



## Fuentes potenciales de magnesio en rocas ultrabásicas de Holguín\*

**Miguel A. Goris Leonartd**

Especialidad: Ingeniería Geológica

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

**Resumen:** Se realizó un estudio del potencial de magnesio en rocas ultrabásicas para definir las áreas con mayores perspectivas para la explotación de magnesio. Basándose en la confección de mapas de iso\_contenidos de Mg, perfiles de los horizontes de la corteza en pozos individuales y gráficos de variación de concentración de elementos en profundidad. Las concentraciones más importantes de magnesio se localizan en el sector sur de Moa, con valores de 35 % como valor máximo, siendo este el sector más perspectivo como fuente de magnesio. Los resultados pueden ser empleados para continuar profundizando en la búsqueda de este elemento y de cierta forma reducir la búsqueda a las zonas donde se encuentren este tipo litológico de rocas.

**Palabras clave:** exploración de magnesio; rocas ultrabásicas; mapa de iso\_contenidos.

---

\* Trabajo tutorado por el Ms C. Yurisley Valdés Mariño y el Ms C. Rolando Batista González.  
Recibido: 12 junio 2016 / Aceptado: 2 febrero 2017.

## Potential sources of magnesium in ultrabasic rocks of Holguín

**Abstract:** A study of the potential of magnesium in ultrabasic rocks was carried out to define the areas with greater prospects for the exploitation of magnesium. Based on the preparation of maps of Mg iso\_contentidos, profiles of the horizons of the crust in individual wells and graphs of variation of concentration of elements in depth. The most important concentrations of magnesium are located in the southern sector of Moa, with values of 35% as maximum value, this being the most prospective sector as a source of magnesium. The results can be used to continue to deepen the search for this element and in a way reduce the search to the areas where this type of lithological rocks are found.

**Key words:** Magnesium exploration; Ultrabasic rocks; map of iso\_content.

## Introducción

Una de las tendencias mundiales actuales es la búsqueda de magnesio (Mg) por su perspectiva para las industria; además de ser el metal estructural más liviano que existe, es refractario, por lo que se hace necesario conocer cuáles son sus fuentes de obtención o las rocas que lo portan.

Los silicatos de magnesio son una fuente indiscutible para la extracción de este a partir de silicatos de magnesio existen diversos procesos basados en la digestión ácida. Muchos de ellos requieren de condiciones complejas para evitar la formación de geles de sílice y ácido silícico coloidal, compuestos que ralentizan la filtración y retienen considerables cantidades de sales indeseadas solubles en el ácido. Este es uno de los problemas que presentan las industrias a la hora de intentar extraer el magnesio de estas rocas ultrabásicas. Este estudio se propone definir los sectores con potencialidades como posibles fuentes de magnesio en la provincia de Holguín, Cuba.

El magnesio presenta diversas utilidades de importancia industrial para Cuba o para el mundo (Krasinski & Sharpless, 2004; Ramírez, del Pozo, & Llopis, 2000). Las investigaciones mineralógicas se realizan fundamentalmente, para esclarecer e identificar los principales minerales portadores de los componentes útiles: hierro, níquel y cobalto (Almaguer, 1995; Muñoz, 2001).

En las últimas décadas se han empleado, de forma notable, técnicas de disolución y extracción selectiva para investigar la asociación de metales en las distintas fases minerales de los perfiles y suelos lateríticos, haciendo énfasis en los óxidos de hierro (Rojas, 2001).

Uno de los aspectos macroscópicos que caracteriza las cortezas de intemperismo es la coloración variable de sus horizontes. Se ha determinado que el tamaño de los cristales y el grado de cementación influye sobre la tonalidad del color (Schwertmann, 1993). Torrent y demás investigadores (1983) relacionan el color de los suelos con el contenido de hematita presente en ellos.

La provincia de Holguín es muy reconocida por su actividad minera principalmente por la del Níquel, pero las rocas que dan origen a las cortezas de meteorización del macizo (Mayarí-Moa-Baracoa) además de ser fuentes de níquel poseen altos contenidos de óxido de magnesio.

Dentro de la corteza ferroniquelífera, junto a los minerales portadores de níquel se encuentran elementos nocivos que dificultan el proceso de extracción y complejizan el proceso metalúrgico. La presencia de estos está relacionada tanto con la composición o con el tipo de roca a partir de las cuales se forman estas cortezas, un ejemplo es el magnesio que se encuentra en las dunitas y harzburgitas que constituye un elemento nocivo para el proceso de extracción de níquel en las industrias de Moa.

Como producto de los nuevos planes de desarrollo en el país, el estado cubano se vio en la necesidad de encontrar nuevos yacimientos y aumentar la gama de investigaciones hacia otros elementos o minerales útiles. Se investigaron las rocas del complejo ofiolítico con el objetivo de estudiarlas como fuentes de magnesio.

Esta investigación tiene como objetivo definir los sectores con potencialidades como posibles fuentes de magnesio en la provincia de Holguín, Cuba.

### **Descripción de los sectores escogidos**

#### **Sector Auras**

El sector Auras se encuentra localizado en el límite de las provincias de Holguín y las Tunas, además está representado por una geología muy complicada, con presencia de diversas fallas y litologías variadas. Desde el punto de vista estratigráfico el sector está representado por las formaciones: Arrollo Blanco, Gibara, Embarcadero, Iberia y Puerto Padre. Los valores de concentración de magnesio (MgO) estuvieron por debajo del 35 %, llegando a alcanzar el valor máximo de 33 % en algunos pozos donde fueron más profundas las perforaciones o llegaban a cortar las rocas ultrabásicas (Figura 1).

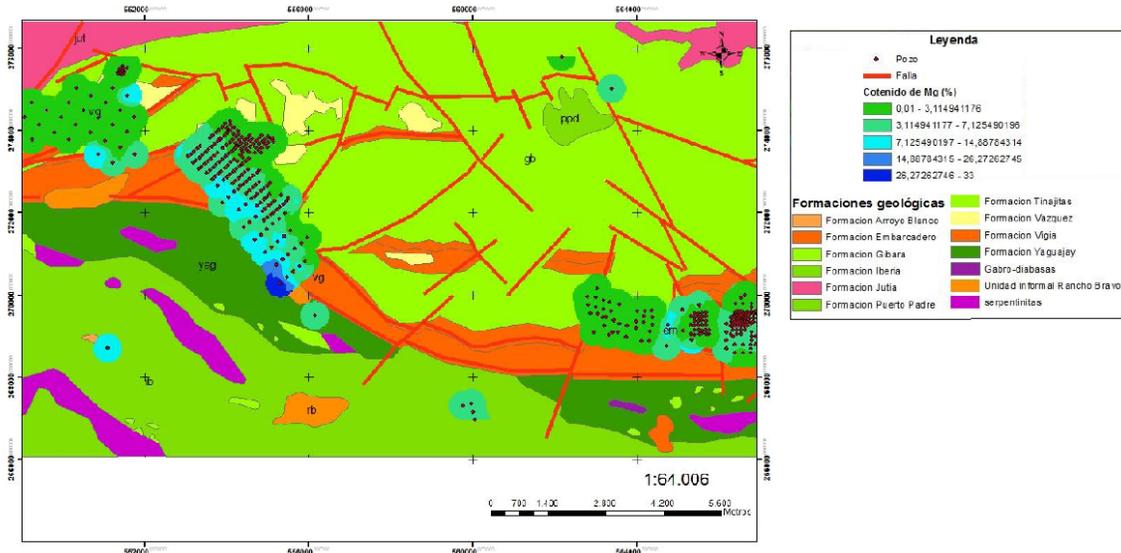


Figura 1. Mapa del sector Auras.

**Sector de Banes**

El sector de Banes presenta una litología variada con presencia de calizas y areniscas principalmente con una disposición muy variada entre ellas, la geología del área es muy complicada con presencia de varias fallas y desde el punto de vista estratigráfico presenta varias formaciones (Vigía, Jutía, Charco Redondo, Jaimanitas y Júcaro), las perforaciones realizadas cortaron estas litologías arrojando contenidos de magnesio(MgO) bajos representado por valores de 0,35 % hasta los 17 % como valor máximo, como se muestra en el mapa (Figura 2).

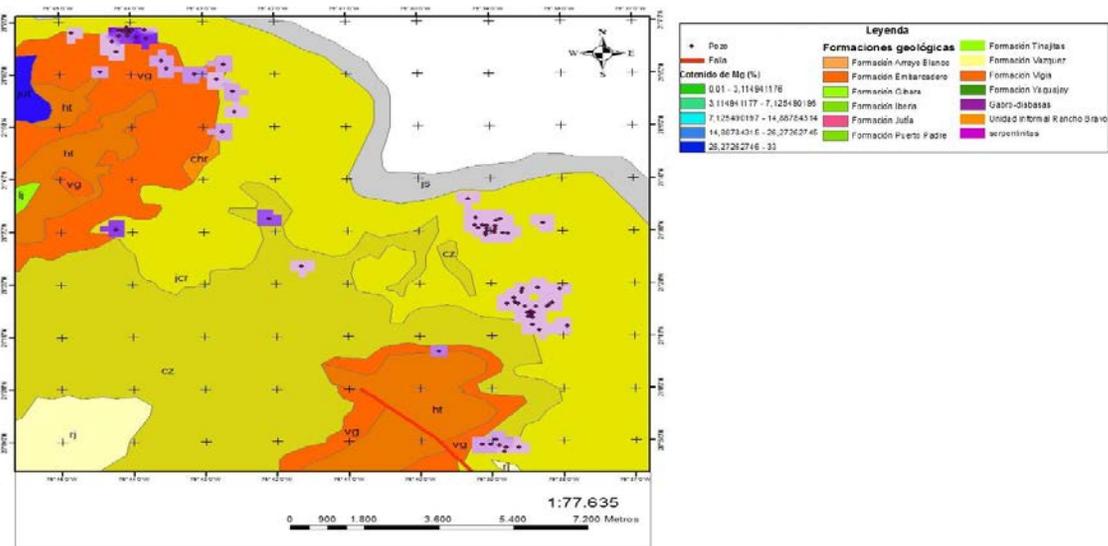


Figura 2. Mapa del sector Banes.

### Sector sur de Moa

En el sector sur de Moa la litología presente son: gabros y serpentinita principalmente con una disposición variada entre ellas, además se encuentra presente la formación Bucey, desde el punto de vista tectónico en el sector se encuentra la falla Moa. Las perforaciones realizadas cortaron estas litologías propiciando que los contenidos de magnesio (MgO) varían entre los 16 % y 35 % como valor más alto representado con el color azul como se muestra en el mapa (Figura 3).

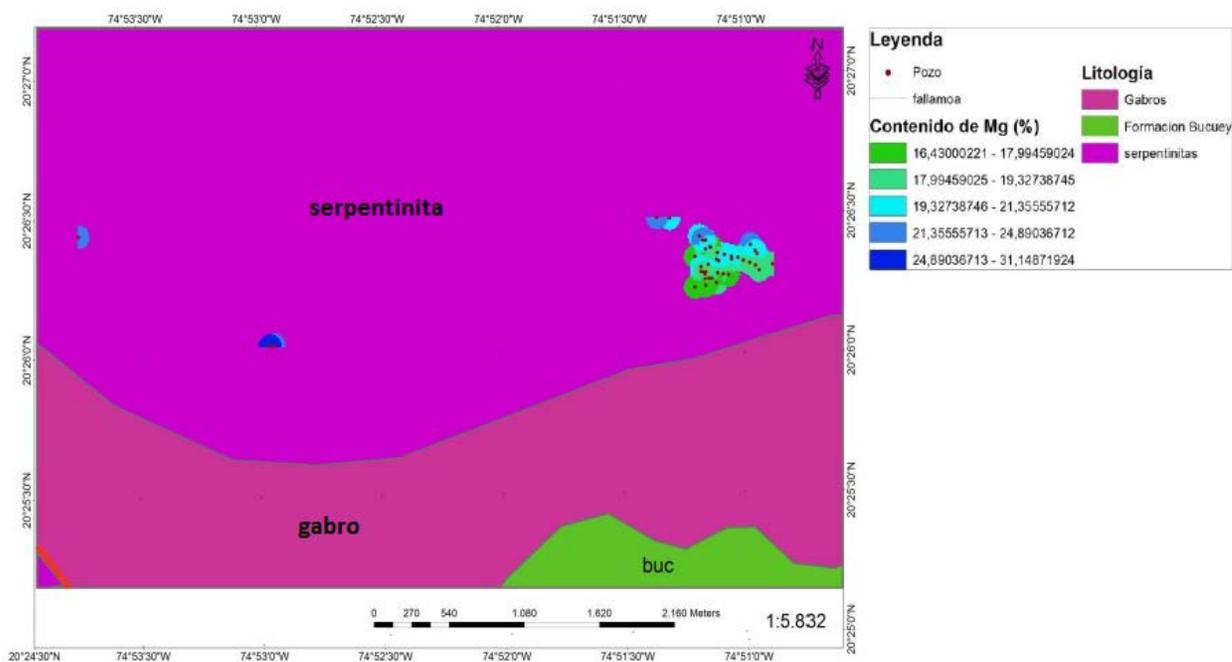


Figura 3. Mapa del sector sur de Moa.

### Materiales y métodos

Se tomaron las muestras de rocas para realizarle la petrografía y los análisis químicos correspondientes.

Para el análisis de las muestras se realizaron trabajos de laboratorio que estuvieron dirigidos hacia la petrografía para las determinaciones mineralógicas de las muestras.

## **Análisis petrográfico**

Se confeccionaron secciones delgadas a partir de las muestras que fueron tomadas en las salidas al campo en los sectores más significativas del área de estudio.

## **Método de fluorescencia de rayos X (FRX)**

Se realizó el análisis de la composición química cualitativa y cuantitativa de las muestras utilizando el equipo de fluorescencia de rayos-X (FRX). El método consiste en hacer incidir un haz de rayos-X para excitar los diferentes elementos que componen la muestra. Los átomos excitados al pasar al estado normal emiten radiaciones X, cuya longitud de onda va a ser característica de cada elemento, y la intensidad de su fluorescencia es proporcional al contenido de dicho elemento en la muestra.

## **Trabajo con los softwares especializados**

Se elaboraron los mapas de contenidos en la corteza total de Mg y SiO<sub>2</sub> y se generaron los gráficos de comportamiento geoquímico de los elementos para las zonas con valores anómalos. Para la confección de los mapas de contenidos se utilizó el promedio de los valores de los elementos químicos, así como las redes de perforación realizadas en los sectores que se estudiaron. Para desarrollar el procesamiento de la información se emplearon los programas especializados: Surfer 12, LogPlot 2003, ArcMap, Microsoft Access 2010 y Microsoft Excel 2010.

## **Interpretación de los resultados**

Se llevó a cabo la interpretación de los mapas de contenido de magnesio (Mg) realizados en los softwares donde se establecieron tres sectores de mayor potencial de magnesio en la provincia de Holguín Auras, Banes, sur de Moa. Se interpretaron los perfiles de comportamiento geoquímico de los elementos útiles y nocivos en profundidad y se realizó la comparación entre los sectores para lograr una caracterización detallada de los más perspectivas.

## **Mineralogía del olivino**

El mineral o paragénesis mineral portador del magnesio en las dunitas es el olivino (Mg, Fe)<sub>2</sub> SiO<sub>2</sub> principalmente en la forsterita, que forma una serie isomorfa con la

fayalita más enriquecida en hierro. Este grupo de mineral presenta un color gris claro a transparente y dureza 7 en la escala de Mohs. Por tanto, entre más enriquecida se encuentre la dunita en olivino (forsterita) mayor será la probabilidad de que se encuentren altos contenidos de magnesio (MgO).

### **Caracterización macroscópica de las muestras de dunitas serpentizadas del sector sur de Moa**

Se demostró que estas rocas desde el punto de vista macroscópico presentan una coloración verde en diferentes matices hasta negro verdusco, igualmente se encuentran constituidas por olivino serpentizado fundamentalmente desde un 15 % a un 95 % y sílice que puede alcanzar hasta un 44 %, su dureza varía de 2 a 4 en la escala de Mohs (Figura 4).



Figura 4. Muestras de dunitas serpentizadas del sector sur de Moa.

### **Petrografía de las muestras de dunitas del sector sur de Moa**

Se tomaron varias muestras de dunita a las que al aplicársele análisis petrográficos dieron los siguientes resultados. Textura: reticular, fibrosa y porfiroblástica la presencia de la magnetita que se formó producto de la serpentización del olivino, y además escasos granos de ortopiroxenos, además, se observan granos esqueléticos de cromita, fracturados, asociados a relictos pseudomorfoseados de ortopiroxeno, translúcidos y rojizos.

Muestra 5: Dunita serpentizada

Coordenadas: N 2043719 W07484581 h=378 m

Textura: pseudomórfica

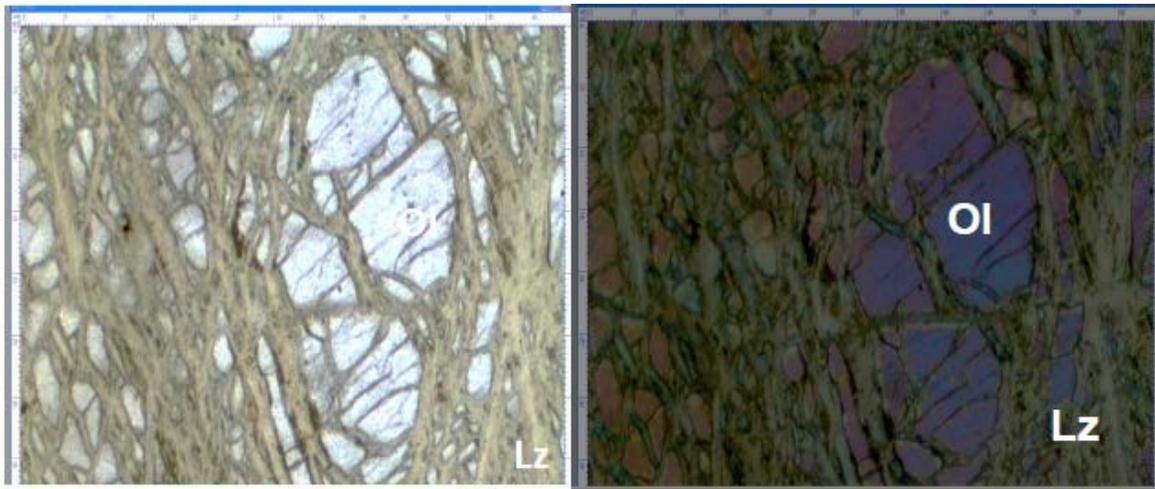
Estructura: Masiva

Color: verde oscuro

Composición general: relictos de olivino y piroxenos (ortopiroxeno y enstatita), minerales del grupo de la serpentina: antigorita y lizardita, minerales secundarios: carbonato, minerales de alteración: clorita (pennina) y talco.

Descripción de detalle: La muestra presenta abundantes relictos de olivino, rodeado de cristales fibrosos de lizardita formando la típica textura mallada. Existen fibras que presentan colores de interferencia anómalos, azul Berlín, esto es característico de un tipo de clorita, pennina. Se observan, además, algunos cristales de piroxenos (ortopiroxenos, enstatita), los mismos se encuentran fracturados y entre las fracturas se encuentra la clorita. Hay presencia de una variedad de pennina la cual es un mineral de Cr, Kammanita, ésta se encuentra bordeando los granos esqueléticos de cromita. Aparecen también minerales fibrosos muy finos con altos colores de interferencia que corresponden al mineral talco, y otros de baja birrefringencia, antigorita, así como vetillas rellenas de carbonato.

La Figura 5 muestra la presencia de abundantes relictos de olivino rodeados de lizardita de color verde. Hay algunos cristales de piroxenos, los cuales están fracturados y entre las fracturas hay clorita (mineral de alteración). Bordeando los granos esqueléticos de cromita hay una variedad de pennina. En la Figura 5 b) se observan que algunas fibras presentan colores de interferencia anómalos, azul berlín, esto es característico de un tipo de clorita, pennina. Existen también minerales fibrosos muy finos con altos colores de interferencia que corresponden al mineral talco, y otros de baja birrefringencia, antigorita, así como betilla rellenas de carbonato.



**a)** Microfotografía con nicoles //, objetivo 2.5x: Aparecen abundantes relictos de olivino rodeados de lizardita de color verde. Hay además algunos cristales de piroxenos, los cuales están fracturados y entre las fracturas hay clorita (mineral de alteración). Bordeando los granos esqueléticos de cromita hay una variedad de pennina. **b)** Microfotografía con nicoles x, objetivo 2.5x: Aparecen abundantes relictos de olivino rodeados de lizardita, algunas fibras presentan colores de interferencia anómalos, azul berlín, esto es característico de un tipo de clorita, pennina. Hay además algunos cristales de piroxenos, los cuales están fracturados y entre las fracturas hay clorita (mineral de alteración). Bordeando los granos esqueléticos de cromita hay una variedad de pennina. Existen también minerales fibrosos muy finos con altos colores de interferencia que corresponden al mineral talco, y otros de baja birrefringencia, antigorita, así como betilla rellenas de carbonato.

Muestra 6: Dunita serpentizada.

Coordenadas: N 2043719 W07484581 h=378 m

Textura: pseudomórfica

Estructura: Masiva

Color: verde oscuro

Composición general: abundantes relictos de olivino y algunos relictos de piroxenos, minerales del grupo de la serpentina: antigorita y lizardita, minerales secundarios: hematita y magnetita.

Descripción de detalle: En la muestra se observan relictos de cristales de olivino, con elevados colores de interferencia, los mismos están rodeados por minerales del grupo de la serpentina, lizardita, que se dispone en forma de malla, formando la típica textura mallada. Se presentan además grandes cristales de piroxenos (clinopiroxenos que han sufrido al igual que los cristales de olivino procesos de serpentización). Se

observa proceso de hematitización y algunos granos isotropos e irregulares de magnetita. La textura es pseudomórfica (relictica) La Figura 6 muestra una microfotografías. En a) Se observan cristales de olivino rodeados por minerales del grupo de la serpentina, estos últimos dando una textura de red o malla a la roca. Piroxenos en ocasiones bastitizados y con clivaje en dos direcciones. En b) Se observa olivino con su alta birrefringencia característica de color azul rodeado de los minerales del grupo de la serpentina. Cristales de piroxenosbastitizados

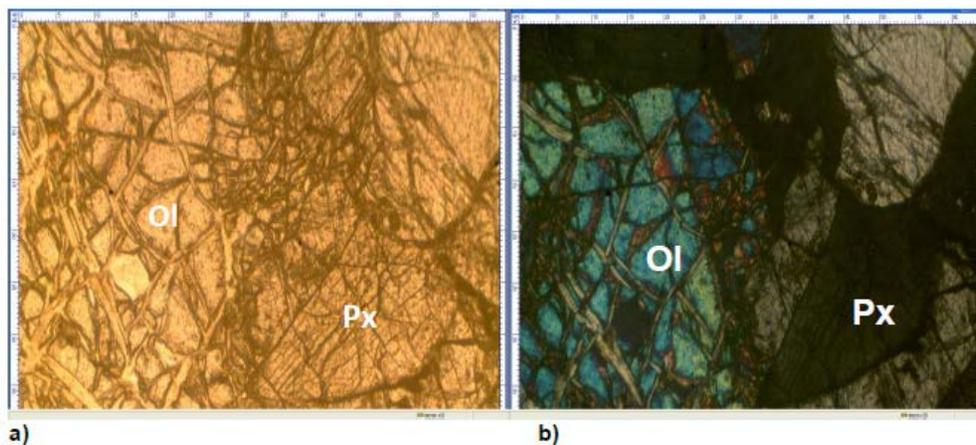


Figura 6. a) Microfotografía con nicoles //, objetivo 4x: Se observan cristales de olivino rodeados por minerales del grupo de la serpentina, estos últimos dando una textura de red o malla a la roca. Piroxenos en ocasiones bastitizados y con clivaje en dos direcciones. b) Microfotografía con nicoles //, objetivo 4x: Se observa olivino con su alta birrefringencia característica de color azul rodeado de los minerales del grupo de la serpentina. Cristales de piroxenosbastitizados.

#### Muestra 7: Dunita serpentizada

Coordenadas: N 2043719 W07484581 h=378 m

Textura: pseudomórfica

Estructura: masiva

Color: verde oscuro

Composición general: abundantes relictos de olivino y piroxenos, minerales del grupo de la serpentina: antigorita y lizardita, minerales secundarios: carbonato, minerales de alteración: bastita.

Descripción de detalle: En la muestra abundan los relictos de olivino que pueden alcanzar más de 2,5 mm, o sea la muestra presenta una granulometría gruesa, los mismos están rodeados de lizardita, mineral del grupo de la serpentina, de color verde, formando una típica textura mallada. Se observan algunos cristales de piroxenos, bastitizados, así como minerales del grupo de la serpentina como antigorita. Se observa además vetillas rellenas de carbonato, que llegan a tener un grosor de 0,33

mm, las mismas pertenecen a un proceso posterior a la serpentinización y la formación de antigorita. En la Figura 7 a) Se observan relictos de olivino rodeados de minerales del grupo de la serpentina lizardita de color verde que forma una textura mallada. Se observan además vetilla rellena de carbonato. En b) se observan relictos de olivino con altos colores de interferencia, rodeados de minerales del grupo de la serpentina lizardita de color verde que forma una textura mallada. Se observan, además, vetilla rellena de carbonato.

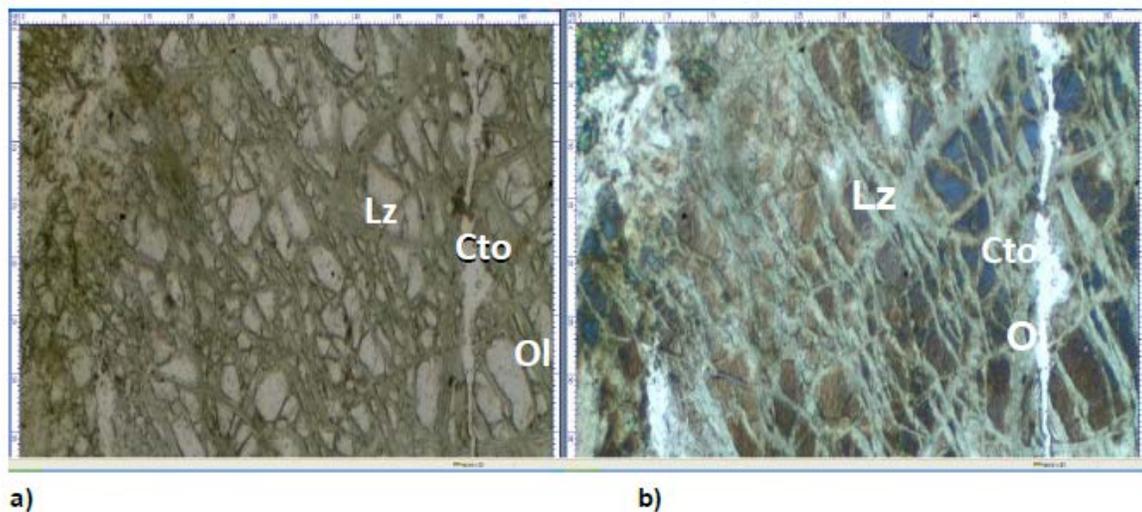


Figura 7. a) Microfotografía con nicoles //, objetivo 2.5x: Se observan relictos de olivino rodeados de minerales del grupo de la serpentina lizardita de color verde que forma una textura mallada. Se observan además vetilla rellena de carbonato. b) Microfotografía con nicoles x, objetivo 2.5x: Se observan relictos de olivino con altos colores de interferencia, rodeados de minerales del grupo de la serpentina lizardita de color verde que forma una textura mallada. Se observan además vetilla rellena de carbonato.

#### Muestra 8: Dunita serpentinizada

Coordenadas: N 2043719 W07484581 h=378 m

Textura: pseudomórfica

Estructura: Masiva

Color: verde oscuro

Composición general: relictos de olivino y piroxenos (ortopiroxeno), minerales del grupo de la serpentina: antigorita y lizardita, minerales secundarios: carbonato.

Descripción de detalle: La muestra presenta relictos de olivino, rodeado de cristales fibrosos de lizardita, formando la típica textura mallada. Se observan además algunos cristales de piroxenos (ortopiroxenos, enstatita), los mismos se encuentran fracturados

y entre las fracturas hay lizardita. Aparecen también minerales fibrosos muy finos de baja birrefringencia, antigorita, así como vetillas rellenas de carbonato. En la Figura 8 Se observan relictos de olivino rodeado de cristales fibrosos de lizardita, formando una textura mallada. También se observan cristales de piroxenos fracturados y entre las fracturas hay lizardita.

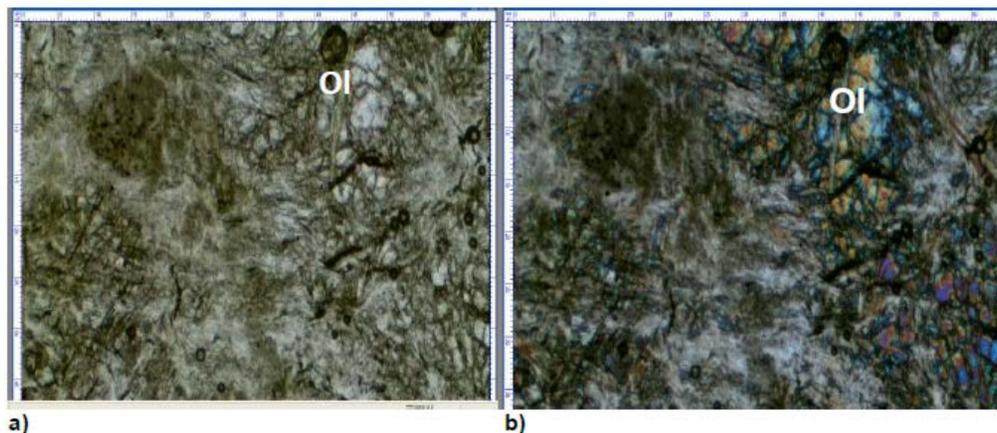


Figura 8. a) Microfotografía con nicoles //, objetivo 2.5x: Se observan relictos de olivino rodeado de cristales fibrosos de lizardita, formando una textura mallada. También se observan cristales de piroxenos fracturados y entre las fracturas hay lizardita. b) Microfotografía con nicoles x, objetivo 2.5x: Se observan relictos de olivino rodeado de cristales fibrosos de lizardita, formando una textura mallada. También se observan cristales de piroxenos fracturados y entre las fracturas hay lizardita.

### Interpretación de los análisis de fluorescencia de rayos-X

Se realizaron análisis geoquímico a las muestras correspondiente a dunitas, por los análisis de fluorescencia de rayos-X realizados al total de muestras. Se obtuvieron los datos de porcentajes en óxidos del contenido de elementos mayores presentes en las mismas (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido expresado en porcentaje en peso para los óxidos de los elementos mayores en las muestras de rocas seleccionadas

No	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
5	46,8	0,81	3,79	0,14	47,46	0,71	0,06	0,06	0,02	0,05
6	47,6	0,85	5,44	0,13	45,58	0,23	0,06	0,06	0,02	0,02
7	46,9	0,88	4,62	0,14	47,05	0,23	0,06	0,06	0,02	0,02
8	45,6	0,70	5,66	0,14	47,55	0,16	0,06	0,06	0,02	0,02

Consideraciones del quimismo de las rocas con base en los óxidos principales:

Todas las muestras corresponden a dunitas serpentizadas, a continuación se hace una descripción a partir de los elementos que se analizaron:

SiO<sub>2</sub>. El comportamiento de la sílice es variado con valores que van desde los 45 % hasta los 47 % representado por la muestra 6.

MgO. El comportamiento del magnesio es variado representado por valores que van desde los 45 % hasta los 47 % que pertenece a la muestra 8.

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. El comportamiento del hierro Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es muy variado con valores que van desde los 3 % hasta los 5 % que pertenece a la muestra 6.

### Comparación entre los sectores analizados

Los sectores analizados presentan diferentes características geológicas, litologías y tectónica. Desde el punto de vista de los contenidos de magnesio (MgO) el sector Banes presenta un 16 % como valor máximo donde las perforaciones fueron realizadas sobre calizas y areniscas principalmente, por otro lado el sector de auras presenta como valor máximo un 33 % pero las perforaciones realizadas cortaron calizas, areniscas principalmente y serpentinitas donde las perforaciones fueron más profunda por tanto estos valores se deben a los pozos donde se cortó estas litologías ultrabásicas, pero el valor más alto lo presenta el sector sur de Moa con un 35 % como valor máximo y donde las perforaciones fueron realizadas en serpentinitas principalmente, esto demuestra de que las rocas ultrabásicas son las más propicias como fuentes potenciales de magnesio en la provincia de Holguín (Figura 9).

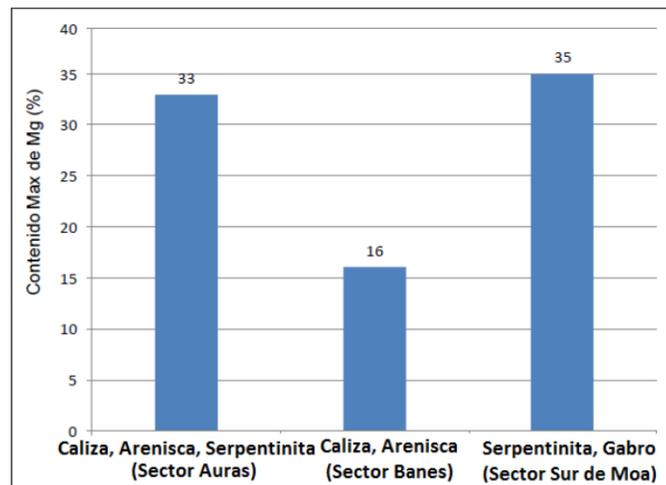


Figura 9. Gráfico de comparación de concentración de magnesio en los sectores escogidos.

Interpretación del perfil en profundidad de la variación de la concentración de magnesio (MgO) y sílice SiO<sub>2</sub> (Figura 10).

Se realizó el perfil tomando como referencia el pozo 3p el cual tiene una profundidad de 8 m y se encuentra ubicado en el sector sur de Moa.

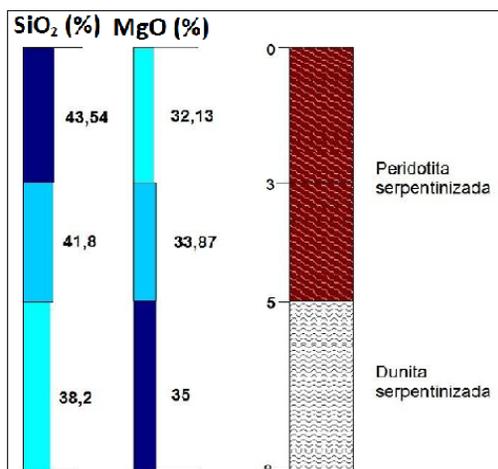


Figura 10. Gráfico de variación en profundidad de la concentración de elementos y perfil geológico, zona sur de Moa, pozo 3P.

Como se demostró en la tabla las dunitas serpentinizadas son las rocas con menor porcentaje de sílice y que mayor porcentaje de óxido magnesio ostentan, demostrándose de esta forma su gran potencial como fuente de magnesio.

### Conclusiones

Se realizó la confección de los mapas de iso-contenido de magnesio definiéndose tres sectores potenciales (Auras, Bane y sur de Moa).

Las concentraciones más importantes de magnesio se localizan en el sector sur de Moa con valores de 35 % como valor máximo siendo este el sector más perspectivo como fuente de magnesio.

Las rocas presentes en el pozo 3P son peridotitas y dunitas serpentinizadas, en las cuales las dunitas son las rocas con mayores perspectivas como fuente de óxido de magnesio.

## Referencias bibliográficas

- ALMAGUER, A. 1995: Cortezas de intemperismo: algunas características de sus partículas finas. *Minería y Geología* XII(1): 9-19.
- KRASINSKI, A.; FOKIN, V. V. & SHARPLESS, K. B. 2004: Direct synthesis of 1, 5-disubstituted-4-magnesio-1, 2, 3-triazoles, revisited. *Organic letters* 6(8): 1237-1240.
- MUÑOZ, J. 2001: Mineralogía y sucesión paragenética de las menas cromíferas del Yacimiento Potosí, Moa, Holguín, Cuba. *Minería y Geología* XVII(3-4): 33-41.
- RAMÍREZ, P. A.; DEL POZO, E. M. P. & LLOPIS, J. 2000: Magnesio. *Ars pharmaceutica* 41(1): 91-100.
- ROJAS, A. 2001: goethita Evidencias a favor de que la goethita es la principal portadora de níquel en los horizontes lateríticos de las cortezas ferroniquelíferas. *Minería y Geología* XVIII(3-4): 21-31.
- SCHWERTMANN, U. 1993: Relations between iron oxides, soil color, and soil formation. *Soil Science Society of America, Special Publication* 31: 51-69.
- TORRENT, J.; SCHWERTMANN, U.; FECHTER, H. & ALFAREZ, F. 1983: Quantitative relationships between soil color and hematite content. *Soil Sci* 136: 354-358.