



LA METEORIZACION DE LA OFIOLITA DE CUBA ORIENTAL. MODELOS GEOLOGICOS Y TERMINOLOGIA CUBANA.

Dr. Waldo Lavaut

*Geominera de Oriente, Carretera Siboney, Km 2.5, Santiago de Cuba, Cuba. C. Elect.:
niquel@geom.stg.minbas.cu*

RESUMEN

Se presenta una generalización actualizada de los resultados los trabajos geológicos realizados en los últimos 15 años en las ofiolitas y lateritas de los macizos Sierra de Nipe y Moa-Baracoa en el estilo de la escuela cubana, cuyos datos se contrastan con otras regiones del mundo, elaborando nuevas concepciones sobre la clasificación de las cortezas de intemperismo, las tendencias petroquímica de los procesos de intemperismo, los modelos descriptivos geológicos de los yacimientos, las particularidades del léxico terminológico cubano y su lugar en las concepciones modernas mundiales, así como la nueva información petrológica sobre estos macizos de rocas máficas y ultramáficas y las particularidades de su meteorización. Se muestra la dependencia entre el potencial económico de los yacimientos y los factores geológicos mencionados, así como su importancia para el uso racional de las lateritas y la protección del medio ambiente.

Se delimitan tres modelos descriptivos de yacimientos de intemperismo: "lateríticos", "laterítico-saprolíticos" y "sedimentarios litorales", que son valederos para Cuba y para otros países, y que se conforman por primera vez, ya que hasta ahora era conocido un solo modelo publicado por Cox y Singer en 1986, lo que se logró sobre la base de la generalización de la información geológica de Cuba y otras regiones del mundo. Se muestran los trenes de evolución de la meteorización de las rocas ultramáficas, máficas y leucocrátidos ofiolíticos para las condiciones de Cuba Oriental, entre otros.

Los materiales geológicos mostrados representan una novedad y un aporte significativo a un tema de gran actualidad en la comunidad geológica internacional.

ABSTRACT

Generalised information about the geological works carried out during the last 15 years in ophiolites and their regoliths of the NE of Cuba within the Sierra de Nipe and Moa-Baracoa massifs using Cuban terminology and are exposed in comparison with other regions of the World. New conceptions of the classification of the crusts of waste, the petrochemical trends of the weathering processes, the descriptive models of lateritic Cuban ore deposits, the lexical particularities used in Cuba by geologists and its position into modern world conceptions are treated. New petrological information about Cuban eastern ophiolite is offered. The dependance between economic potential of ore deposits and the characteristics of the ophiolite rocks is demonstrated as well as its importance for rational use of laterites and protection of ambiental conditions.

Introducción

En los últimos 15 años se ha logrado un significativo avance en el conocimiento de las lateritas cubanas y en el desarrollo de la tecnología que se aplica en su prospección geológica y procesamiento industrial. También se han alcanzado resultados importantes en el conocimiento y mapeo de la ofiolita cubana en lo que han tenido participación algunas instituciones investigativas, científicas y docentes importantes del país y extranjeras: EGMO, IGP, ISMM de Moa (Cuba), Universidad de Granada (España), Universidad de Barcelona (España),



Universidad de Washington (E.E. U. U.), Universidad de Hong Kong (China), Universidad de Stanford (California, E.E.U.U.).

Los resultados del estudio de ofiolita han contribuido a un mejor conocimiento de las cortezas de intemperismo desarrolladas sobre ellas. Se han realizado significativos esfuerzos por mejorar los modelos geológicos de los yacimientos y depósitos de mineral laterítico con una mayor cartografía de las rocas máficas y ultramáficas ofiolíticas meteorizadas, lo que a su vez repercute en la eficiencia de la minería y del procesamiento industrial del mineral. En este respecto, esta labor se ha propiciado por la posibilidad de utilizar la información obtenida por redes detalladas de perforación y muestreo, tales como las redes de 8.3x8.3m, 12.5x12.5m, 16.6x16.6m, 23.5x23.5m, 25x25m, 30x30m, 33.3x33.3m, aunque aún alrededor del 75% del área con desarrollo de cortezas lateríticas permanecen evaluadas por redes bastante amplias (100x100m y 300x300m), lo que dificulta la captación de detalles de la estructura de la ofiolita en su variante meteorizada.

Los principales problemas radican hasta ahora en la correlación espacial entre los diferentes macizos con la reconstrucción de los distintos niveles de la ofiolita, así como lograr mayor claridad sobre el ambiente geodinámico de formación por macizo de las ofiolitas cubanas, en lo que se han presentado varios modelos diferentes que tratan los ambientes de trasarco, suprasubducción y rift oceánico. Se reporta también su génesis a través del magmatismo toleítico y boninitico. Existe un mejor acuerdo en cuanto a la edad geológica de su emplazamiento tectónico.

En relación con las cortezas de intemperismo de las rocas ofiolíticas de Cuba Nororiental, se requiere de la unificación de los criterios sobre la clasificación de las categorías de reservas y recursos minerales, así como de una redistribución más racional de los yacimientos de acuerdo a su modelo geológico entre las plantas de procesamiento existentes en el país para lograr un aprovechamiento más racional. En el orden terminológico, se requiere de un consenso mundial para la unificación de la terminología litológica que se emplea en los distintos ámbitos para el tratamiento de las cortezas de intemperismo de las rocas máficas y ultramáficas y que dicha clasificación sea registrada por el órgano lexicológico oficial internacional (I.U.G.S.), para lo cual se requiere de la realización de un taller o conferencia internacional con recorridos de campo.

El presente trabajo se limitará a exponer la experiencia cubana y los resultados obtenidos en la evaluación de las ofiolitas y lateritas de Cuba Nororiental, donde se enclavan las principales riquezas de Ni y Co lateríticos del país.

Materiales y métodos

El presente trabajo se basa en el procesamiento, comparación y generalización de la información obtenida durante los trabajos de prospección geológica, así como proveniente de reconocimientos geológicos magistrales realizados sobre afloramientos claves ubicados en el área de los macizos ofiolíticos y del análisis y de la generalización de la información de fondo y publicada.

Para ello, se utilizó la base de datos disponible en la EGMO sobre los principales yacimientos lateríticos del país: Pinares de Mayarí, Levisa, Moa Oriental, Punta Gorda, Las Camariocas, Piloto, La Delta, Cantarana y Yagrumaje (Sectores Sur y Oeste), por lo que se procesó geológica y geoquímicamente los datos de litología y quimismo de más de 26 943 pozos con 298 461 muestras básicas de Fe, Ni, Co.



Se realizó el cálculo de reservas para una condición fija de Ni=0.9% para el material saprolítico y laterítico de la corteza de intemperismo. Por las condiciones de Fe y Ni de los siete tipos tecnológicos tradicionales de menas FF,LF,LB,SB,SF,SD y RE con cut off de Ni=0.9 %, para facilitar las comparaciones, y se realizó la correspondiente geometrización en isolíneas de los parámetros fundamentales (potencias, contenidos, pesos volumétricos) en los promedios de pozos y diagramación de dispersión de los tonelajes contra leyes (Fe,Ni,Co,peso volumétrico y volumen de escombros superior por bloque de explotación de 300x300m).

Además, se geometrizó arealmente los dominios litológicos de cada yacimiento, así como la distribución de las variedades de rocas que componen el sustrato de la corteza de intemperismo, con el objetivo de resaltar la presencia y ubicación de rocas gabroideas, tanto frescas (basamento), como intemperizadas (en los depósitos friables), por la importancia que esto reviste para la minería y tratamiento geológico y tecnológico de los yacimientos, ya que los gabroides meteorizados son fuertes contaminantes del mineral que se va a procesar y muchas veces pasan inadvertidos, sobre todo cuando están fuertemente meteorizados, encubiertos por la vegetación o escaparon a la vista del geólogo por alguna otra causa. Con éste objetivo, se generalizó la información existente sobre las cortezas de intemperismo de las rocas ultramáficas y gabroides, existentes en los mencionados yacimientos y de áreas aledañas.

Se realizó el estudio petrológico de las rocas del basamento de la corteza de intemperismo, utilizando en ello más de 334 descripciones petrográficas y 133 análisis químicos completos (silicatos), sistematizando y generalizando la información de los yacimientos de las regiones Mayarí-Nicaró y Moa-Baracoa, desde este punto de vista. Se geometrizó y caracterizó la difusión de saprolitas en los yacimientos, ofreciendo el primer cálculo general de recursos y clasificando los yacimientos en distintos tipos según la relación laterita y saprolita.

Resultados y discusión

1. LA OFIOLITA DE LOS MACIZOS NIPE-CRISTAL Y MOA -BARACOA COMO SUBSTRATO DE LA CORTEZA DE INTEMPERISMO NIQUELÍFERA

Los macizos de Sierra de Nipe-Cristal y Moa-Baracoa constituyen la mayor parte del segmento oriental del cinturón ofiolítico cubano, siendo considerados porciones alóctonas de litósfera oceánica con una extensión de 170 km, un ancho de 10-12 km, cerca de 1000 m de espesor promedio y con una superficie total de 2 700 km² (5). Estos macizos fueron obducidos hasta la superficie durante la colapsación de la paleoestructura volcánica de Cuba, manteniendo una elevada base erosional en su mayor área durante un tiempo geológico prolongado: no menos de 80-85 millones de años, o sea, desde el Cenomaniano. El 30% de su superficie está cubierta eluvialmente por una corteza de intemperismo laterítica de 10 m de potencia promedio, desarrollada en terrenos amesetados y de suave pendiente (principalmente 5-15°), con cotas entre +50 hasta +900 m respecto al nivel del mar, prolongadamente (Maestríctiano-Paleoceno hasta el Reciente) (3). La edad del emplazamiento tectónico de estos macizos se considera entre el Cretácico Superior (Campaniano) y el Paleoceno Inferior, según las evidencias estratigráficas de los cabalgamientos asociados a las ofiolitas (6).

El macizo Nipe-Cristal está constituido principalmente por rocas del complejo tectonizado y, en menor grado, también del cumulítico máfico y de la zona de transición (impregnación) entre ambos. Algunos investigadores (4) reportan también la presencia del complejo de diques paralelos de diabasas, pero las relaciones de campo de estos diques indican su pertenencia a la parte superior transicional (zona de impregnación) del complejo tectonizado, ya que ampliamente cortan tardíamente a los cuerpos de harzburgita alternantes con dunita y a



cromitas de alto cromo incluidas en esta última, así también como a diques de piroxenitas (websterita) que cortan a las rocas ultramáficas y cromitas. No obstante, por su composición química estas mafitas son compatibles con diques paralelos. El grado de serpentización de las ultramafitas es generalmente mayor de 50% y cercano a 95-100% para las muestras de superficie, debido fundamentalmente a la hidratación meteórica, ya que se observa una tendencia a la disminución hasta 30-45% de la serpentización con el incremento de la profundidad. La presencia de los diques cortantes de piroxenita, abundantes inclusiones de pargasita, correlación negativa del patrón de tierras raras ligeras, el carácter eminentemente metalúrgico de las cromitas (cromitas de alto cromo), etc. indican una génesis de las rocas de este macizo ofiolítico a partir de fundidos boniniticos con altas tasas de fusión parcial y alto contenido de volátiles (fusión matélica hídrica) en condiciones mantuales relativamente calientes compatibles con el ambiente profundo de una zona de suprasubducción (5, 7).

Las principales rocas ultramáficas que constituyen al macizo Nipe-Cristal son las harzburgitas y en menor grado (20-30% de difusión) las dunitas, que forman cuerpos tabulares, lenticulares o esferoidales dentro de la masa harzburgítica, generandose en determinadas localidades frecuentes bandeamientos (alternancias dunito-harzburgíticas) con la separación de cuerpos relativamente potentes (15-60m) de dunita generalmente con cromitas en su interior (70% de probabilidad), lo que controla la distribución de depósitos y yacimientos cromíferos de este macizo. La propagación de rocas máficas es significativa en el macizo, aunque ellas predominan en la periferia del macizo. Las mafitas mas difundidas espacialmente son las diabasas y doleritas que muestran una variación centrípeta simétrica del tamaño del grano, con la granulometría gruesa hacia el centro que en ocasiones llega a formar tamaños pegmatoides pequeño y mediano de los piroxenos. La variación de la granulometría de las mafitas condiciona la generación de gabro-diabasas y microgabros, y minoritariamente de gabros. Se encuentran en este macizo también con menor difusión diferenciados que constituyen leucocrátidos ofiolíticos representados por dioritas cuárcicas y tonalita leucocrática (micromonzodioritas), en las localidades Pinalito y La Chivera, que cortan a las peridotitas formando diques.

El macizo Moa-Baracoa presenta un corte ofiolítico más completo, pero con una difusión muy restringida del complejo tectonizado (peridotítico) que se ha reconocido en el bloque de Monte Bueno con unos 40 Km² de extensión (2), aunque también se indica en localidades aisladas del macizo Moa-Baracoa, por ejemplo la región de El Toldo, Miraflores, etc. Las tectonitas se constituyen por harzburgitas y dunitas subordinadas con cuerpos de cromitas, y presentan una estructura protogranular con deformación del olivino y piroxenos; minoritariamente se asocian dunitas plagioclásicas, wehrlitas, lherzolitas, piroxenitas y anfibolitas de bajo grado de metamorfismo del Jurásico Superior-Cretácico Inferior. Aunque se considera problemático la determinación de la posición del Moho petrográfico, las peridotitas del complejo cumulativo presentan ciclicidad o bandeamiento debido a la segregación de piroxenos (2), siendo las harzburgitas y wehrlitas las rocas más frecuentes, y ocasionalmente aparecen piroxenitas, lherzolitas, así como transiciones entre estas rocas. Los complejos de gabros forman cuerpos de 1 - 3 Km de ancho y 10-15 Km de longitud, cuya parte inferior se caracteriza por un significativo bandeamiento. Las principales rocas máficas establecidas son gabros olivínicos, gabronoritas, gabros, leuco y melanogabros, troctolitas, gabros pegmatíticos, anortositas y leucocrátidos ofiolíticos (dioritas, plagiogranito oceánico, albitita). El complejo de diques de diabasas no es característico en este macizo y se ha reportado en forma de bloques tectónicos incluidos en la parte superior de los niveles de gabros, estando representados por diques de diabasa, microgabro, dolerita y basalto. Las rocas ultramáficas con plagioclasa (dunita plagioclásica, harzburgita plagioclásica, lherzolita plagioclásica, wehrlita plagioclásica, troctolita, etc.) indican la presencia de la zona de transición, que en este macizo está bien manifestada. La génesis de las ofiolitas de este macizo se asocia a magmas tholeíticos generados por tasas



reducidas de fusión parcial afín con los basaltos de tipo MORB en mantos pocos profundos, o posiblemente de cuenca de back-arc influido por la percolación magmática proveniente de las partes profundas de una zona de subducción.

2. LA METEORIZACION DE LA OFIOLITA DE NIPE-CRISTAL Y MOA BARACOA. MODELOS GEOLOGICOS, CLASIFICACIONES Y TERMINOLOGIAS .

La meteorización de la ofiolita se determina por los factores climatológicos de intemperismo y las particularidades de las rocas madres que se intemperizan. Entre los aspectos claves podemos destacar:

- Posición del área en cuestión en el corte ofiolítico(complejo o nivel a que pertenece).
- Variedades de rocas máficas y ultramáficas que componen el substrato de la corteza de intemperismo y su ubicación espacial.
- Ubicación del fallamiento tectónico y su influencia en la distribución de los tipos de menas.
- Situación geomorfológica del área y su relación con las características hidrogeológicas y de formación de menas.
- Comportamiento areal y vertical geoquímico de los componentes químicos principales útiles y nocivos de las menas y su relación con los anteriormente mencionados factores geológicos.
- Zonalidad litológica de la corteza de intemperismo y su relación con el potencial menífero y distribución vertical de la minaralización.
- Tipos de perfiles de intemperismo que componen al yacimiento, su difusión areal y relación con los factores geomorfológicos, tectónicos, microclimáticos y petrológicos del basamento de rocas madres de la corteza de intemperismo.
- Paleogeografía de la región de ubicación del yacimiento y su relación con la génesis del yacimiento.

Durante la realización de esta investigación, se abarcó la mayoría de los factores relacionados, creando nuevas clasificaciones litológicas (Vea tabla No.I y II), que permiten zonificar las áreas y yacimientos en relación con su potencialidad menífera, conscientes de que el factor litológico es determinante en esto.



Tabla No.I. Estructura litológica de las cortezas de intemperismo de ultramafitas de Cuba Oriental (W.Lavaut, 1987).

Zonas Litológicas Genéticas	Litotipos cubanos	Léxico inglés	Tipos de Perfiles de Intemperismo ⁽²⁾
Zonas de deshidratación y globulación de hidróxidos de hierro	Ocre inestructural con concreciones ferruginosas (perdigón y coraza) (OICP) ⁽¹⁾	Ferricreta	Inestructural laterítico(goethítico-hematítico-gibbsítico)
Zona de ocretización completa	Ocre inestructural sin concreciones ferruginosas (OI)	Tierra roja (limonita)	Inestructural laterítico(goethítico-gibbsítico)
Idem	Ocre estructural final (OEF)	Saprolita fina (limonita)	Estructural incompleto laterítico(goethítico-gibbsítico)
Zona de ocretización parcial	Ocre estructural inicial o semiocre (OEI)	Saprolita blanda arcillosa	Estructural completo laterítico-saprolítico (goethítico-serpentínico)
Zona de lixiviación y ocretización inicial	Roca madre lixiviada y ligeramente ocretizada (RML)	Saprolita gruesa rocosa	Estructural incompleto saprolítico (serpentínico-arcilloso)
Zona de agrietamiento	Roca madre agrietada con mineralización zonal filoniana y masiva (RMA)	Roca madre	Estructural incompleto saprolítico (serpentínico querolítico)

(1) Entre paréntesis: las siglas de los litotipos (W. Lavaut, 1987), así como la terminología de la escuela inglesa (1).

(2) La clasificación de los perfiles es en dos tipos genéricos que son: perfiles inestructurales(compuestos sólo de ocres inestructurales) y perfiles estructurales(con la existencia de al menos una de las zonas estructurales). A su vez, los subdividimos en subtipos completos o incompletos, si falta alguna zona. Los perfiles estructurales completos tienen que: a)tener la zona de ocres estructurales finales, para los lateríticos; b)tener las zonas de ocres estructurales finales y ocres estructurales iniciales, para los laterítico-saprolíticos.



Tabla No. II

MODELACION LITOLOGICA DE LA CORTEZA DE INTEMPERISMO

COLUMNA		CLASIFICACION DEL PERFIL LITOLOGICO	
		PERFIL DE INTEMPERISMO	ZONAS LITOLOGICAS
1	* * OICP	L A T E R I T A	A) PERFILES LATERITICOS :
2	-V- OI		INESTRUCTURAL COMPLETO 1 y 2
	V		INESTRUCTURAL INCOMPLETO 1 ó 2
3	V OEF		ESTRUCTURAL COMPLETO 1, 2 y 3
	V		ESTRUCTURAL INCOMPLETO 1 ó 2 y 3
4	V @ V OEI		B) PERFILES LATERITICO-SAPROLITICOS :
	V	S A P R O L I T A	ESTRUCTURAL COMPLETO 1, 2, 3, 4 y 5
5	@ RML		ESTRUCTURAL INCOMPLETO 1 y/o 2 y/o 3 y 4 y/o 5
	V		C) PERFILES SAPROLITICOS:
6	V V RMA		ESTRUCTURAL COMPLETO 4 y 5
	V		ESTRUCTURAL INCOMPLETO 4 ó 5

La corteza de intemperismo laterítica, independientemente de la altimetría del terreno respecto al nivel del mar, presenta una misma estructura litológica zonal: con una hasta seis zonas litológicas, donde se distinguen dos zonas inestructurales (globulada, terrosa) y cuatro estructurales (con relíctos de la estructura primaria de la roca madre, fragmentaria, polvosa), ubicadas inmediatamente por debajo de las primeras. Según la composición zonal, se establecen tres tipos litológicos de perfiles de intemperismo: inestructural (con uno o dos litotipos inestructurales hematito-goethíticos gibsíticos); estructural incompleto (con dos litotipos inestructurales hematito-goethíticos gibsíticos y un litotipo estructural limonítico gibsítico); y estructural completo (con dos litotipos inestructurales hematito-goethíticos gibsíticos, un litotipo estructural limonítico gibsítico y un litotipo estructural serpentínico- arcilloso limonítico). Fluctuantemente, por debajo de cada perfil ocroso yacen las zonas litológicas de rocas madres lixiviadas y agrietadas, que completan el espesor total de alteración hipergénica de las rocas madres.

La composición zonal de la corteza de intemperismo arriba indicada, así como las condiciones genético-ambientales de formación de los depósitos de meorización, permiten establecer tres modelos geológicos básicos de depósitos minerales de intemperismo: tipo laterítico (propriadamente dicho, sin saprolitas); tipo laterítico-saprolítico (con laterita y saprolita); y tipo sedimentario litoral (producto de la erosión, acarreo, deposición y sedimentación del material de la corteza de intemperismo en un medio acuático marino o lagunar, por lo que este último constituye una formación sedimentaria (roca sedimentaria).



La presencia, difusión areal y potencia de los tipos litológicos de perfiles de intemperismo se controlan por la variación de la pendiente del terreno, el microclima, fisuración tectónica y el quimismo y mineralogía de las rocas madres ultramáficas (magnesialidad, ferrosidad-aluminosidad, cantidad y tipo de piroxeno y serpentinas), siendo más desfavorables los tipos menos serpentinizados, más antigoritizados y más piroxénicos, así como los terrenos con frecuentes pendientes entre 15 y 35°, y los ubicados en microclimas menos lluviosos (menor de 1500 mm/año). A tenor, la movilización geoquímica de la sílice y el magnesio para la maduración del perfil litológico de intemperismo va a seguir una tendencia de evolución particular y única en cada localidad: con retención, en los terrenos de poca pendiente (menor de 10°) y elevada humedad natural, por escaso desague o inundación y baja intensidad de la radiación solar (nubosidad, diferenciación climática vertical y estacional). Como consecuencia, se generan yacimientos lateríticos de diferente magnitud: con distinta potencia y contenidos de componentes útiles (Fe,Al,Ni,Mn,Co,Cr,Ti) y nocivos (Si,Mg,Al) en las menas, y con diferente relación mena / escombro.

El estudio integrado de los parámetros geometrizados mostró el relevante papel de los factores geomorfológicos, tectónicos regionales y locales, y de la diversidad de rocas madres en la distribución espacial de los dominios litológicos de los yacimientos y, por ende, de la regionalización tecnológica y del potencial menífero de los yacimientos, lo que es de gran utilidad para el establecimiento y localización de zonas homogéneas dentro de los yacimientos. En este respecto, se establecieron ocho tipos de perfiles de intemperismo de acuerdo a la estructura litológica del perfil y a la existencia de diferente zonalidad litológica en distintos puntos del yacimiento. La aplicación de este concepto a los yacimientos estudiados, reveló el carácter saprolítico del yacimiento Levisa, con un contenido promedio de Ni igual a 1.19 %, con Fe=13.81 % y potencia media de 2.56 m constituyendo el 41 % de sus reservas. En general, la existencia de saprolitas es bastante difundida en los yacimientos cubanos, aunque la de bajo contenido de hierro es de potencia relativamente pequeña (entre 1.5 y 3 m como promedio).

Se estableció y geometrizó la difusión de cortezas de intemperismo de gabroides en los campos meníferos de los yacimientos, estableciéndose una mayor difusión de estos fuertes contaminantes del mineral que la conocida. La difusión de los gabroides se presenta en forma de cadenas de manchas irregulares por su forma, manteniendo como regla, un estiramiento regional, concordante con las direcciones del sistema de fallas tectónicas regionales, principalmente en dirección NO-SE y NE-SO, lo que indica la relación de las fallas con los gabroides. Esto es un factor de primordial importancia para el buen minado de los yacimientos.

Se pudo comprobar la existencia de heterogeneidad geoquímica, condicionada por las diferencias microclimáticas, geomorfológicas y rocas madres, en yacimientos diferentes en yacimientos homólogos por el modelo geológico. Así, el yacimiento Pinares de Mayarí presenta mayor dispersión del contenido de Fe y Co en las menas que el yacimiento Moa Oriental, a pesar de pertenecer ambos al modelo laterítico de yacimientos de intemperismo. Los resultados obtenidos se ilustran con los materiales geológicos del yacimiento Punta Gorda.

Se establecieron cincuenta y una variedad petrográfica de rocas madres de la corteza de intemperismo, por lo que denota una gran diversidad. El principal portador de Ni y Co en las rocas madres es el olivino. Así, el contenido de NiO varía entre 0.32 y 0.50 % en los olivinos de las ultramafitas cubanas, mientras que en los piroxenos de estas mismas rocas el NiO fluctúa entre 0.02 y 0.12 %; en los gabroides, el contenido de NiO está entre 0.11 y 0.32 % en sus olivinos, mientras que en sus piroxenos el NiO varía entre 0.01 y 0.08 % (J. A. Proenza, micosonda de minerales, 1997). Es por esto, que algunas cortezas de gabroides olivínicos tienen tendencia a concentrar Ni, principalmente en forma de menas de tipo SB, como ocurre en



algunas áreas del yacimiento Yagrumaje y otros lugares. El resultado del estudio petrológico hecho se resume indica la posición de los yacimientos lateríticos cubanos en diferentes niveles del corte ofiolítico: desde Tectonitas (Pinares de Mayarí), pasando por la Zona Transicional (Levisa, Moa Oriental) hasta el nivel de los cúmulos ultramáficos y máficos (La Delta).

Conclusiones

La zonalidad litológica (perfiles) de la corteza de intemperismo de rocas ultramáficas en Cuba Oriental no es función de la altimetría del terreno respecto al nivel del mar, sino del gradiente de peniplanización (pendientes); composición química y mineral y grado de fisuración tectónica de las rocas madres; y del microclima de la localidad.

La tendencia de los procesos de intemperización de ultramafitas es única para cada localidad geomorfológica y microclimática (yacimiento), con marcadas disimilitudes aún dentro de una misma región, siendo las diferencias microclimáticas el factor más determinante.

La composición química y mineral de las zonas litológicas de la corteza de intemperismo de ultramafitas es función directa de la naturaleza petrológica de la roca madre (substrato) y de la tendencia de evolución del proceso de intemperismo (nivel de lixiviación del silicio y magnesio). La característica local se expresa en la proporción de tipos de perfiles de intemperismo desarrollados.

La migración geoquímica manifiesta dos estadíos básicos: a) acumulación general inicial de elementos metálicos (Al, Ti, Fe, Cr, Ni, Co, V, Cu, Zn, Zr, Mn, Nb, Ga, Au, Pt, Pd) con lixiviación y acarreo de los álcalis (Na, K, Ca, Mg) y silicio; b) redistribución parcial vertical de elementos metálicos (Fe^{3+} , Cr^{3+} , Mn, Co, Ni, Au, Pt, Pd) según las barreras geoquímicas (sorbsionales, cambios de pH).

El potencial económico de la corteza laterítica de ultramafitas es determinado por los factores geológicos señalados, en dependencia principalmente del proceso tecnológico de procesamiento de las menas y el mercado. En este reaspecto existen tres modelos geológicos básicos de depósitos minerales lateríticos: laterítico (propriadamente dicho, sin saprolitas), laterítico-saprolítico (con laterita y saprolita) y sedimentarios litorales producto de la erosión y sedimentación del material de la corteza de intemperismo en un medio acuático (marino o lagunar).

Referencias bibliográficas

- Golightly, J. P (1981). Nickeliferous laterite deposits. *Economic Geology*, 75th Anniversary volume, pp. 710-735. Canada.
- Gyarmati, P., J. Leyé, Zs. Peregi (1990). Informe final sobre los resultados del levantamiento geológico y búsquedas acompañantes en el polígono V. Guantánamo, 1987-90 (Inédito), 1069p.
- Lavaut W. (1998). Tendencias geológicas del intemperismo de las rocas ultramáficas en Cuba Oriental. *Minería y Geología* No. 15, pág. 9-16.
- Navarrete M., R. Rodríguez (1991). Generalización petrológica del corte ofiolítico de los yacimientos Pinares de mayarí, Canadá y Luz Norte, macizo Mayarí-Nicaró. *Minería y Geología*, No. 8, p. 3-10.
- Proenza, J., J.C. Melgarejo, F. Gervilla, W. Lavaut, D. Revé, G. Rodríguez (1998). Cromititas podiformes en la faja ofiolítica mayarí-Baracoa (Cuba). *Acta Geológica Hispánica*, v. 33,



- Quintas F., M. Hernández, M. Campo (1994). Asociaciones estructuro-formacionales del Mesozoico en Cuba Oriental y la Española. *Minería y Geología*, No. 11, p. 3-9.
- Zhou M., J. Lewis, J. Malpas, N. Muñoz (2001). The Mayari-Baracoa paired ophiolite belt, Eastern Cuba: Implications for tectonic settings and mineralization. *International Geology Review*, vol. 43, 2001, p.494-507.