is quite an important discipline for environmental studies. This work provides a methodology for carrying out the engineering-mapping of cities, and the most important questions concerning the study and evaluation of environment from the engineering-geological point of view, are also brought up here.

INTRODUCCION

El hombre como factor geológico. La Ingeniería Geológica es una ciencia reciente, que comenzó a desarrollarse bajo la influencia de las demandas de la construcción moderna. A lo largo de los años el hombre ha

modificado el paisaje terrestre , convirtiéndose en un agente activo. La influencia de la actividad productiva del hombre en el medio ambiente es contradictoria, en unos casos es creadora, en otros es des-