Caracterización Mineralógica de las Esmectitas Niquelíferas del Yacimiento de San Felipe (Camagüey, Cuba)

/ TAMARA GALLARDO (1), ESPERANÇA TAULER (1, *), EMILIA GARCIA-ROMERO (2), JOAQUIN A. PROENZA (1) MERCEDES SUAREZ-BARRIOS (3), ALFONSO CHANG (4)

- (1) Departament de Cristal.lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. 08028 Barcelona (España)
- (2) Departámento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid (España)
- (3) Área de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca (España)
- (4) Empresa Geominera Camagüey. Carretera Central Este Km 51/2. Camagüey (Cuba)

INTRODUCCIÓN.

El yacimiento de San Felipe localizado en la provincia Camagüey en Cuba, representa un excelente ejemplo de depósitos laterítico de níquel tipo arcilla (Chang, 2005; Gallardo et al., 2010).

El perfil laterítico tiene un espesor promedio de 20 m y se ha desarrollado sobre un protolito de harzburgitas y dunitas serpentinizadas, intruidas por diques de gabros. El perfil de meteorización se ha dividido en tres zonas de muro a techo siguiendo la descripción propuesta por Gaudin et al., (2005) en Murrin Murrin (Australia) para un perfil laterítico tipo arcilla: i) zona saprolítica (~4 m de espesor) formada por fragmentos compactos de color verde-gris. ii) zona esmectítica (~7 m) muy poco compacta de color marrón verdoso y iii) zona ferruginosa (~9 m) muy terrosa de color marrón que hacia la parte superior es de color amarillomarrón.

En este trabajo se presentan los resultados de la caracterización mineralógica esmectitas de las representativas de la zona saprolítica y esmectítica del perfil de San Felipe mediante análisis de Difracción de rayos X (DRX) tanto de muestras en polvo como de agregados orientados (AO, AO+EG, AO+550°C) y Microscopia Electrónica de Barrido (SEM-EDS) y de Transmisión (TEM-AEM).

MINERALOGIA.

La zona saprolítica esta compuesta mayoritariamente por lizardita y, en menor proporción por un mineral del grupo de las esmectitas y maghemita (Fig. 1).



fig 1. Difractogramas de muestras representativas de la zona esmectítica (espectro inferior) y saprolita (espectro superior). En la parte inferior se representan los patrones utilizados.

En general las muestras conservan la estructura primaria de la peridotita serpentinizada (textura mallada) formada durante el proceso de serpentinización de fondo oceánico (Fig. 2). En los núcleos de los olivinos se observa un agregado criptocristalino de color verde que se identifica como un mineral del grupo de las esmectitas (sm).



fig 2. Imagen de microscopia óptica de la alteración de los granos de olivino.

Los granos de olivino están alterados, con diferentes generaciones de lizardita (lz) siguiendo los bordes y fracturas. Los oxihidróxidos de Fe (ox.Fe) han precipitado entre las láminas de lizardita. Las imágenes de BSE-SEM de los granos de olivino muestran varias generaciones de agregados laminares concéntricos de esmectita, perfectamente ordenados en algunas zonas y desordenados en otras (Fig. 3).



fig 3. Imagen de BSE-SEM de grano de olivino alterado a esmectita y lizardita.

89

La zona esmectítica está dominada por minerales del grupo de la esmectita y en menor proporción por lizardita y maghemita (Fig. 1). Los espectros de DRX en forma de agregado orientado muestran un pico intenso a 14.7 Å, indicando la presencia de una esmectita con 2 capas de agua. Al calentar colapsa la estructura a 9.9 Å y cuando se satura con etilenglicol el espaciado aumenta a 17.3 Å. Los valores del espaciado (060) son de 1.51 Å, valor característico de una esmectita dioctaédrica rica en Fe (Desprairies, 1983).

En la zona esmectítica la textura primaria del protolito prácticamente no se preserva. La lizardita se observa parcialmente reemplazada por esmectita.

Las imágenes de TEM muestran agregados escamosos de esmectitas y granos con síntomas de disolución en la lizardita (Fig. 4).



ng, 4. Imagen de TEM de agregados de esmecuta. Se marca la posición de dos análisis AEM 1: esmectita, 2: lizardita.

En la tabla 1 se presentan las formulas estructurales de algunas esmectitas representativas de la zona esmectítica del perfil de San Felipe calculadas en base a 22 oxígenos. El contenido en Al en posición tetraédrica es muy bajo. La ocupación octaédrica oscila entre 4.02 y 4.38 átomos. El Fe3+ es el catión mayoritario en posición octaédrica, el contenido de Ni varia entre 0.13 a 0.34 átomos por formula unidad. Las composiciones de las esmectitas analizadas se han representado en el diagrama de la Fig. 5 junto con los análisis de las esmectitas tipo plasma y las saponitas de la zona saprolítica de Murrin Murrin (Gaudin et al., 2004,

	Si	AI∾	∑tetr	AIM	Fe ³⁺	Mg	Ni	∑oct	Ca	к
Sm01	7.86	0.14	8.00	0.51	1.99	1.52		4.02	0.79	0.02
Sm02	7.91	0.09	8.00	0.88	1.90	1.40	0.20	4.38	0.28	
Sm03	8.06		8.06	0.75	2.21	0.99	0.34	4.29	0.10	0.03
Sm04	8.05		8.05	0.79	2.20	0.99	0.34	4.32	0.07	0.03
Sm05	8.09		8.09	0.70	2.06	1.21	0.31	4.28	0.14	0.03
Sm06	8.09		8.09	0.45	1.98	1.74	0.29	4.46	0.13	0.03
Sm07	8.05		8.05	0.47	2.41	1.29	0.13	4.30	0.14	0.03

 Table 1: Formulas estructurales de esmectitas basadas en análisis de TEM-AEM de partículas de la zona esmectítica del perfil de San Felipe.





fig. 5. Análisis de TEM-AEM de esmectitas de San Felipe. A manera de comparación también se representan los análisis de esmectitas de Murrin Murrin.

La composición de las esmectitas del perfil laterítico de San Felipe presenta una variación composicional muy similar a las de Murrin Murrin. Las esmectitas de la zona esmectítica son similares a las tipo plasma descritas como dioctaédricas (Fe-nontronita) Las esmectitas de mayor profundidad presentan enriquecimiento un en magnesio hasta llegar а una composición aue corresponde а esmectitas trioctaédricas (saponita). transición de esmectitas Esta trioctaédricas a dioctaédricas se ha descrito en diferentes perfiles de alteración meteórica desarrollados sobre rocas ultramáficas (Colin et al., 1990).

CONCLUSIONES.

El perfil laterítico de San Felipe presenta una zona esmectítica rica en Ni entre el horizonte superior ferruginoso y el inferior saprolítico. Las principales esmectitas niquelíferas presentes son predominantemente de carácter nontronitíco ricas en Mg. El Ni se encuentra sustituyendo el Fe³⁺ o el Mg en las capas octaédricas. Las esmectitas ligera presentan una

disminución del magnesio de muro a techo en el perfil que puede atribuirse a la gran movilidad del magnesio bajo condiciones meteóricas. El inicio del enriquecimiento en Ni de las esmectitas corresponde con la discontinuidad del magnesio en el perfil laterítico. Se forman a partir de soluciones ricas en Ni provenientes de la de la recristalización y deshidratación de los oxihidróxidos de Fe que contienen Ni en el horizonte ferruginoso superior.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos CGL2009-10924 y CGL2009-10764.

REFERENCIAS.

- Chang, A. (2005): Características geólogogeoquímicas y mineralógicas del yacimiento de lateritas niquelíferas San Felipe, Camagüey, Cuba. In: Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, (Memorias), 1, 587-601.
- Colin, F., Nahon, D., Trescases, J., Melpi, A. (1990): Lateritic weathering of pyroxenites at Niquelandia, Goias, Brazil : the supergene behavior of nickel. Econ. Geol., 85, 1010-1023.
- Desprairies, A. (1983): Relation entre le paramètre b des smectites et leur contenu en fer et magnesium. Application à l'étude des sédiments. Clay Miner., 18, 165-175.
- Gallardo, T., Chang, A., Tauler, E., Proenza, J. (2010): El yacimiento de San Felipe (Camagüey, Cuba): un ejemplo de Latritas Niquelíferas tipo Arcilla. Macla, **13**, 87-88.
- Gaudin, A., Grauby, O., Noack, Y., Decarreau, A., Petit, S. (2004): Accurate crystal chemistry of ferric smectites from the lateritic nickel ore of Murrin Murrin (Western Asutralia). I. XRD and multi-scale chemical approached. Clay Miner., **39**, 301-315.
- Gaudin, A., Decarreau, A., Noack, Y., Grauby, O. (2005): Clay Mineralogy of the nickel laterite ore developed from serpentinised peridotites at Murrin Murrin, Western Australia Australian Journal of Earth Sciences, **52**, 231-241.