

En el límite sur del complejo ofiolítico en el bloque Mayarí están presentes metamorfitas que forman parte de diversos melanges, siendo el más extenso el de la Corea (cuarcitas, esquistos cerclíticos arcillosos, esquistos grafiticos, esquistos moscovíticos cuarzosos, anfibolitas esquistosas micáceas, pegmatitas graníticas, eclogitas, etc.); mientras en el extremo S-SW del Terreno Purial en la localidad de Palenque (Leyva y otros, 1988), asociado al complejo ofiolítico de Sierra del Convento, se encuentra un melange compuesto por metacuarcitas, esquistos cuarzo-micáceos, eclogitas, pegmatitas graníticas y anfibolitas muy semejantes a las anteriores.

A partir de la similitud entre ambos complejos rocosos y su posible correlación, esto implicaría un traslado no menor

de 80 km en dirección NW, lo cual se complementa teniendo en cuenta la información presente en el mapa gravimétrico de anomalías de Bouger, escala 1:2 000 000 (Oliva y otros, 1989); donde se aprecian dos áreas de máximos gradientes de la gravedad, con formas semejantes en la Sierra de Nipe-Cristal y Sierra del Convento, que en la reconstrucción palinspástica quedarían en zonas aledañas coincidiendo posiblemente con una antigua zona de subducción del paleoarco (arco de islas volcánicas cretácicas). Esto implicaría en una primera aproximación, que el sector de la paleocuenca Sabaneta analizado en el Terreno Nipe-Cristal-Guantánamo estaría localizado antes del Eoceno Medio hacia el este sureste del arco de islas Sierra Maestra, tomando en consideración desplazamientos mínimos del neoarco.

CONCLUSIONES

Según las litofaciales presentes en la Formación Sabaneta en Cuba Oriental, existen dos grupos litofaciales bien diferenciados; el meridional, más cercano a los focos volcánicos, y el septentrional más alejado de los focos y con características de un flysch distal.

La paleocuenca Sabaneta recibió aporte de material volcánico de dos fuentes de suministro, un arco volcánico septentrional y otro meridional.

Anterior al pre-Eoceno Medio, el sector de la paleocuenca Sabaneta presente en el terreno Nipe-Cristal-Guantánamo estuvo ubicado al sur-suroeste del arco Sierra Maestra y fue sometido a intensos desplazamientos transcurrentes a partir del Eoceno Medio.

REFERENCIAS

- ADAMOVICH, A. y otros: "Estructura geológica y los minerales útiles de los macizos montañosos de la Sierra de Nipe y Cristal en la provincia de Oriente", Informe Geológico, Fondo Geológico Nacional, Ciudad de La Habana, 1967.
- AYERS, F.: "Geology of the Guantánamo by region", Informe Geológico Nacional, Ciudad de La Habana, 1947.
- BLANCO, J. y J. PROENZA: "Terrenos tectonoestratigráficos en Cuba Oriental", (Inédito), Fondo geológico, ISMM, Cuba, 1994.
- BOWEN, C.: *The geology of ocean basin and margins*, The Gulf of Mexico and the Caribbean, Vol 3, Plenum press, pp. 501-552, New York, 1975.
- BRESZNYANSKY, K. y M. ITURRALDE-VINENT.: "Paleogeografía del Paleógeno de Cuba Oriental", *Geologie en mijnbouw*, 57 (2), 1978.
- COBIELLA, J.: "El vulcanismo Paleogénico Cubano. Apuntes para un nuevo enfoque", *Rev. Tecnológica*, Vol 18/4, pp. 25-32, 1988.
- COBIELLA, J., F. QUINTAS, M. HERNANDEZ y M. CAMPOS. *Geología de la región central y suroriental de la provincia de Guantánamo*, p.115, Editorial Pueblo y Educación, 1987.
- KRIJNEN, J. y LEE CHIN.: "Geology of the Northern Central and South Eastern, Blue Mountains, Jamaica, with provision of compilation map of entire inlier". *Geologie en Mijnbouw*, V.5, pp. 243-250, 1978.
- MAN, P.; G. DRAPER; J. LEWIS.: "An overview of the geologic and tectonic development of Hispaniola", *Geological Society of America, Special paper* 262, pp. 1-28, 1991.
- MAN, P. y otros.: "Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean Plate Boundary in Hispaniola: Boulder, Colorado", *Geological Society of America, Special paper* 262, 1991.
- NAGY, N.: *Ensayo de las zonas estructuro-faciales de Cuba Oriental*, Contribución geológica de Cuba Oriental, pp. 6-16, Editorial Ciencia y Técnica, ACC, La Habana, 1983.
- PROENZA, J. y N. CARRALERO.: "Un nuevo enfoque sobre la geología de la parte sur de la cuenca de Sagua de Tánamo". (Inédito), Fondo geológico, ISMM, Cuba, 1994.
- PUSCHAROVKI, Y. y otros.: *Mapa tectónico de Cuba*, Esc 1:500 000, IGP, Academia de Ciencias de la URSS, 1989.
- QUINTAS, F. y J. BLANCO.: "Paleogeografía del Eoceno Medio en Cuba Oriental". (Inédito), Fondo geológico, ISMM, Cuba, 1992.
- QUINTAS, F.: "Estratigrafía y Paleogeografía del Cretácico Superior y Paleógeno de la provincia Guantánamo y zonas cercanas", Tesis doctoral, Fondo geológico, ISMM, Cuba, 1989.
- QUINTAS, F. y otros.: "Origen y evolución del arco de islas volcánicas Sierra Maestra", (Inédito), Fondo geológico, ISMM, Cuba, 1993.

CORTEZA DE INTEMPERISMO. ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE SUS PARTICULAS FINAS

Dra. Aida Almaguer Furnaguera

Empresa Geólogo Minera de Oriente, Santiago de Cuba

RESUMEN: Fueron tratadas 168 muestras, a las cuales se les realizó análisis químico (absorción atómica y microsonda), granulométrico, Rx, ATD, IR y microscopía electrónica. Los resultados demuestran que las partículas menores de 50 μm componen el 85 % del volumen de las menas ocras y están compuestas, generalmente, por fases monominerales: goethita, en la zona ocras y esmectitas, serpentina y goethita en la base del corte. Según análisis de microsonda y microscopía electrónica el níquel se encuentra asociado a las esmectitas en la base del corte y a las goethitas en la zona de los ocras.

ABSTRACT: This paper is about the composition of the fine grains, less than 50 μm , in the laterites of northeastern Cuba. The Ni, Co and Fe are associated with the fine grain in all part of profile and it is possible to use not only the ore zone, but the complete profile. The mineralogical composition of fine grains in lateritic zone are goethite, in the low part of profile are smectite, serpentinite and goethite.

Sobre las rocas del complejo ofiolítico del este de Cuba se forman extensas áreas de corteza de intemperismo hasta su desarrollo laterítico, las cuales contienen cuantiosas reservas de níquel, cobalto y otros elementos útiles que constituyen la base del desarrollo industrial niquelífero.

Los investigadores de las cortezas de intemperismo, en especial los de la Empresa Geólogo Minera de Santiago de Cuba, han demostrado la regularidad que existe en la zonalidad de las cortezas del norte oriental cubano [15].

Desde abajo hacia arriba el perfil está compuesto por:

Zonas genéticas	Zonas litológicas
Rocas frescas	Constituidas por las rocas madres
Desintegración y agrietamiento	Rocas madres agrietadas y mineralizadas
Lixiviación y coretización temprana	Rocas madres lixiviadas y levemente coretizadas
Ocretización incompleta	Ocras estructurales iniciales o semi-ocras
Ocretización completa	Ocras estructurales finales y ocras inestructurales
Oxidación y aglomeración de los hidróxidos de Fe	Concreciones ferruginosa

Por diferentes factores geoquímicos, tectónicos, etc., algunas de estas zonas están ausentes o poseen mayor o menor desarrollo.

Las investigaciones sobre la composición sustancial y mineralógica de los productos del intemperismo de las rocas ofiolíticas se realiza atendiendo a las características de la muestra global, por lo que debemos señalar que el estudio de las partículas finas que aparece en este trabajo se ejecuta por primera vez [6].

El estudio detallado de la muestra global es difícil de obtener debido a la alta proporción de material de grano fino, la pobre cristalinidad y los diferentes estados de alteración de los minerales en estos materiales.

El volumen de las partículas finas en la roca, así como su enriquecimiento en elementos útiles, determina la necesidad del estudio detallado de las mismas con vista a su beneficio [7], logrando con ello mayor eficiencia en la extracción del níquel y el cobalto.

Los grupos homogéneos de partículas, según sus tamaños, poseen características mineralógicas y químicas muy propias, que pueden ser aprovechadas industrialmente para ampliar el espectro de utilización de estos depósitos ocrasos.

En el perfil de estas cortezas de intemperismo, las partículas predominantes corresponden a los tamaños de granos menores de 50 μm , lo que en menor o mayor grado se comporta estable en todo el perfil. En las partes superiores, en la llamada zona de oxidación donde se forman las concreciones de hierro, existe cierta variación de esta tendencia, así como en las partes bajas o zonas pálidas debido a la existencia de fragmentos de roca alterada.

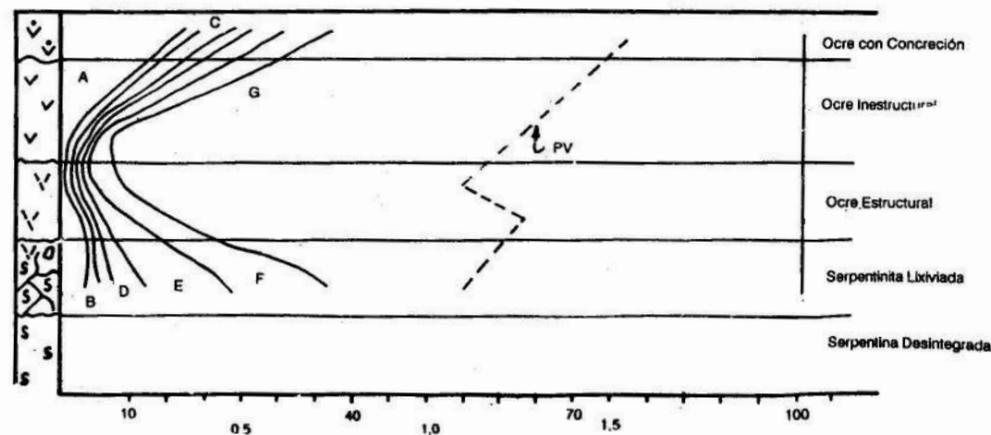


FIGURA 1. Variación de la granulometría con la profundidad

A > 1,6 mm.
B > 1,0 < 1,6
C > 0,43 < 1,0
D > 0,25 < 0,43
E > 0,10 < 0,25
F > 0,05 < 0,10
G < 0,05 mm

Las partículas finas siguen el mismo comportamiento geoquímico en el perfil de la corteza de las rocas que las contienen. Se observa enriquecimiento de algunos elementos y déficit de otros, condicionado esto por la selectividad mineralógica en los diferentes grupos homogéneos de partículas que componen la roca intemperizada.

En las serpentinitas lixiviadas es característica la presencia de sílice y magnesio no evacuados totalmente de la roca. Esto está relacionado con la transformación de los silicatos primarios, olivino, piroxenos y serpentina en talco, esmectitas y ocasionalmente cuarzo con su consecuente transformación en goethita, ya que en las condiciones físico-químicas cambiantes del medio, las asociaciones mineralógicas se van modificando hasta alcanzar formas estables en las nuevas condiciones.

Estas características pueden observarse en las esmectitas, las que van enriqueciéndose en hierro hasta dar paso a las propias goethitas.

TABLA 1. Composición química de las partículas menores de 50 µm

Oxidos/Zona del perfil	OIC	OI	OE	SL
SiO ₂	11,20	8,39	21,89	36,12
MgO	1,87	2,61	10,02	24,00
Fe ₂ O ₃	59,48	64,80	45,99	19,79
FeO	0,31	0,26	0,34	1,18
Al ₂ O ₃	9,47	7,39	6,60	4,29
NiO	1,19	1,39	1,47	1,59
CoO	0,074	0,099	0,082	0,046
P.P.I.	13,22	11,48	10,98	11,30
TiO ₂	0,19	0,10	0,11	0,03
CaO	0,13	0,07	0,19	0,37
MnO	0,52	0,53	0,47	0,29
N ₂ O	0,06	0,12	0,08	0,15
K ₂ O	0,06	0,16	0,05	0,07
Cr ₂ O ₃	1,79	1,90	1,32	0,57
S	0,40	0,15	0,13	0,13

TABLA 2. Composición química de las esmectitas

Elemento	Saponita					Nontronita				
	1	2	3	4	5	6	7	4	5	
Fe	11,51	16,61	17,09	22,12	0,08	-	0,04	0,21	0,06	
Ni	2,54	1,74	2,04	1,40	4,13	2,97	0,17	0,11	0,09	
Cr	0,32	0,34	0,38	0,29	-	-	-	0,13	-	
Al	1,21	1,92	1,51	0,61	0,16	0,12	-	1,94	0,63	
Si	18,98	14,78	14,42	10,21	37,70	35,24	36,76	35,82	35,47	
Mg	10,08	5,98	5,93	5,92	12,30	11,69	12,33	12,52	11,47	
S	-	0,07	0,05	0,04	0,60	-	0,05	0,04	-	
Ti	-	0,01	0,07	0,01	0,08	0,03	-	-	0,04	
Mn	0,04	0,05	0,38	0,21	-	0,03	0,08	-	-	
Co	-	-	-	0,10	0,20	-	-	0,01	0,09	
V	0,10	-	-	-	0,16	0,04	-	-	-	
K	-	0,04	0,03	0,03	-	0,13	-	0,03	0,01	
Ca	0,39	0,04	0,39	0,25	0,36	-	0,24	0,02	0,27	
Hf	+	-	-	-	-	+	-	+	+	
Nb	+	+	+	+	+	-	-	-	-	
La	+	-	-	+	+	+	-	-	-	

El níquel en las esmectitas tiene cierta tendencia al aumento al incrementar el hierro en los granos mayores de 50 µm, lo cual puede explicar la sustitución de este elemento en la red cristalina [6,23]. Esto no se observa tan claramente en las partículas finas (ver Tabla 2).

La sustitución de hierro trivalente por níquel bivalente puede ser facilitada por la incorporación simultánea, en la goethita, de silicio tetravalente [19] (ver Foto 1).

TABLA 3. Composición química de las goethitas, psilomelano y hematitas

Elemento	Goethita				Psilomelano			Hematita			
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4
Fe	29,55	30,72	30,06	27,08	0,14	4,55	5,62	30,73	30,71	26,70	22,77
Ni	0,59	0,57	0,49	0,47	0,22	0,47	-	0,26	0,13	0,20	0,27
Cr	0,70	0,55	0,60	0,75	-	-	-	2,29	2,27	6,63	9,57
Al	2,53	1,68	1,73	3,79	0,47	0,54	1,13	0,46	0,44	0,14	0,73
Si	1,18	1,01	1,02	1,71	0,19	0,49	-	0,40	0,24	0,09	0,28
Mg	0,07	0,08	0,17	0,03	0,30	-	1,27	0,38	0,50	0,75	1,23
S	0,03	0,10	0,14	0,15	0,11	0,60	2,10	-	0,03	0,04	0,05
Ti	-	0,02	0,02	0,04	+	+	+	-	0,03	0,04	0,03
Mn	0,21	0,14	0,12	0,09	73,72	62,73	55,96	0,49	0,35	0,26	0,28
Co	-	0,01	0,31	0,01	1,00	1,37	1,50	0,16	0,03	0,09	-
V	0,04	0,03	0,06	0,09	+	+	+	-	-	0,04	0,01
K	0,05	-	0,02	-	+	+	+	0,03	-	-	0,08
Ca	0,03	0,05	0,05	0,02	0,30	0,09	0,33	-	+	+	-
Hf	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	-
Nb	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+
La	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+

En el proceso de transformación de las cortezas nontroníticas cubanas [6], el níquel liberado es el resultado del intemperismo de los silicatos y puede isomórficamente entrar en las estructuras cristalinas de los hidróxidos de hierro o manganeso o ser absorbido por ellos (ver Foto 2 y Tabla 3).

El manganeso y el cobalto se asocian a los minerales neoformados y a la goethita en estos tamaños de partículas; el cromo se asocia a la goethita (ver Foto 3 y Tabla 3).

La zona pálida o de serpentinita lixiviada contiene las menas cubanas llamadas serpentinitas blandas (SB) y serpentinitas duras (SD) de bajos contenidos de hierro y altos contenidos de níquel.

Mineralógicamente las partículas finas de esta zona están constituidas por esmectitas, goethita y antigorita, clorita en poca cantidad, espinelas cromíferas y cuarzo, lo que las diferencia del cuadro general mineralógico de la muestra global [6].

En la base de los ocres las características son algo semejantes al pasar de las zonas pálidas a las moteadas, aunque el incremento del hierro y la lixiviación de la sílice es notable.

Se observan esmectitas con distancias interplanares de 14,9 Å, las cuales se expanden hasta 17 Å al ser saturadas con etil glicol, aunque la fase predominante es la goethita.

El cuadro de esta zona es como sigue: dentro de la zona laterítica, en la zona de ocre inestructural, las partículas finas menores de 50 µm están formadas, prácticamente, por una sola fase: la goethita, lo que las diferencia sustancialmente del resto de las partículas que forman la roca. Estas goethitas consolidan su cristalinidad hacia la zona de oxidación.

Estos cambios se aprecian en los endoeftos de las curvas DTA, los cuales son más pronunciados y amplios en la zona superior y ocurren a temperaturas mayores que en la base del perfil con endoeftos de pérdida de agua más pronunciados, lo que se observa con mayor claridad en las curvas DTG (Gráfico 2). No fue posible medir en los perfiles estudiados el cambio en el fondo de los roentgenogramas [2,3,4,5,18,20]. Semejante comportamiento fue observado por Kunel, et al. [12,13]. Estas características de baja cristalinidad en las goethitas cubanas las hace interesantes económicamente, debido a que aumenta su capacidad de adsorción y de incorporación de elementos de forma no estequiométrica, como ocurre en otros perfiles del mundo (Fotos 5 y 6).

El manganeso en esta zona del perfil se encuentra asociado a las clases finas en goethitas y posibles formas amorfas del mineral que no fueron detectadas por análisis de rayos X.

En el espectro infrarrojo de las esmectitas se observa una absorción a los 1 540 cm⁻¹, lo que pudiera deberse a la presencia de minerales amorfos de manganeso (Foto 4).

El cromo se asocia a la goethita y se concentra en tamaños de partículas mayores de 50 µm, en fracciones electromagnéticas, las cuales representan fases monominerales de espinelas cromíferas.

Los ocres estructurales e inestructurales constituyen el horizonte de las lateritas de balance (LB) en los yacimientos cubanos. En la zona superior de los ocres, zona de oxidación donde abundan las concreciones, el hierro está ligado a la fase hematítica en los granos mayores de 50 µm, como un lógico proceso de envejecimiento del perfil (Tabla 3).

La hematita puede ser formada por el envejecimiento de los óxidos de hierro hidratados amorfos, ricos en todo el corte, por la deshidratación de la goethita cristalina o también por la resolución de la goethita original y la precipitación de la hematita desde una fase intermedia en solución, todo esto condicionado por los diferentes factores geológicos, distinguiéndose el tamaño del grano, la forma y la cristalinidad [11].

En esta zona las partículas finas están constituidas por goethita, a veces como monofases, portan níquel y cobalto [7,17] que, aunque son contenidos más bajos que en la zona inferior del perfil, pueden ser utilizados como en otras partes del mundo [10].

Desde el punto de vista tecnológico es bueno señalar que una separación granulométrica de las rocas, en el proceso de beneficio, no sólo traería aparejada la eficiencia en la obtención de los metales, sino la utilización de todo el corte laterítico como mena.

Las partículas finas de las cortezas enriquecidas en plagioclasas poseen contenidos absolutos relativamente altos de níquel. El cobalto es algo más bajo y existe una

disminución del contenido de aluminio en ellos, lo que las hace diferentes de las características de la roca global que las contiene. La composición mineralógica de las mismas es halositas, esmectitas trioctaédricas, algo de anfíbol, vermiculitas y cloritas; completamente diferente a las partículas finas de las cortezas de rocas ultramáficas puras.

En las partículas finas los contenidos absolutos de Zn aumentan con respecto a la muestra global, así como el Rb en la base del corte, mientras que el Ba disminuye en los ocre inestructurales [6].

En las cortezas formadas a partir de rocas enriquecidas en plagioclasas, el Zn y el Nb aumentan sus contenidos absolutos en las clases finas y el Rb en la base del corte, con respecto a la muestra global [6].

Se observan algunas diferencias en los contenidos de los elementos traza entre las cortezas desarrolladas sobre ultramafitas y las desarrolladas sobre rocas enriquecidas en plagioclasas, sobre todo en As, Rb y algo en Ba como lógica consecuencia del origen y composición de las rocas madres y por esta razón de sus cortezas [9,22].

TABLA 4. Composición química de las partículas menores de 0,05 mm en ppm

Zona de perfil	Muestra	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Zr	Nb	Ba	Pb
Corteza por rocas con plagioclasas.	196	119	754	18	6	47	30	92	<5	149	<40
	23	107	492	16	<5	29	13	188	31	<100	<40
	26	91	443	14	6	34	20	199	37	195	<40
	(3)	105,67	563	16	5,67	35	21	159,67	24,3	148	<40
Ocre con concreciones	190	86	2 243	<4	18	238	25	47	<5	<100	<40
	217	107	186	<4	16	231	45	45	<5	<100	<40
	19	131	1 336	<4	29	255	38	30	<5	100	<40
	4 656	135	219	15	127	166	34	36	<5	<100	<40
(4)	114,75	996	6,75	47,5	222,5	35,5	40	<5	100	<40	
Ocre inestructural	192	126	489	<4	15	194	<10	<20	<5	429	<40
	194	41	328	<4	12	246	21	<20	<5	<100	<40
	1 637	110	305	<4	32	297	35	27	<5	<100	<40
	4 657	130	219	<4	40	184	24	<20	<5	<100	<40
(4)	101,8	335,2	<4	24,8	230,2	22,5	21,8	<5	182,2	<40	
Ocre estructural	197	46	479	<4	7	90	<10	<20	<5	<100	<40
	1 639	196	388	<4	20	187	18	<20	<5	<100	<40
	22	139	717	18	21	226	19	<20	<5	<100	<40
	4 658	58	135	<4	<5	49	<10	25	<5	<100	<40
(4)	109,7	429,8	7,5	13,2	136,8	14,2	21,2	<5	<100	<40	
Serpentinita lixiviada	199	442	769	<4	44	73	<10	<20	<5	<100	<40
	1 640	38	462	<4	5	26	<10	<20	<5	<100	<40
	218	107	379	<4	5	100	<10	30	<5	<100	<40
	219	23	157	<4	<5	65	<10	<20	<5	<100	<40
	220	18	105	<4	5	43	<10	<20	<5	<100	<40
4 660	52	327	<4	72	68	<10	<20	<5	<100	<40	
(5)	136	439,8	<4	27	75	<10	26	<5	<100	<40	

Un estudio más profundo se impone para determinar más específicamente, en cada yacimiento, el grado de cristalinidad, la capacidad de incorporación de metales en la estructura, los fenómenos de superficie de los minerales

neoformados, lo que representa un gran papel en la concentración de los elementos útiles en el perfil de alteración en Indonesia, Brasil, Nueva Caledonia y en las lateritas cubanas.

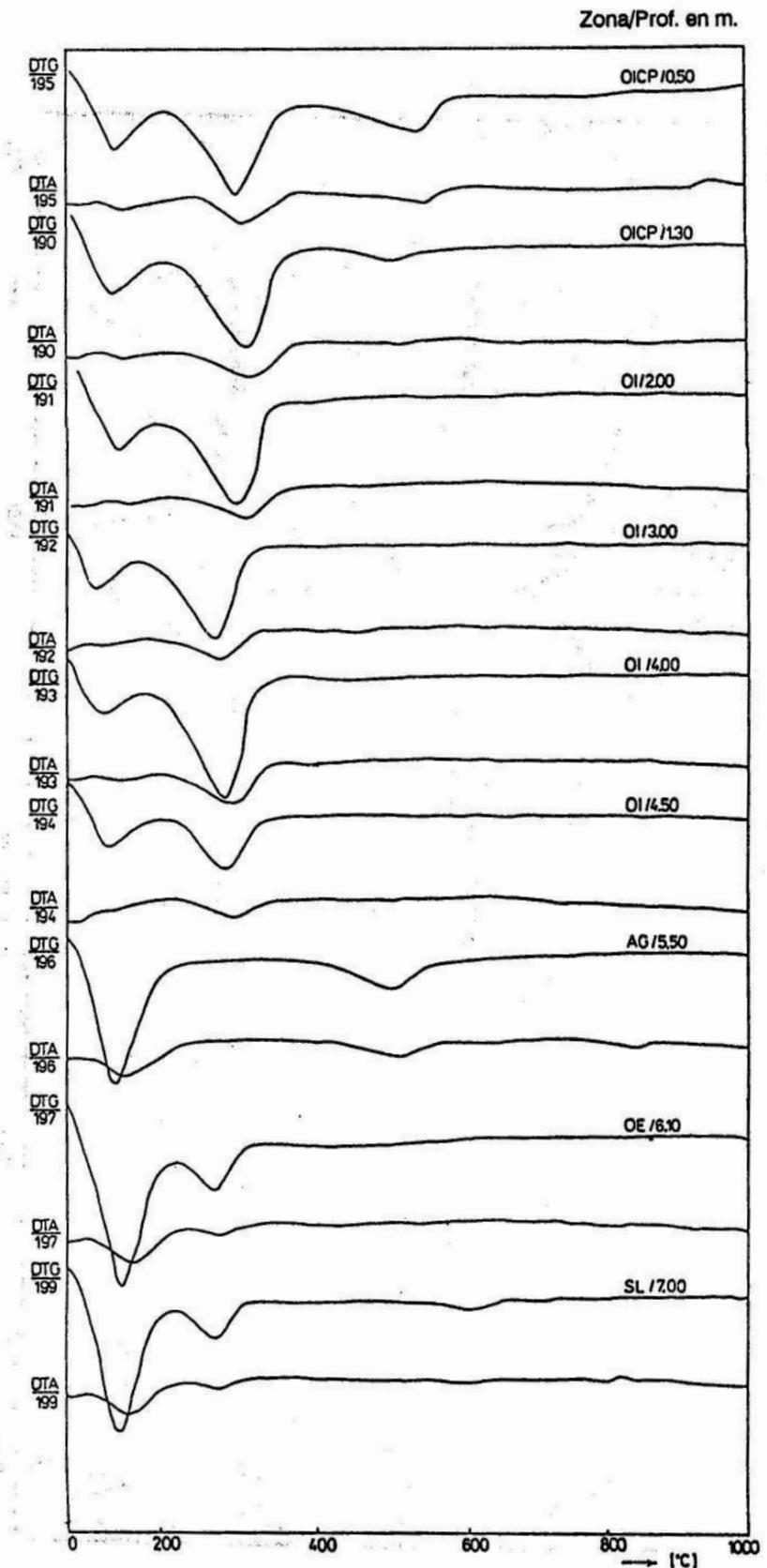


FIGURA 2. Comportamiento térmico con la profundidad. Velocidad de calentamiento 10 °C/mir

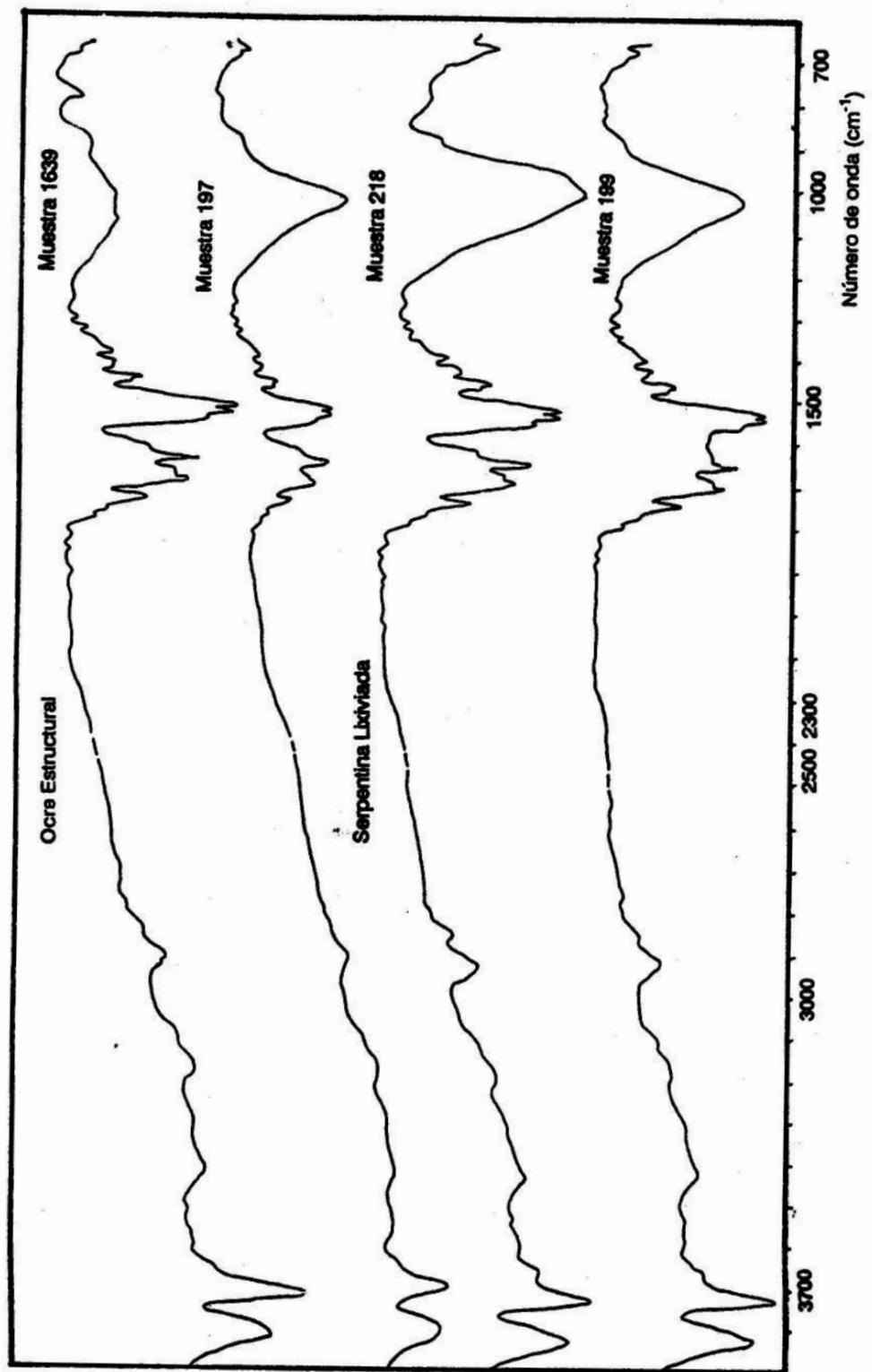


FIGURA 3. Espectro infrarrojo de las partículas menores de 0,05 mm

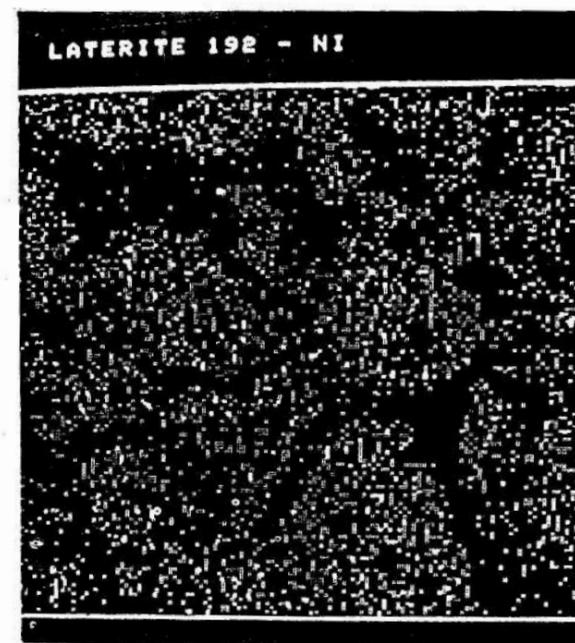


FOTO 1. Distribución de Ni en goethita. Aumento del color con el contenido

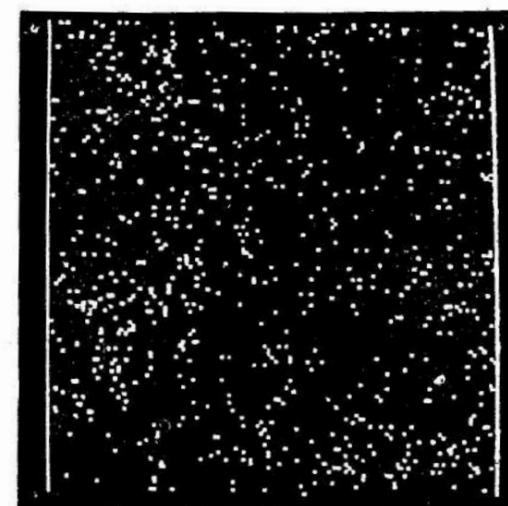


FOTO 2. Distribución del Ni en smectita. Aumento del color con el contenido

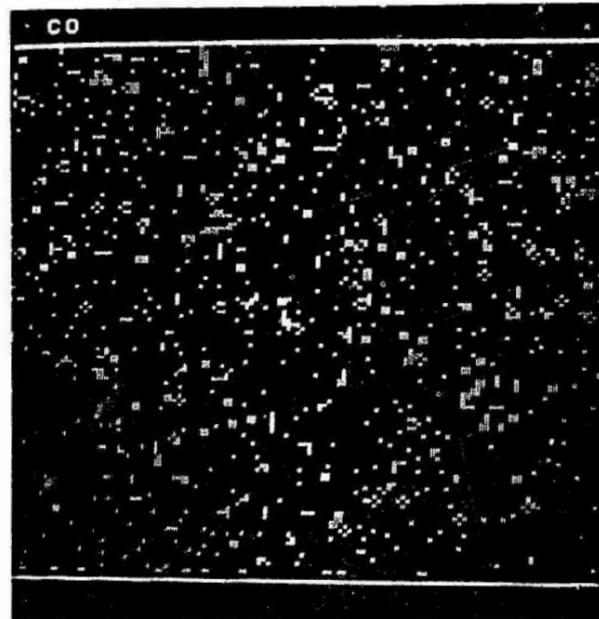


FOTO 3. Distribución de Co en Psilomelano

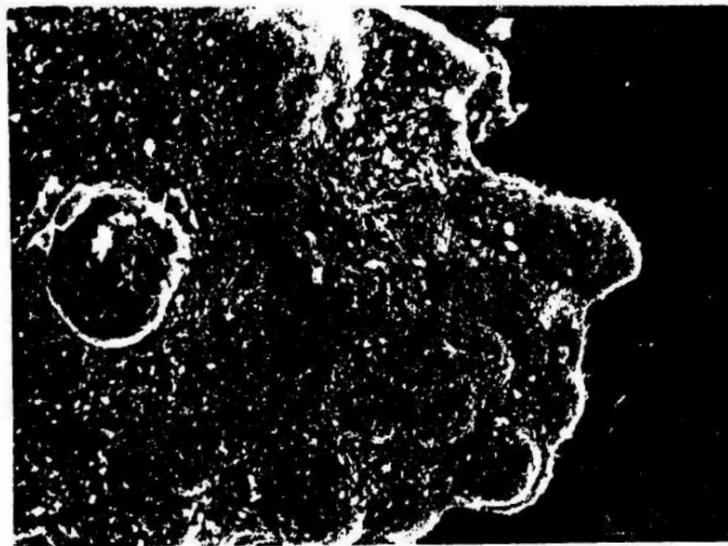


FOTO 4. Goethita con material amorfo negro. Muestra enriquecida en Mn

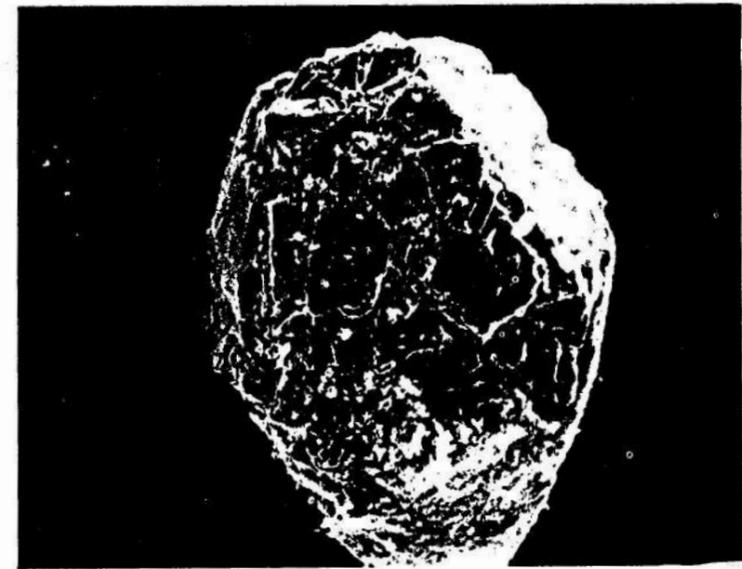


FOTO 5. Goethita con estructura defectuosa. X 380



FOTO 6. Goethita con estructura defectuosa. Detalle X 900

CONCLUSIONES

El estudio realizado a los perfiles de las cortezas de intemperismo del norte oriental cubano demuestra que:

- Las partículas finas menores de $50 \mu\text{m}$ componen el 85 % del volumen de las menas de los depósitos ocrosos, disminuyendo hasta un 40 - 50 % en la zona superior o de oxidación (escombro).
- El 60 % del volumen de partículas finas está compuesto por tamaños de granos entre 5 y $44 \mu\text{m}$.
- Desde la base del corte hasta la zona de oxidación estas partículas finas están enriquecidas en elementos metálicos útiles (níquel y cobalto) asociado a su red cristalina o a la superficie del grano por procesos de adsorción.
- Los perfiles estudiados en este volumen de partículas finas, por las condiciones económicas del cálculo, representa menas industriales si se benefician para su obtención.
- Mineralógicamente los tamaños de granos menores de $50 \mu\text{m}$ están compuestos por: esmectitas, serpentinas y goethitas en la zona pálida y goethita en la zona ocrosa.

A estas fases se asocian otras fases minerales en pequeñas proporciones.

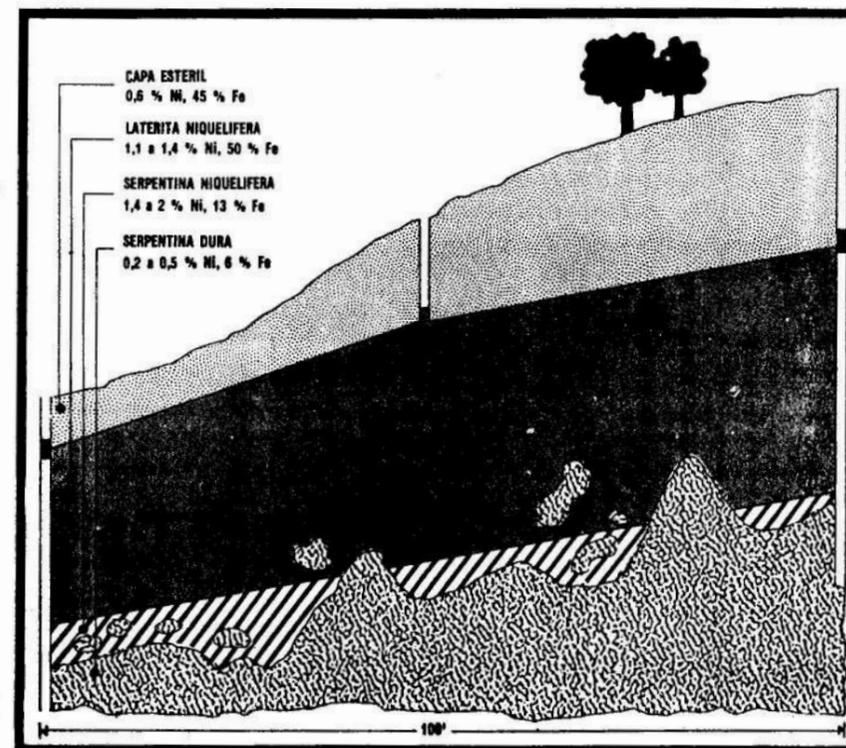
- Se aprecia un proceso de maduración con una mayor cristalinidad de las partículas, con el paso de goethitas cristalizadas a hematitas desde la zona de lixiviación a la de oxidación.
- El resto de las partículas mayores de $50 \mu\text{m}$ están generalmente compuestas por hematita, gibsita y goethita de red poco defectuosa o cristalizada en la zona de oxidación. El resto de la zona ocrosa la componen goethitas, gibsitas y espinelas.
- En la base del corte la composición de dichas partículas es fundamentalmente serpentinas neoformadas y esmectitas con pocas goethitas.
- Estas características de los depósitos ocrosos del norte oriental cubano favorecen el beneficio, desde el punto de vista granulométrico, para el aprovechamiento integral de las lateritas.

REFERENCIAS

1. ALONSO, J. y N. VEGA: "Aplicación del análisis de fases en mineralogía y petrografía", Curso de posgrado, CIGP, La Habana, 1986.
2. ALMAGUER, A. y J. TRUTIE: "Informe sobre la composición sustancial del yacimiento Pinares de Mayarí", Exploración orientativa, CNFG, La Habana, 1988.
3. ———: "Informe sobre la composición sustancial del yacimiento Canadá", Exploración orientativa, CNFG, La Habana, 1988.
4. ALMAGUER, A.: "Informe sobre la composición sustancial del yacimiento Levisa", Exploración detallada, CNFG, La Habana, 1992.
5. ———: "Informe sobre la composición sustancial del yacimiento Yagrumaje", Exploración detallada, CNFG, La Habana, 1992.
6. ———: "Mineralogía y geoquímica de las cortezas de intemperismo lateríticas de las rocas ultramáficas de la provincia de Holguín", Tesis doctoral, CIACC, La Habana, 1989.
7. ———: "Estudio de la distribución del hierro, níquel y cobalto en los tamaños de granos que componen el perfil de las cortezas de intemperismo de las rocas ultramáficas, hasta su desarrollo laterítico y su relación con la mineralogía", Minería y Geología, Vol. 10, No. 2, 1993.
8. BETEJTIN, A.: *Curso de Mineralogía*, Ed. Mir, Moscú, 1970.
9. GALES, G.: "Trace elements in ultramafic rocks"; P. J. Wollie In Ultramafic and related rocks, pp. 222-238, New York, 1967.
10. GARY, H. & R. SIEMENS: "Solid-liquid separations in processing domestic laterites", Bureau of mines report of investigations, U.S., 1984.
11. GOSS, G.: "The kinetic and reaction mechanism of goethite to hematite transformation", Mineralogical Magazine, Vol. 51, pp. 437-451, 1987.
12. KUHNEL, R.; D. VAN HILTEN & H. ROORDA: "The crystallinity of minerals in alteration profiles (an example of goethite in laterite profiles)", Min. Soc. Symposium, Scheffeld Delft The Netherlands, 1973.
13. KUHNEL, R.; H. ROORDA & J. TEENSMA: "Distribution and partition of elements in nickeliferous laterites", Bull. BRGM, pp. 191-206, 1978.
14. LLOPIZ, J.; M. ROMERO & A. RODRIGUEZ: "La difracción de los rayos X por los cristales", Universidad de la Habana, Fac. de Química, 1986.
15. LAVANT, W.: "Litologo-mineralogicheskii kontrol arudenleniya v kore vivetrivaniga ultramafitov rudnogo mesterochdienil Punta Gorda, Las Camariocas y Piloto o Kuby", Tesis doctoral, CIACC, La Habana, 1987.
16. MAC KENZIE, R.: "Differential thermal analysis, Vol. 1 y 2 A.P. London, 1970.
17. MOJENA, L.; C. DIAZ & A. DIAZ: "Estudio mineralógico por microsonda de las fracciones granulométricas del escombro laterítico de Pinares de Mayarí", III Jornada Científico Técnica, E.G.M.O, Santiago de Cuba, 1988.
18. ORTIZ, M. & J. TRUTIE: "Informe sobre la composición sustancial del yacimiento Yamanigüey", Exploración detallada, CNFG, La Habana, 1987.

19. SCHELLMANN, W.: "Behaviour of nickel, cobalt and chromium in ferruginous lateritic nickel ores". Bull. BRGM. A78, pp. 275-282.
20. TRUTIE, J.; A. ALMAGUER: "Informe de la composición sustancial del yacimiento Cantarrana. Búsqueda detallada", CNFG, La Habana, 1985.
21. VAN DER MAREL, H. & H. BEUTELRPACHER: "Atlas of infrared spectroscopy of clay minerals and admixtures", Elsevier S.P.C., 1976.
22. WOOD, D.; J. JORON & M. TRESIEL: "A re-appraisal of the use of trace elements to classify and discriminate between magma series erupted in different tectonic settings", Ear. and Plan. Sci Letters, pp. 326-336, 1976.
23. ZUZUK, F. & V. KRIUKOV: "Sorsia nikelia oksidami y gidroksidami yelesa y margantsa", Geoquímica, no. 2, pp. 260-265, 1987.

Los yacimientos de lateritas níquelíferas de Nicaro se presentan como mantos residuales, resultantes de la intemperización de la serpentina, y en la mayoría de los casos yacen en llaques que tienen una elevación comprendida entre 150 y 300 metros. El minado se realiza "a cielo abierto".



Perfil típico de un depósito de mineral oxidado de Níquel en el nordeste de Cuba.