



Diciembre 2018 - ISSN: 1696-8352

POTENCIALIDADES DEL DEPÓSITO LATERÍTICO CAJÁLBANA PARA LA PRODUCCIÓN DE FERRONÍQUEL.

Juan Ruiz Quintana

Ing. Metalúrgico. Master en Ciencias. Profesor Asistente. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Director General de Minería del Ministerio de Energía y Minas. Cuba. jruiz@minem.gob.cu

José Alberto Pons Herrera

Ing. Metalúrgico José A. Pons Herrera. Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba. jpons@ismm.edu.cu

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Juan Ruiz Quintana y José Alberto Pons Herrera (2018): "Potencialidades del depósito laterítico Cajálbana para la producción de ferroníquel", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (diciembre 2018). En línea:

<https://www.eumed.net/rev/oel/2018/12/produccion-ferroniquel.html>

Resumen:

Cuba posee grandes potencialidades para lograr la producción de ferroaleaciones, principalmente Ferroníquel, como resultado de los importantes recursos minerales que posee y las experiencias investigativas y productivas desarrolladas durante más de 15 años, que avalan esta afirmación. En el presente trabajo se exponen las experiencias acumuladas durante la caracterización, tratamiento y procesamiento de los principales minerales existentes en la región de Cajálbana en Pinar del Río, para la producción de ferroníquel, a partir de resultados experimentales realizados, tanto a escala de banco como piloto. Se exponen además las características generales del procesamiento pirometalúrgico de diferentes mezclas metalúrgicas.

Palabras Claves: Ferroníquel, Cajálbana, mineral laterítico.

Summary:

Cuba has great potential to achieve the production of ferroalloys, mainly Ferronickel, as a result of the important mineral resources it possesses and the research and productive experiences developed over more than 15 years, which support this claim. The present work exposes the accumulated experiences during the characterization, treatment and processing of the main minerals existing in the Moa region in Holguín, as well as the comparison with the deposits of the San Felipe areas in Camagüey and Cajálbana in Pinar del Río, for the production of ferroalloys, considering the productive potentials, existing to obtain Ferronickel and other ferroalloys, based on experimental results, both at the bank and pilot levels. The general characteristics of the pyrometallurgical processing of different metallurgical mixtures, for the production of Ferronickel in Cuba, from different lithological types of lateritic ores from the Moa region are also exposed. Finally, from the results obtained with the processing of the minerals of the Moa region, the characteristics of the lateritic deposits of the three zones studied are compared and the technological variants are analyzed, for their possible exploitation and metallurgical processing.

Keywords: Ferronickel, Cajálbana, Lateritic mineral

INTRODUCCIÓN

Características de los minerales de ferroniquelíferos cubanos.

Cuba posee importantes recursos minerales, con características muy similares en diferentes partes de su territorio, sin embargo, por el nivel de estudio y explotación, los yacimientos ferroniquelíferos, se diferencian de manera significativa, sobresaliendo los depósitos minerales de Moa en la provincia de Holguín, San Felipe en Camagüey y Cajálbana en Pinar del Río, como se aprecia en la figura siguiente.

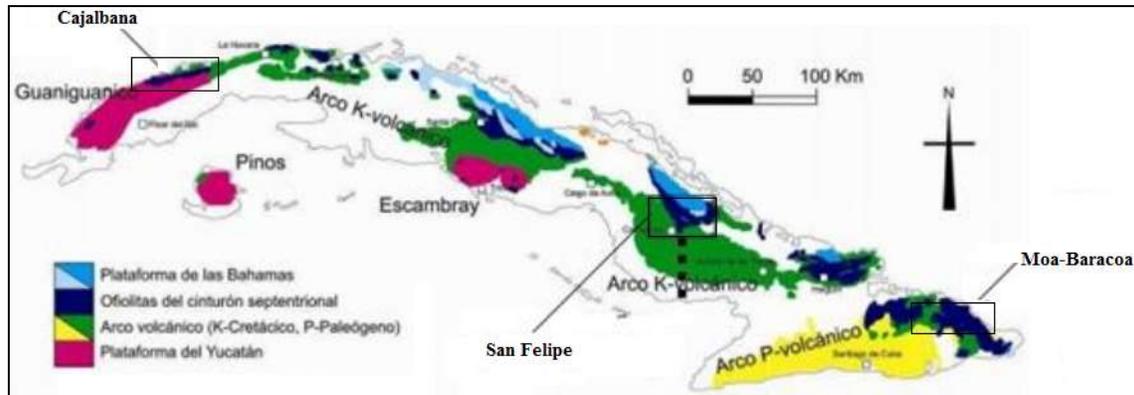


Figura 1. Principales depósitos de minerales de níquel en Cuba, (Pons, Ramírez, Ruiz, Majendie, & Chang, 2018).

Por sus características químicas, mineralógicas y térmicas, estos yacimientos poseen posibilidades potenciales para la producción de Ferroníquel (FeNi), principalmente, los del depósito mineral Cajálbana, caracterizado por la presencia de la goethita como la principal fase portadora de níquel y hierro, ya que, “tanto en perfiles maduros como inmaduros, la goethita se concentra en la clase granulométrica menor de 0,045 mm, la cual representa alrededor del 50 % en peso de los horizontes ocrosos para ambos tipos de perfil, y contiene como promedio 1,4 % de Ni”, (Ruiz, Pons, Otaño, & al, Julio-Septiembre 2018), como se aprecia en la figura 2. Esta fase es posible tratar con tecnologías pirometalúrgicas, para la producción de ferroníquel, con relativamente bajas velocidades de calentamiento, 10 K/min, altos niveles de reducción e incluso la posibilidad de obtener FeNi de bajo grado también conocido como *Nickel Pig Iron* (NPI), con bajos contenidos de níquel, entre 3 – 4 %, (Astuti, Andika, & Nurjamaen, 2017).

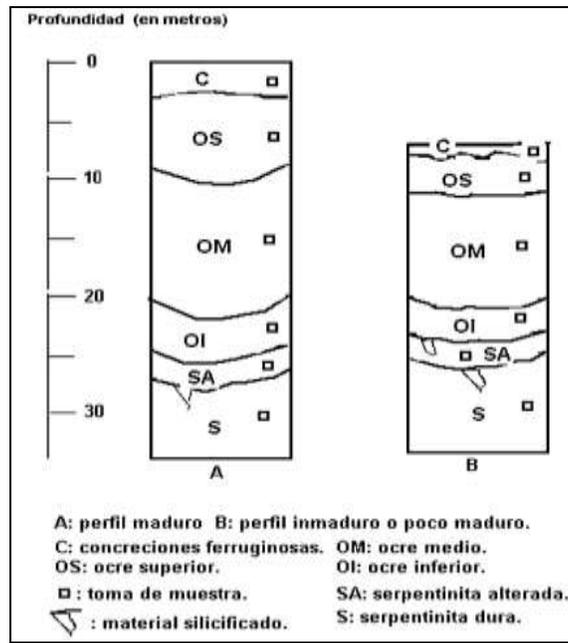


Figura 2. Perfiles esquemáticos de alteración laterítica de yacimientos ferroniquelíferos de Cajalbana.

Por tanto, la presencia significativa de minerales de hierro, magnesio, sílice, níquel, cromo y cobalto, con bajos contenidos de impurezas de fósforo y azufre, brindan la posibilidad de procesar por métodos pirometalúrgicos a estos depósitos minerales, para la producción de ferroaleaciones, principalmente, ferroníquel.

1.1 Características de los Minerales de Cajalbana, Pinar del Río

Los perfiles litológicos del depósito mineral Cajalbana, son del tipo Laterítico-Saprolítico, en correspondencia con los trabajos de Ariosa et al., (2003), pero con predominio del Laterítico Saprolítico Estructural Incompleto, que, desde la superficie del corte hasta la base, constituyen perfiles con presencia principal, de minerales de hierro, níquel, aluminio, silicio y cromo, cuyas características químicas se muestran en la figura siguiente.

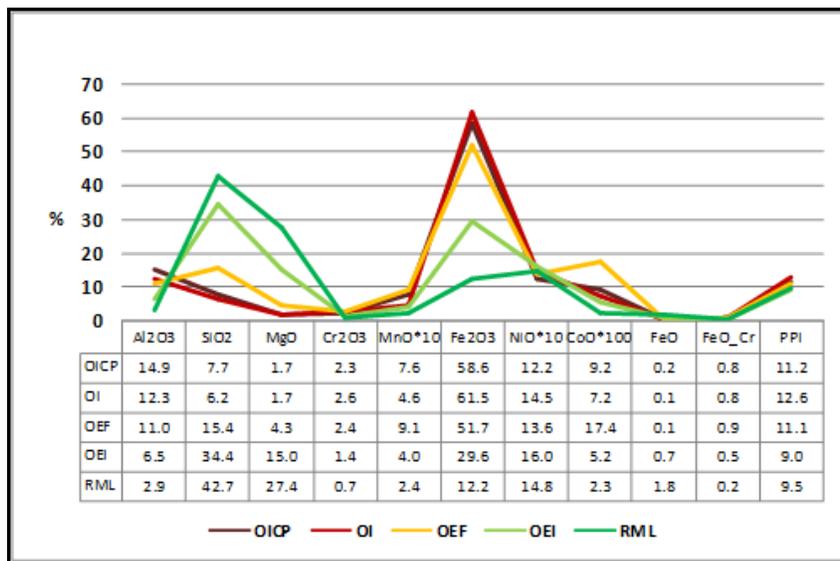


Figura 4. Contenido promedio de los óxidos por litologías existentes en el depósito Cajálbana en Pinar del Río, (Ruiz, Pons, Otaño, & al, Julio-Septiembre 2018).

(OICP): Ocre inestructural con concreciones de hierro, (OI): Ocre inestructural sin concreciones de hierro, (OEF): Ocre estructural final, (OEI): Ocre estructural inicial, (RML): Serpentinitas Lixiviadas y Desintegradas).

1. 2 Características Térmicas y mineralógicas de los Minerales de Cajálbana.

Los minerales de la región de Cajálbana, se caracterizan por presentar fases principales de hierro (goethita, espinelas), clorita y como fases secundarias minerales de serpentina, principalmente antigorita, (Ruiz, Pons, Otaño, & al, Julio-Septiembre 2018), como se aprecia en la figura siguiente.

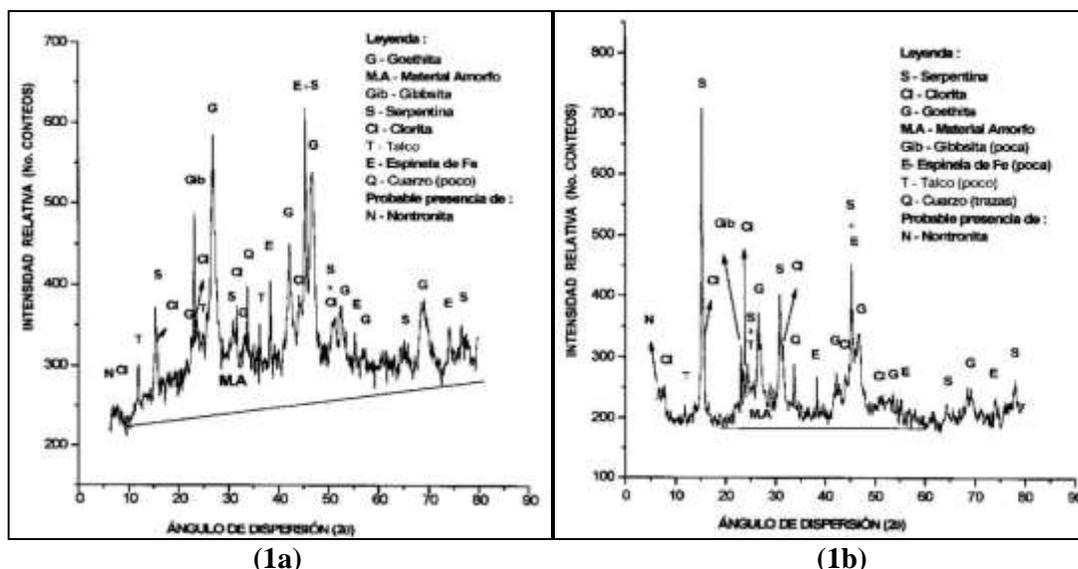


Figura 5. Difractograma de muestras de limonita (1a) y saprolita (1b) de la región de Cajálbana.

El comportamiento térmico de los minerales lateríticos y saprolíticos de la región de Moa, se caracterizan por la presencia de efectos endotérmicos, en el intervalo de temperatura entre 80 y 200 °C, asociados a la pérdida de humedad higroscópica, seguida de la eliminación del agua interna hasta los 380 °C, de la goethita y la aluminogothita, como se muestra en la figura 6.

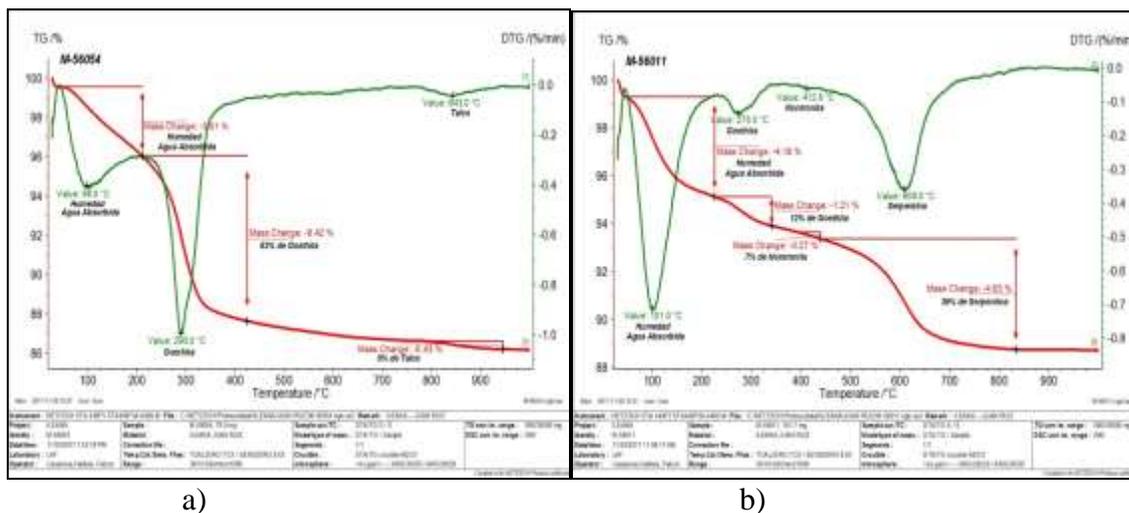


Figura 6. Características térmicas de los minerales limoníticos (a) y saprolíticos (b) de la región de Cajálbana.

Fuente: Ruiz, Q,J 2018.

Mientras que los minerales del horizonte saprolítico, se caracterizan por poseer el mismo comportamiento térmico hasta los 650 °C, pero a partir de esa temperatura se verifica un efecto exotérmico, que oscila como promedio entre 700 y 850 °C, asociados al reordenamiento de los minerales de serpentina, principalmente, lizardita y crisotilo.

Tanto, mineralógicamente como térmicamente, los minerales del yacimiento Cajálbana, poseen gran similitud con los de San Felipe y Moa, (Pons, Ramírez, Ruiz, Majendie, & Chang, 2018), característico de los materiales limonítico-saprolítico, que pueden ser prerreducidos en dos escalones o etapas principales, con temperaturas críticas de 600-700 °C y 750 – 850 °C; rangos donde se verifican los principales procesos de reestructuración y liberación de los minerales de hierro, níquel, cobalto y cromo, fundamentalmente. En estos periodos de descomposición, se pueden alcanzar reducciones de hierro de 80 % como promedio y de níquel entre 20-30 %, resultados que deben ser confirmados a través de pruebas experimentales.

1.3 Regularidades químicas de los yacimientos ferroniquelíferos cubanos.

Químicamente los yacimientos ferroniquelíferos de las zonas estudiadas, poseen importantes contenidos de Ni, Co, Fe, SiO₂ y MgO, importantes para la producción de ferroaleaciones, como se aprecia en la tabla siguiente.

Tabla I. Composición química promedio (%) de los minerales Laterítico-Saprolíticos de las regiones de Cajálbana, San Felipe y Moa.

Yacimiento (Perfil)	Ni	Co	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	SiO ₂ /MgO	Fe/Ni	Ni/Co
Cajálbana (Laterítico Saprolítico)	1,16	0,06	27,15	24,68	12,10	8,18	1,78	2,04	14,41	19,33

Fuente: (Pons, Ramírez, Ruiz, Majendie, & Chang, 2018); (Ruiz, Pons, Otaño, & al, Julio-Septiembre 2018).

La composición química promedio en las principales litologías, que conforman los minerales lateríticos – saprolíticos de las zonas de Cajálbana, se resumen en la tabla II y la figura 8, siguientes.

Tabla II. Composición química promedio (%) por litologías, en los depósitos ferroniquelíferos de Cajálbana.

Litologías	O	Mg	Al	Si	P	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	S	Mo
Saprolita	49,28	16,75	0,84	16,76	0,0011	0,3	0,028	0,31	0,29	12,88	0,036	0,80	0,019	0,015	0,021	0,024
Serpentina	46,84	15,56	1,4	15,2	0,015	1,31	0,06	0,31	0,27	16,34	0,026	0,84	0,005	0,014	0,024	0,026
Limonita	39,91	1,56	6,77	1,61	0,019	2,42	0,28	1,55	0,53	45,97	0,056	0,79	0,011	0,036	0,031	0,032
Limonita	35,9	1,87	1,48	2,37	0,019	2,43	0,11	1,29	0,96	52,13	0,094	1,14	0,015	0,044	0,027	0,029

Fuente: (Ruiz, Pons, Otaño, & al, Julio-Septiembre 2018).

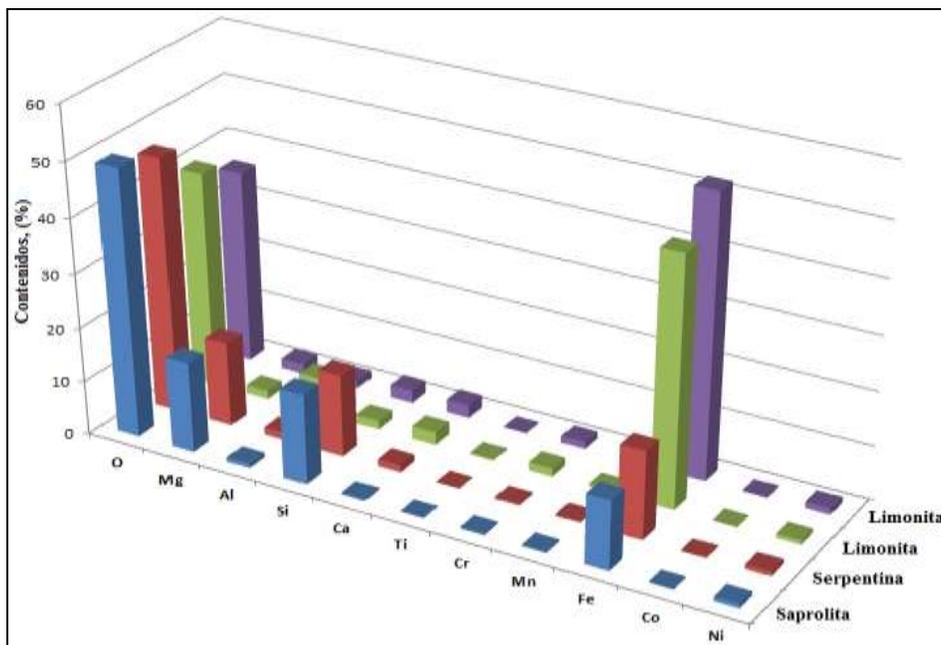


Figura 8. Distribución promedio de los principales elementos químicos, por litologías, en los depósitos ferroniquelíferos de Cajálbana.

1.4 Regularidades mineralógicas de los yacimientos ferroniquelíferos cubanos.

Existe un gran coincidencia de las fases mineralógicas, con los compuestos químicos, presentes en los yacimientos de las áreas de estudio, predominando las mezclas de goethita cristalina (FeOOH) e hidrogoethita (material amorfo presente en la limonita), arcillas nontronitas y espinelas, principalmente, de hierro ($\text{Fe}^{+2}\text{Cr}_2\text{O}_4$), así como la clorita ($\text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_4$), serpentina con predominio de la variedad lizardita, $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, y talco, $\text{Mg}_3(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$.

Una de las principales regularidad de los diferentes tipo genéticos de yacimientos de Cajálbana, es que las principales fases portadoras de níquel, cobalto y hierro, son las mezclas: goethita – hidrogoethita y serpentina – clorita.

1.5 Regularidades de la prerreducción de mezclas de limonita y sapolita para la producción de FeNi

Resultados de pruebas experimentales realizadas a escala de banco y piloto, con mezclas de minerales Limoníticos-Sapolíticos, de la región de Moa, bajo condiciones de prerreducción establecidas, como consecuencia de este proceso de escalado, mostradas en la tabla III, permitieron obtener una aleación de ferróniquel con diferentes contenidos de níquel, entre 15 y 33 %, típico del mercado internacional de esta ferroaleación, lo cual es posible alcanzar con los minerales de los yacimientos Cajálbana, al poseer regularidades que favorecen el desarrollo de esta tecnología en Cuba.

Tabla III Condiciones experimentales para la prerreducción de mezclas metalúrgicas, desarrolladas con minerales de la región de Moa.

No.	Parámetros	U/M	Condiciones experimentales
1	Cantidad del reductor	%	4 - 6
2	Tiempo de residencia	minutos	120;180
3	Temperatura máxima de reducción	°C	850 - 950
4	Tamaño máximo del mineral alimentado, $d_{95} \approx 25.4$ mm;	mm	25 - 30
5	Velocidad de calentamiento a partir de 100 °C	°C/min	5
	Velocidad de calentamiento a partir de 300 °C		7-14

Fuente: Pons y Majendie (2015) y Pons et al., (2013).

Una breve comparación de la relación SiO_2/MgO de minerales ferroniquelíferos de la planta Cerro Matoso en Colombia y de Cuba, permiten comprobar que los minerales de Cajálbana poseen relaciones de SiO_2/MgO y Ni/Co , superiores a los de la región de Moa, como se observa en la tabla IV, que indican la necesidad de profundizar en el estudio de las mezclas metalúrgicas, que deben ser conformadas para la tecnología de producción de FeNi.

Tabla IV. Comparación de los indicadores para la producción de FeNi en Moa y Cajálbana.

Yacimiento	S/M	D-V	Fe/Ni	D-V	Ni/Co	D - V
Cajálbana	2,04	1,5 – 1,62	14,41	19 - 37	19,33	6 - 11
Moa Occidental	1,42		11,55		25,43	

S/M: Relación SiO_2/MgO ,

D-V: República Dominicana-Venezuela.

Por su parte, la relación $\text{SiO}_2/\text{MgO} \geq 2$, en los minerales de Cajálbana convierten a los contenidos de FeO, en la variable independiente principal, para el proceso de fusión, la cual puede ser mejorada hacia menores valores, como en el caso de Moa, conformando mezclas de minerales lateríticos y saprolíticos, entre 1,3 – 1,4, de lo contrario los valores pueden ser muy variables y provocarían afectaciones tecnológicas a los hornos encargados de garantizar la fusión-reductora. Al comparar la relación SiO_2/MgO de los minerales de Cajálbana con los Moa y Cerro Matoso, en Colombia se obtiene la figura siguiente.

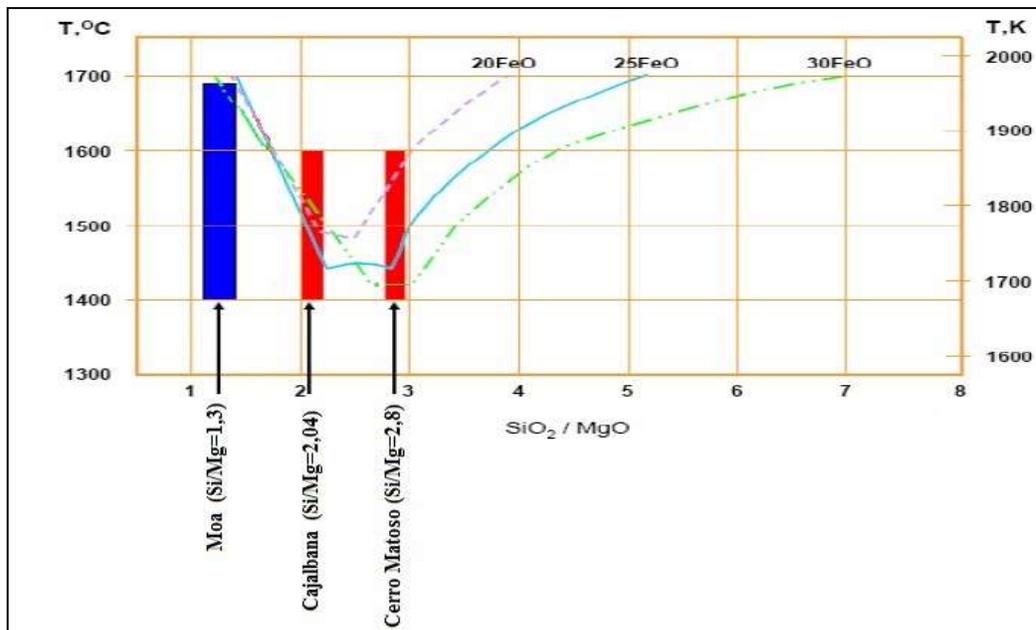


Figura 9. Influencia de la relación SiO_2/MgO , con la temperatura de fusión, en mineral ferroniquelíferos cubanos y colombianos.

Conclusiones

1. Los minerales de los yacimientos Cajalbana, son de tipo Laterítico-Saprolítico, con contenido de níquel que oscilan entre 0,9-1,2 %.
2. Constituyen regularidades de los yacimientos de Cajalbana y de gran importancia para la producción de ferroaleaciones, principalmente, ferroníquel en Cuba, las siguientes:
 - Las principales fases portadoras de níquel, cobalto e hierro, son las mezclas: goethita – hidrogoethita y serpentina – clorita,
 - Las mezclas de limonita y saprolitas permiten estabilizar la relación SiO_2/MgO , entre 1,3 – 1,4, de lo contrario los valores pueden ser muy variables e inferiores a estos, que provocarían afectaciones tecnológicas a los hornos encargados de garantizar la fusión-reductora.
 - Mineralógica y térmicamente, los minerales de los yacimientos Cajalbana, pueden ser prerreducidos en dos etapas principales, con temperaturas críticas de 600-700 °C y 750 – 850 °C; donde se verifican los procesos de reestructuración y liberación de los minerales de hierro, níquel y cromo, fundamentalmente, con valores de reducción de hierro de 80 % como promedio y de níquel entre 20-30 %.

Bibliografía

- Astuti, W., Andika, R., & Nurjamaen, F. (2017). Effect of basicity and reductand amount in the nickel pig iron (NPI) production from Indonesian limonite ore in submerged electric arc furnace (SAF). *Mineral Processing and Technology International Conference*, 1-4.
- Pons, H., Ramírez, P., Ruiz, Q., Majendie, C., & Chang, R. (2018). *Experiencias y posibilidades potenciales para la producción de Ferróníquel en Cuba*. Varadero: Congreso de Minería y Metalurgia, MINEMETAL.
- Ruiz, Q., Pons, H., Otaño, N., & al, e. (Julio-Septiembre 2018). Caracterización preliminar del depósito mineral Cajálbana para fines metalúrgicos. *Geología y Minería*, 318-330.