



RNPS 2277

ISSN 2222-6621

Revista semestral publicada por el Centro Nacional de Información Geológica del Instituto de Geología y Paleontología, Servicio Geológico de Cuba, dirigida a investigadores y trabajadores de las Geociencias

Vol. 9. No. 1 2015



Lavobrechas de la Fm. Camujiro en su holoestratotipo. Provincia Camagüey
Foto: Roberto Gutiérrez Domech. IGP

Centro Nacional de Información Geológica

Vía Blanca No. 1002, Reparto Los Ángeles, San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba, C.P. 11000. Tel: 76988296; 76884042 ext. 118

Contáctenos a: biblioteca@igp.minem.cu

Encuéntrenos en: <http://www.igp.minem.cu>

TABLA DE CONTENIDO**ARTÍCULOS CIENTÍFICOS / SCIENTIFIC PAPERS**

- [POSIBILIDADES DE LA MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO EN LA DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MINERALES RAROS Y DISPERSOS EN CUBA, ASÍ COMO PERTENECIENTES A SERIES ISOMORFAS/](#) POSSIBILITIES OF SCANNING ELECTRON MICROSCOPY FOR THE DETECTION AND IDENTIFICATION OF RARE AND SCATTERED MINERALS IN CUBA, AS WELL AS THOSE BELONGING TO ISOMORPHOUS SERIES

Carlos A. Toledo Sánchez, Deysy de la Nuez Colón, María Santa Cruz Pacheco Sarlabous, Inés Milia González, Angélica Isabel Llanes Castro, Evelio Lisabet Sarracen, Emma Reyes Sánchez

- [LAS BAJAS CONCENTRACIONES METALIFERAS: RETO DE LA ACTIVIDAD MINERO-METALÚRGICA CUBANA/](#) LOW METALLIFEROUS CONCENTRATIONS: A CHALLENGE TO THE CUBAN MINING AND METALLURGICAL ACTIVITIES

Waldo Lavaut Copa

- [DISPONIBILIDAD Y POTENCIALIDADES DE LAS ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES PARA EL DESARROLLO LOCAL EN LA PROVINCIA ARTEMISA, CUBA/](#) AVAILABILITY AND POTENTIAL OF INDUSTRIAL ROCKS AND MINERALS FOR LOCAL DEVELOPMENT IN ARTEMISA PROVINCE, CUBA

Rolando Batista González, Yanara Millar Borrego, Yeiseny Hernández Mesa, Yuniel Ortega Rodríguez, Ramiel Valdés Peralta

- [NUEVO REPORTE MICROPALEONTOLÓGICO PARA LA FORMACIÓN GUÁIMARO, CAMAGÜEY, CUBA/](#) A NEW MICROPALEONTOLOGIC REPORT FOR THE FORMATION GUAIMARO, CAMAGÜEY PROVINCE, CUBA

Iliana Delgado Carballo, Yaima Domínguez Samalea, Anabel Oliva Martín, Cary L. Cardona Muñiz

[ACTUALIDADES DE LAS GEOCIENCIAS / NEW EVENTS IN GEOSCIENCE](#)

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

POSIBILIDADES DE LA MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO EN LA DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MINERALES RAROS Y DISPERSOS EN CUBA, ASÍ COMO PERTENECIENTES A SERIES ISOMORFAS

Carlos A. Toledo Sánchez¹ Deisy de la Nuez Colón¹ María Santa Cruz Pacheco Sarlabous, Inés Milia González¹, Angélica Isabel Llanes Castro¹, Evelio Lisabet Sarracen¹, Emma Reyes Sánchez²

¹Instituto de Geología y Paleontología, carlos.ts@igp.minem.cu,

²Laboratorio Central de Minerales

Recibido: marzo 12, 2015

Aceptado: mayo 15, 2015

RESUMEN

Los minerales de aparición poco frecuente, particularmente cuando aparecen como partículas escasas y microscópicas, representan una dificultad para el geólogo, ya que el Microscopio Óptico (su herramienta principal), presenta limitaciones para trabajar eficazmente a tan altos aumentos. Ante esta problemática, el Microscopio Electrónico de Barrido con Microanalizador de Rayos X acoplado, constituye un auxiliar efectivo que permite localizar partículas menores que una micra, estudiarlas morfológicamente, medirlas, fijarlas fotográficamente y analizarlas químicamente de forma cualitativa y cuantitativa, todo ello sin alterar la muestra. En el trabajo se exponen resultados de un año de labor con esta técnica, que ha permitido detectar y caracterizar minerales raros y dispersos, empleando equipos disponibles nacionalmente. Algunos minerales como la valleriita, la clausalita, la goyacita y la altaita, se presentan con más detalles, además se incluye una tabla que resume los minerales infrecuentes que se estudiaron.

Palabras clave: minerales raros, microscopía electrónica de barrido, microanálisis de rayos X.

POSSIBILITIES OF SCANNING ELECTRON MICROSCOPY FOR THE DETECTION AND IDENTIFICATION OF RARE AND SCATTERED MINERALS IN CUBA, AS WELL AS THOSE BELONGING TO ISOMORPHOUS SERIES**ABSTRACT**

Minerals of rare occurrence, particularly when appearing as scattered and microscopic particles, represent a difficulty to the geologists, since the optical microscope (their main tool) works limitedly at such high magnification. To cope with such a hindrance, the scanning electron microscope coupled with X-ray micro-analyzer, is an effective aid for locating particles smaller than one micron. Thus, studying them morphologically, measure them, fix them photographically and to perform chemical analysis in both qualitative and quantitative ways, are all performed without altering the sample. Results from a year-long work using this technique are here discussed, since this has enabled us to detect and characterize rare and scattered minerals, using equipment nationally available. Some minerals such as valleriite, clausalite, goyacite, and altaite, are presented in detail. Moreover, a table summarizing the rare minerals studied is also included.

INTRODUCCIÓN

La rareza de un mineral es un concepto relativo y no exento de cierto matiz subjetivo y regional. Depende de la experiencia personal del geólogo y del territorio donde acostumbra a trabajar. Puede que en determinadas zonas de China no sea extraño encontrar minerales portadores de

tierras raras, en abundancia, tampoco lo es hallar diamantes en algunas regiones de África. Es por ello que, a los efectos de este trabajo, consideraremos minerales de aparición poco frecuente algunos que no suelen detectarse en la práctica geológica en Cuba.

El geólogo utiliza generalmente el Microscopio Óptico (MO) para localizar e identificar porciones pequeñas de minerales, partiendo de su color, morfología y parámetros ópticos. Este procedimiento resulta eficaz y económico para caracterizar varios cientos de minerales, labor que se realiza con relativa rapidez mediante secciones pulidas, preparadas a partir de fragmentos de rocas y menas. El problema es más complicado cuando los minerales aparecen en dimensiones de varias micras o menos y se trata de especies de rara aparición, o en las cuales la composición química varía atendiendo a series y sustituciones.

El Microscopio Electrónico de Barrido con Microanalizador de Rayos X acoplado (MEB-MARX), facilita la localización y caracterización de minerales, incluso cuando aparecen como partículas de orden nanométrico, sus detectores de electrones permiten revelar la presencia de minerales muy variados, medirlos y describirlos atendiendo a su morfología, mientras que el analizador de Rayos X complementa la información con datos cualitativos y cuantitativos de su composición química, todo ello sin dañar la muestra.

Para dar orden al estudio, los minerales se han organizado en diferentes grupos, como los que deben su rareza a la presencia en su estructura de grupos relativamente grandes de elementos químicos, algunos de los cuales no son abundantes, por ejemplo el caso de la valleriita. En otros casos la rareza se debe a la confluencia en el mineral de más de un elemento químico, cuya aparición es infrecuente en la corteza terrestre, por ejemplo con la clausalita. También se referirán minerales donde está presente al menos un elemento cuyo Clarke es extremadamente bajo, por ejemplo la altaita y la russelita. Finalmente se refieren minerales de composición química similar, o que forman series, culminando el trabajo con una tabla que resume los minerales raros que se trabajaron.

OBJETIVOS DEL TRABAJO

- Divulgar y poner a disposición de los geólogos, las capacidades que brinda el MEB-MARX para la detección e identificación de minerales en general y particularmente los de rara aparición, cuando se presentan como partículas escasas y pequeñas.
- Describir algunos minerales raros y dispersos que se han encontrado en Cuba, atendiendo a sus dimensiones, morfología, composición química y paragénesis.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un Microscopio Electrónico de Barrido de la firma TESCAN modelo 5130 SB (ver Figura No.1), con detectores de electrones secundarios y retrodispersados. La distancia de trabajo fue generalmente de 23 mm, con voltaje de aceleración de 20 kV y sin inclinación de la platina. Cuando la carga eléctrica resultó intensa, las muestras fueron recubiertas con Au/Pd, mediante un sistema Ion Sputtering marca POLARON, modelo SC 7620. Los microanálisis de Rayos X se realizaron con un espectrómetro marca OXFORD INSTRUMENTS, modelo INCA 350, de sistema dispersivo de energías con detector de Si(Li), se empleó tiempo de procesamiento 5, con tiempo vivo de 60s.

En casos especiales, las condiciones de trabajo fueron modificadas, por ejemplo cuando se buscó mantener el volumen de interacción de los electrones en el interior de minerales particularmente pequeños, o cuando se detectó la presencia de elementos químicos muy pesados, cuyas líneas de confirmación se encuentran en energías altas.



Figura No.1 MEB-MARX empleado, se observan los diferentes detectores que lo conforman.

Las muestras consistieron en porciones de rocas, triturados, concentrados, partículas aisladas y secciones pulidas provenientes de Pinar del Río, La Habana, Mayabeque, Artemisa, Matanzas, Isla de la Juventud, Cienfuegos, Villa Clara, Camagüey, Holguín, y Santiago de Cuba. Para colocar las muestras se utilizaron portas tipo Pin, de 10 y 25 mm de diámetro. Como material de fijación se utilizó cinta de doble capa de adhesivo, conductor de la corriente eléctrica, y en algunos casos, plastilina también conductora, siempre se utilizaron materiales libres de impurezas capaces de interferir en los análisis.

En algunos casos se realizó una localización previa de partículas de interés mediante microscopía óptica, lo que facilitó el trabajo al concentrarse en zonas de la muestra con elevado interés.

Para la confirmación de los minerales a partir de su composición química, se confeccionó una base de espectros de emisión de Rayos X, que actualmente cuenta con más de mil entradas y está integrada por minerales nativos, óxidos, sulfuros, carbonatos, silicatos y otros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayor parte de los minerales encontrados que pueden catalogarse como raros y dispersos, aparecieron mientras se buscaban otros como oro y plata. Los minerales portadores de tierras raras y de elementos del grupo del platino, dieron lugar a un trabajo que se encuentra en fase de publicación (Toledo C.A., y otros, Revista digital GEOINFORMATIVA). Respecto a los minerales de rara aparición, estos se catalogaron teniendo en cuenta la experiencia de los autores, como más de 4,500 porciones de minerales analizadas mediante MEB-MARX, provenientes de 52 lugares del país, distribuidos entre 10 provincias y el Municipio Especial Isla de la Juventud.

- **Minerales formados por un grupo grande de elementos**

Los minerales cuya fórmula química es relativamente compleja, mostraron una frecuencia de aparición baja, esto es porque deben coincidir las condiciones específicas de formación del mineral y los elementos químicos que lo forman, o los minerales de los cuales provienen. Como ejemplos de este caso se encuentra la goyacita y la valleriita.

La goyacita es un fosfato complejo de aluminio y estroncio (ver su composición en la Tabla No.3). Es un mineral de color ligeramente verdoso, con cristales romboédricos, que a veces toman tonalidades rojizas en la superficie (Lee Tan y Yao Chi-lung, 1970). Fue detectada en muestras provenientes de Isla de la Juventud en forma de partículas irregulares, que no sobrepasaban las 10 micras. La Figura No.2 corresponde a la comparación del espectro obtenido en el análisis de partículas de dichas muestras, con un patrón de goyacita de la base de datos. Se aprecia una pequeña cantidad de calcio (2,5%) que sustituye al estroncio.

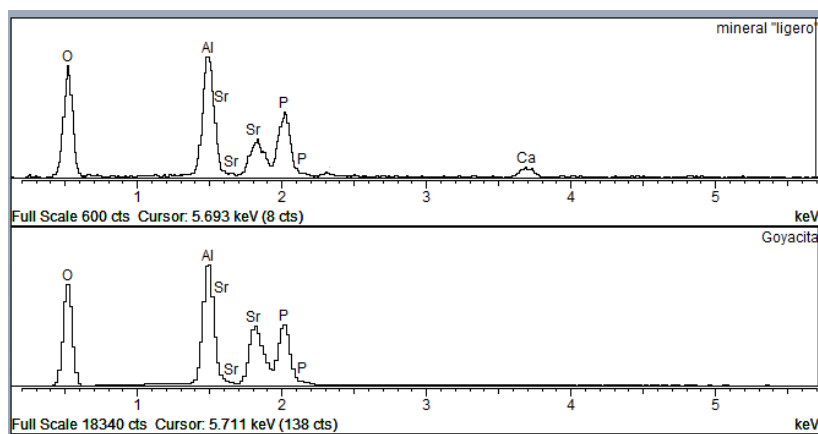


Figura No.2. Parte superior, espectro de una partícula detectada en muestras de la Isla de la Juventud. Debajo, espectro de la goyacita en la base de datos.

Respecto a la valleriita, está presente una composición química compleja (ver Tabla No.3), con presencia de hierro, cobre, magnesio, aluminio, hidrógeno y oxígeno. Se trata de un mineral con estructura trigonal, de muy baja dureza (no sobrepasa el 1,5 en la escala de Mohs), de color de bronceado a amarillo (Mineral Data, 2014). Fue detectada en muestras de Mayabeque, mostrando forma irregular y relativamente extensa. La Figura No.3 muestra la ubicación de la valleriita en una porción de roca, su morfología, y su espectro de emisión de Rayos X.

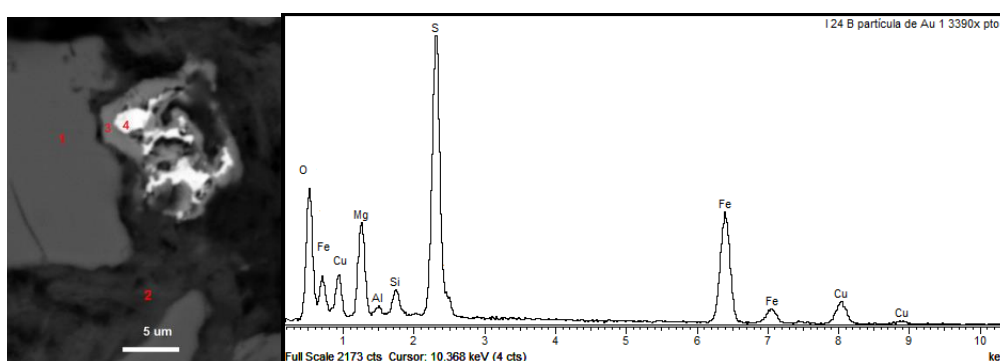


Figura No.3 Valleriita señalada en la imagen con el No. 2, el No.1 corresponde a pirrotina, el No. 3 cobaltita y el No. 4 es oro nativo. A la derecha aparece el espectro de la valleriita.

- **Minerales que deben su rareza a la presencia de más de un elemento poco abundante en la corteza terrestre**

Hay elementos químicos que presentan un Clarke bajo, cuando más de uno coincide en un mineral, tendremos una especie de aparición infrecuente. En este grupo pueden situarse los minerales del telurio (solo hay 0.001 ppm en la corteza terrestre, según Barbalance K., 2011) que cuando se une, por ejemplo a la plata, forma la hessita, mientras que con el plomo da lugar a la altaita. Las amalgamas de plata y la torita uranífera también podrían considerarse dentro de este grupo.

La hessita, un telururo de plata, fue encontrada en Camagüey y Pinar del Río, mientras la altaita, un telururo de plomo, se encontró en Villa Clara. Esta última presenta la fórmula química $PbTe$, es de color blanco metálico de matiz amarillo, aunque también puede tomar tonalidad azul cuando se observa al microscopio óptico, su dureza está entre 2 y 3 Mohs y su densidad es de 8,27 (Molina N.B., 2012). Se encontró en forma de inclusiones que no sobrepasaron las 4 micras, lo que originó que su espectro puro fuera muy difícil de obtener, por tanto fue necesario considerar los minerales con los que presentaba paragénesis. La Figura No.4 muestra varias inclusiones de altaita (mineral más brillante) en niquelina (mineral gris), la cual a su vez está incluida en el mineral más oscuro,

correspondiente a una clorita. A la derecha de la imagen se presenta el espectro de emisión de Rayos X de la altaíta (en rojo con fondo azul).

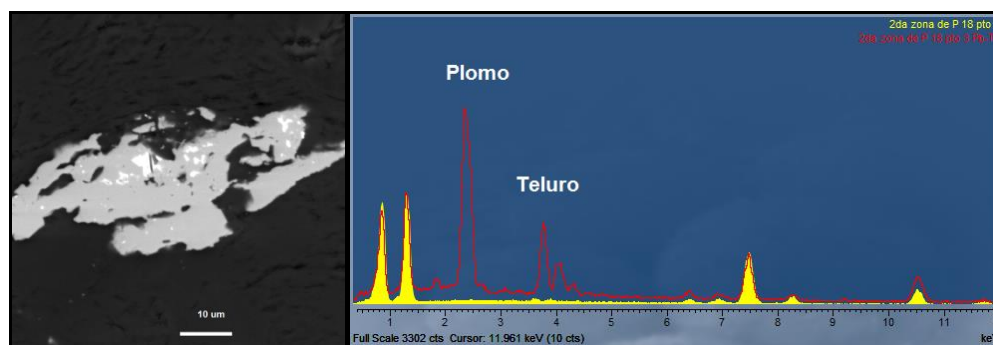


Figura No.4. Inclusiones de altaíta (mineral brillante) en niquelina (mineral gris) a la derecha, el espectro de la altaíta (líneas rojas), los lugares donde las líneas rojas coinciden con la zona amarilla, son aportados por la niquelina.

La amalgama de plata se encontró sólo en dos lugares, uno en Santiago de Cuba y otro en Mayabeque. Esto era esperable pues de plata solo hay 0.08 ppm en la corteza terrestre, mientras que la abundancia del mercurio se estima en 0.07 ppm (Barbalance K, 2011). La Figura No.5 muestra varias formaciones de amalgama de plata (mineral brillante), sobre una partícula de pirita procedente de Santiago de Cuba. A la derecha de la imagen se muestra el espectro de dichas formaciones, además de los picos de mercurio y plata, se observan los picos del yodo que está presente en 5% en la amalgama, así como los de los elementos hierro y azufre, aportados por el grano de pirita.

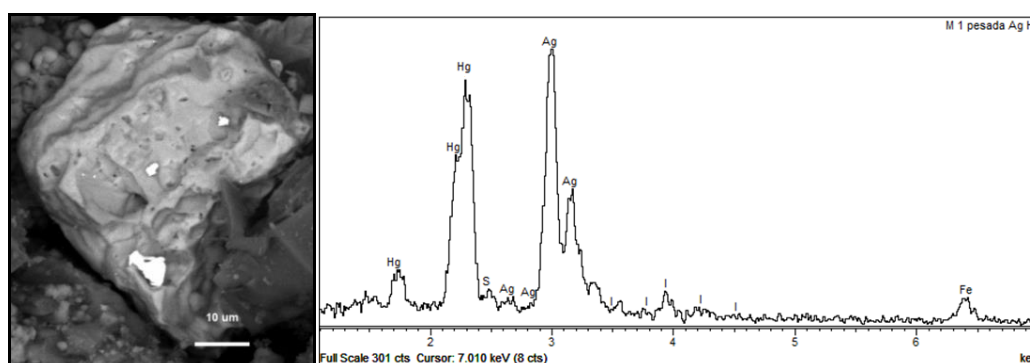


Figura No.5. Imagen de formaciones de amalgama de plata (zonas brillantes) sobre una partícula de pirita, a la derecha, el espectro de la amalgama donde también aparece una pequeña cantidad de yodo presente en la amalgama, así como los picos de hierro y azufre de la pirita.

La claustalita, que se encontró en Pinar del Río, puede ser incluida en este grupo. Se trata de un seleniuro de plomo, calculándose la abundancia del plomo en la corteza terrestre en 10 ppm, mientras que la del selenio es de sólo 0.05 ppm (Barbalance K., 2011), por lo que forman un mineral que aparece con muy baja frecuencia. Es de color gris y estructura cúbica, con dureza entre 2.5 y 3 y densidad de 8.2 (Mineralia 2014 y Drabek 2003). La foto de la Figura No.6 muestra una partícula de claustalita de solo 2 µm, incluida en óxido de hierro. Debido a su reducido tamaño, el volumen de interacción de los electrones no pudo ser confinado al interior del mineral, por tanto en su espectro (que aparece a la derecha de la foto) se registró un aporte importante del óxido circundante.

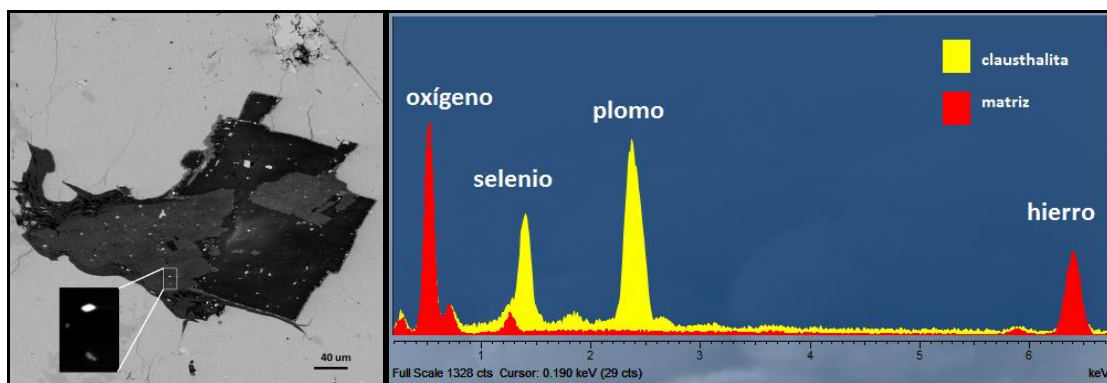


Figura No.6. Imagen de clausthalita donde se detalla el lugar donde se detectó el mineral, a la derecha, el espectro en amarillo y en rojo el espectro del óxido de hierro que la contenía.

La torita es un silicato de torio que puede contener en su composición cantidades apreciables de uranio, lo que confiere mayor rareza al mineral. Fue encontrado en Camagüey, en paragénesis con monacita, la que a su vez contenía torio. La Figura No.7 muestra una partícula de torita con su espectro de emisión de Rayos X integrado a la foto, a la derecha aparece un detalle de la propia partícula, en ella se aprecia una zona más pesada que la propia torita, en la cual el microanalizador de Rayos X permitió revelar la presencia de una cantidad significativa de uranio, que se confirma en el espectro integrado a la imagen.

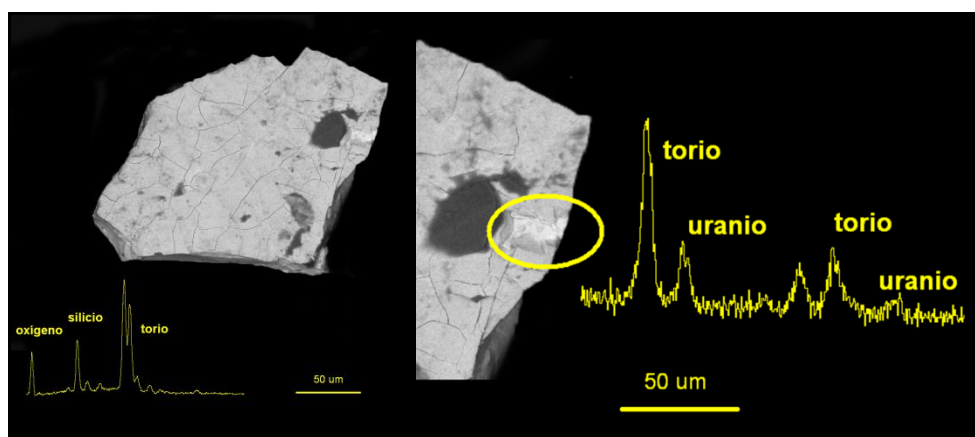


Figura No.7. Una partícula de torita con su espectro de Rayos X, a la derecha, un detalle de la propia partícula donde se detectó uranio, lo que se muestra en el correspondiente espectro.

- **Minerales que deben su rareza a contener al menos un elemento muy escaso en la corteza terrestre**

Algunos elementos químicos aparecen en la corteza terrestre en concentraciones extremadamente bajas. Esto origina que los minerales que se forman resulten infrecuentes. Varios de los minerales estudiados podrían clasificarse dentro de este grupo. Un caso es el de los minerales de bismuto, elemento que no sobrepasa los 0,025 ppm en la corteza terrestre (Barbalance K., 2011), es por ello que cuando se une, por ejemplo al wolframio y al oxígeno, da lugar a un mineral muy raro, la russelita, detectada en la Isla de la Juventud (ver la Tabla No.3). En la Figura No.8 se presenta el espectro de una de las partículas de russelita a las que se hace referencia, comparándola con el espectro correspondiente en la base.

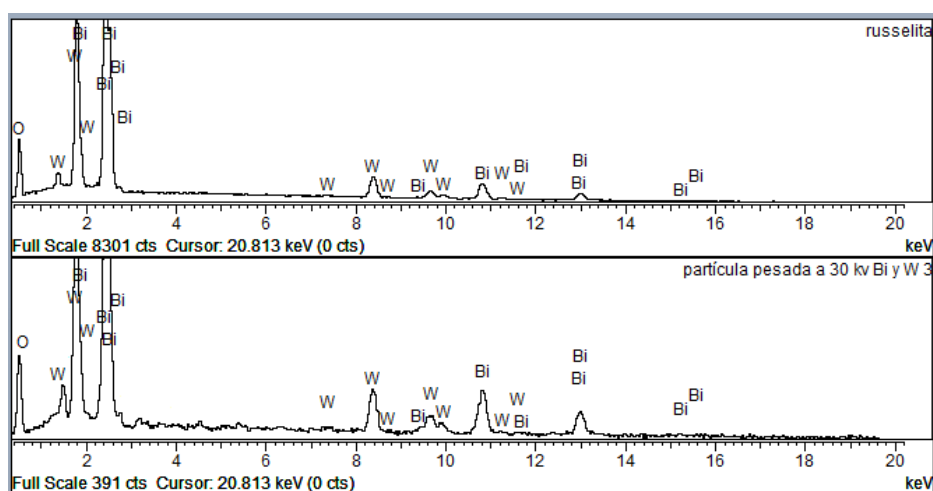


Figura No.8. Espectro de una de las partículas de russelita a las que se hace referencia, comparándola con el espectro correspondiente en la base.

También en la Isla de la Juventud se localizó una xenotima con contenidos relativamente altos de Gadolinio, Disprobio, Terbio, Holmio y otros elementos que se sitúan dentro de los más escasos en el grupo de las Tierras Raras, a lo que se suma el propio ytrio de la xenotima. La Figura No.9 muestra una gráfica de barras donde se aprecian los contenidos cuantitativos de cada uno de estos elementos en por ciento.

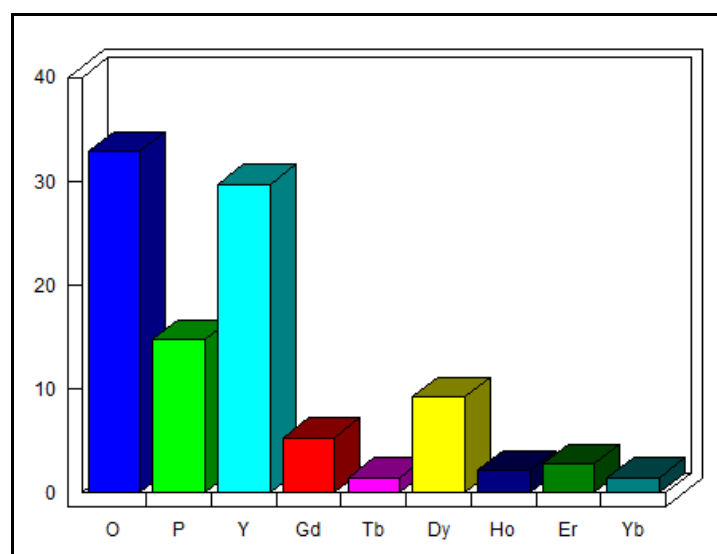


Figura No.9. Composición cuantitativa (en %) de los elementos constitutivos de una xenotima proveniente de la provincia de Camagüey.

- **Otros minerales relativamente infrecuentes que se encontraron**

Algunos minerales que forman series, o que muestran similitud en su composición química con otros, no presentaron una frecuencia de aparición similar. Tal fue el caso de tressulfuros de hierro y cobre, la calcopirita, la bornita y la cubanita. La Tabla No.1 los relaciona, comparándolos respecto a la frecuencia con la que se detectaron, en concordancia con lo esperado.

Tabla No.1. Sulfuros de hierro y cobre de composición similar			
No.	Nombre	Fórmula Química	Frecuencia de aparición
1	calcopirita	CuFeS_2	Alta (19 lugares)
2	bornita	Cu_4FeS_4	Media (9 lugares)
3	cubanita	CuFe_2S_3	Baja (1 lugar)

Otro ejemplo de minerales de composición química cercana, fue el de la wolframita y los extremos de su serie, la ferberita y la hubnerita, La wolframita apareció solo una vez en Santiago de Cuba, al igual que la ferberita en una zona de la Isla de la Juventud. La hubnerita no se ha encontrado. La Tabla No.2 resume este resultado.

Tabla No.2. Serie de la wolframita			
No.	Nombre	Fórmula Química	Frecuencia de aparición
1	wolframita	$(\text{Mn}, \text{Fe})\text{WO}_4$	Baja (1 lugar)
2	ferberita	FeWO_4	Baja (1 lugar)
3	hubnerita	MnWO_4	(no se ha encontrado)

Durante la realización del trabajo fueron detectados otros minerales que no aparecen con mucha frecuencia en la práctica geológica en el país. Una relación de los minerales de relativa rareza que se encontraron, adicionalmente a los ya descritos, se encuentra en la Tabla No.3. Cada mineral está acompañado de su fórmula química y de la provincia donde se encontró.

Tabla No.3 Minerales encontrados con muy baja frecuencia			
No.	Mineral	Composición	Lugar de aparición
1	altaita	PbTe	Villa Clara
2	amalgama de Ag	Hg-Ag	Mayabeque
3	brochantita	$\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$	Habana
4	claustalita	PbSe	Pinar del Río
5	cotunnita	PbCl_2	Pinar del Río
6	cubanita	CuFe_2S_3	Villa Clara
7	ferberita	FeWO_4	Isla de la Juventud
8	freibergita	$\text{Ag}_6\text{Cu}_4\text{Fe}_2\text{Sb}_4\text{S}_{13}$	Pinar del Río
9	goyacita	$\text{SrAl}_3(\text{PO}_4)(\text{PO}_3\text{OH})(\text{OH})_6$	Isla de la Juventud
10	hessita	Ag_3Te	Camagüey
11	hislevudita	Ni_3S_2	Camagüey
12	jalpaita	$3\text{SAg}_2\text{-SCu}_2$	Camagüey
13	mendipita	$\text{Pb}_3\text{O}_2\text{Cl}_2$	Pinar del Río
14	niquelina	NiAs	Villa Clara
15	pentlandita	FeNi_9S_8	Villa Clara
16	russellita	Bi_2WO_6	Isla de la Juventud
17	scheelita	CaWO_4	Villa Clara
18	tennantite	$\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$	Camagüey
19	torita	ThSiO_4	Camagüey
20	valleriita	$2[(\text{Fe}, \text{Cu})\text{S}] \cdot 1.53[(\text{Mg}, \text{Al})(\text{OH})_2]$	Habana
21	wolframita	$(\text{Mn}, \text{Fe})\text{WO}_4$	Santiago de Cuba
22	xenotima + TR	$\text{Y}(\text{PO}_4)(\text{Gd}, \text{Tb}, \text{Dy}, \text{Er}, \text{Ho})$	Isla de la Juventud
23	yodargirita	AgI	Santiago de Cuba

TR: Tierras Raras

CONCLUSIONES

- Fueron detectados 23 minerales, cuya aparición puede catalogarse de poco frecuente, teniendo en cuenta más de 4,500 análisis de porciones minerales procedentes de 52 lugares del país, distribuidos en 10 provincias y el Municipio Especial Isla de la Juventud. También se consideró la experiencia de los autores.
- Algunos de los minerales encontrados, como la altaíta, la claustalita, la valleriíta, la goyacita y la xenotima portadora de tierras raras, entre otros, pueden catalogarse de particularmente raros. Tanto estos, como otros, se describieron con más detalles en el trabajo, destacándose características como su morfología, dimensiones, composición elemental y minerales con los que presentan paragénesis.
- El Microscopio Electrónico de Barrido con Microanalizador de Rayos X acoplado y la base de espectros de minerales que se confeccionó, resultaron herramientas útiles para el estudio de minerales infrecuentes, siendo la primera oportunidad en que se realiza en el país un trabajo de este tipo tan extenso, empleándose equipamiento nacional.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todos los geólogos que, desde diferentes lugares del país, han facilitado las muestras que permitieron la realización de este trabajo. De igual forma a un conjunto considerable de compañeros que nos ayudaron con sus críticas y recomendaciones para perfeccionarlo y a los Editores de la Revista Digital GEOINFORMATIVA, por su exhaustiva revisión y recomendaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Barbalace, Kenneth. (2011). [Periodic Table of Elements](http://www.environmentalchemistry.com). Disponible en: www.environmentalchemistry.com

Drábek M. (2003). "Primary minerals of the Jáchymov ore district", *Journal of the Czech Geological Society*, 48, 19-147.

Lee Tan Y Yao Chi-Lung.(1970). "Abundance of chemical elements in the earth's crust and its major tectonic units", *International Geology Review*, Vol. 12, Issue 7.

Mineral Data (2014) *General Valleriite Information*, disponible en: www.webmineral.com.

MINERALIA. 2014). "Clausthalite Mineral Data".Disponible en: www.ins-uropa.org/mineralia/index.html

Molina N.B. (2012) "El Telurio". Disponible en: [www.http://es.slideshare.net](http://es.slideshare.net),

TOLEDO C.A., DE LA NUEZ D., LLANES A.I., LISABET E., MILIA I. Y REYES E. (2014). "La investigación analítica de minerales portadores de Tierras Raras y Elementos del Grupo del Platino", *Geoinformativa*. 8(2): 3-11. Instituto de Geología y Paleontología, Cuba.

LAS BAJAS CONCENTRACIONES METALIFERAS: RETO DE LA ACTIVIDAD MINERO-METALÚRGICA CUBANA

Waldo Lavaut Copa

Instituto de Geología y Paleontología. waldo@igp.minem.cu

Recibido: marzo 23, 2015

Aceptado: mayo 15, 2015

RESUMEN

Con una explotación intensiva de más de 70 años, la industria minero-metalúrgica del níquel en Cuba presenta una sustancial reducción de su base mineral. Por consiguiente, se impone un apremiante estudio integral de los yacimientos restantes y de los depósitos de colas fabriles, escombreras y mineral abandonado, para su recuperación industrial. Además del níquel y el cobalto, esos depósitos/restos muchas veces contienen metales estratégicos (preciosos, raros y de tierras raras). De todo ello dependerá el desarrollo sostenible de la industria niquelífera del país. Lo anterior es factible. Por ejemplo, en las últimas dos décadas, regiones homólogas del mundo con industrias minero-metalúrgicas niquelíferas basadas en las lateritas han obtenido éxitos sustanciales en la expansión de la extracción de níquel, cobalto y de otros metales (escandio, cromo, hierro) como sub-productos de los procesos fabriles. Incluso acometen investigaciones geológicas, químicas y metalúrgicas para lograr la extracción de otros metales existentes en las lateritas, como el oro y los platinoides.

Para Cuba, esto implica la necesidad de re-direccionar la explotación del níquel bajo este enfoque, no solo desde el punto de vista de la extracción, sino del tonelaje, la adopción de leyes de corte económico (cut-off) más bajas para ese mineral, así como la aplicación de los conceptos del níquel equivalente y el desarrollo de tecnologías que permitan recuperar bajas concentraciones, todo lo cual constituye un verdadero reto para la actividad minero-metalúrgica cubana.

Palabras clave: corteza intemperismo, lateritas, perspectiva, metales, desarrollo sostenible, Cuba

LOW METALLIFEROUS CONCENTRATIONS: A CHALLENGE TO THE CUBAN MINING AND METALLURGICAL ACTIVITIES

ABSTRACT

The mining and metallurgic industry of nickel in Cuba running more than 70 years presents substantial reduction of deposits, imposing urgently the integral study of remaining ore deposits and deposits of tails, dumps and mineral abandoned for industrial assimilation as they contain besides nickel and cobalt strategic metals (precious, rare and rare earth elements), all which is the basis for the sustainable development of nickel industry in the country.

This is totally possible as in the last two decades homologous regions of the world with similar mining and metallurgical industries have obtained substantial successes in the expansion of the extraction, besides nickel and cobalt, of other metals (scandium, chrome, iron) as by-products of the industrial process, as well they do not cease carrying subsequent geological and chemical and metallurgical investigations to recover other metals of laterites as gold and platinum group elements.

But this implies the necessity of re-directing the Nickel expansion in Cuba to the expansion of the extraction of metals from laterite, against the expansion in the tonnage of ore, the adopting of lower cut-off grades of nickel, the application of the concepts of equivalent nickel and the developing of such technologies that afford the recovering of low concentrations, all what is a real challenge to the Cuban mining and metallurgy.

Keywords: weathering crust, laterite, favorability, metal minerals, sustainable development

INTRODUCCION

Durante unos 70 años se han explotado intensamente los principales yacimientos lateríticos de Cuba, ubicados al noreste del país en las regiones de Mayarí, Nicaro y Moa, por lo que el grado de agotamiento del mineral en el presente constituye ya una limitante para la alimentación a largo plazo de las plantas metalúrgicas activas que funcionan con esquemas tecnológicos por lixiviación hidrometalúrgica ácida y carbonato-amoniaco.

Por tanto, una tarea de primer orden para el desarrollo sostenible de la industria niquelera cubana, frente al galopante agotamiento del mineral, es lograr la expansión de la extracción metalúrgica de otros metales acompañantes al níquel, como se logró en el caso del cobalto, a partir en primer lugar del mineral crudo que se procesa en las plantas en los eslabones apropiados del esquema metalúrgico, como son los licores, los lodos de lixiviación, las colas. Otras fuentes metalíferas pasivas actualmente son los depósitos tecnogénicos de las escombreras, los rechazos del beneficio pre-fabril y los de colas y residuales líquidos, generados por el proceso minero-metalúrgico.

El presente trabajo es el más reciente de una serie realizada por el autor durante más de 30 años (Lavaut Copa, W. 1982-83, 1984, 1986, 2001, 2004, 2005, 2008, 2014) en la temática de la mineralización acompañante al metal principal de las lateritas: el níquel, y sobre la explotación racional de los yacimientos lateríticos. El mismo surge como una necesidad de enfocar el desarrollo sustentable de la industria minero-metalúrgica del níquel en Cuba no solo sobre la base de la expansión en cuanto a la cantidad de mineral crudo para la continuidad del trabajo de las plantas a mediano y largo plazos, como se ha hecho hasta el presente, sino además dirigir la expansión de esta industria vital para el país a la extracción de metales acompañantes al níquel durante y posterior al proceso metalúrgico, primero de los licores y lodos de lixiviación y luego de las colas y otros depósitos desechados por la minería y las plantas, como son los rechazos del beneficio, las escombreras y el mineral de baja ley abandonado.

En este sentido el presente trabajo aporta los fundamentos geológicos, químicos y tecnológicos favorables, las deficiencias y retos actuales, así como las líneas estratégicas a seguir para la expansión de la extracción de metales de las lateritas cubanas, como base fundamental para el desarrollo sostenible de la industria del níquel, lo que permitirá la explotación racional de las fuentes metalíferas de las lateritas y el alargamiento de la vida útil de las minas y de los correspondientes combinados minero-metalúrgicos del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en base a una extensa búsqueda bibliográfica, soportada en Internet, artículos publicados en diferentes revistas técnicas, tesis doctorales relacionadas, informaciones geológicas y químico-composicionales de las lateritas cubanas, de Grecia, Rusia, Nueva Caledonia, Indonesia, Las Filipinas, Australia, Brasil, Venezuela, Borneo, Gabón y otras regiones. Asimismo, sometió a análisis y revisión las informaciones tecnológicas, tanto cubanas como extranjeras, relacionadas con los esquemas tecnológicos de la hidrometalurgia, actualizando los aspectos relacionados con el tema de la presente ponencia. Las informaciones abarcaron un período de tiempo de unos 30 años, con predominio de las del presente siglo.

En este respecto, compiló y procesó estadísticamente un volumen considerable de datos químicos, mineralógicos y económicos que han servido como base del presente trabajo. Las informaciones utilizadas son de carácter cuantitativo, proveniente de análisis por vía química, activación neutrónica, ICP ópticos y de masa, así como datos de microscopía electrónica con microsonda. La determinaciones de los elementos del grupo del platino (EGP) y del oro se realizaron con activación neutrónica (Lazarenkov, V.G., 2005; Kudelâsek, V. et al., 1989), y por ICP-MS con pre-concentración por medio de la combinación de fusión con NiS y con precipitación con Te (Mei-Fu Zhou et al., 2001). La data química original utilizada procede principalmente de publicaciones y trabajos científicos de tesis doctorales, avaladas por universidades geológicas de Cuba, España, Rusia y Hong-Kong (China).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente siglo se ha acrecentado considerablemente la demanda de metales en la industria mundial, especialmente ha crecido la utilización de metales estratégicos a partir de la última década del siglo XX, impulsado por el desarrollo de la tecnología de avanzada, principalmente militar, espacial, electrónica y de las comunicaciones; correspondientemente, los precios de los metales han experimentado una tendencia creciente, al margen de las fluctuaciones temporales (Agenda Química Internacional, 2014; Wilburn, D.R.-K.A. Stanley, 2012; Walters, A. et al., 2010).

El consumo global de níquel hasta el año 2020 se pronostica que crezca en más de dos veces en relación con el comienzo del presente siglo, especialmente se espera un consumo relevante del orden de unas 450-550 toneladas anuales este metal respectivamente en la República Popular China, Europa y Australasia (Mills, R., 2012). La demanda mundial de metales de las Tierras Raras (ETR, se incluyen Y y Sc) mostró un crecimiento tendencial de la producción minera mundial de Ce, La, Nd, Y y Pr, expresada según la suma de sus correspondientes óxidos, en la pasada década de unas 40 mil toneladas métricas en 1990 hasta 130 mil toneladas métricas en 2008, en lo cual China durante los últimos 30 años monopolizó el 90-97 % de la producción y aprovisionamiento mundial de ETR (Mission 2016, 2014).

El níquel actualmente forma parte de 3000 aleaciones diferentes que entran en unos 300,000 productos aplicados en la industria de consumo, en la militar y del transporte, así como en la aeroespacial y la marina, además de sus aplicaciones en la arquitectura, etc. (Wilburn, D.R., 2012). Por otro lado, las aplicaciones de los ETR cerio, europio, gadolinio, lantano, terbio y el ytrio son componentes fundamentales de la tecnología LED, láseres, fibra óptica (Jack Lifton, 2014), así como el neodimio y sobre todo el disprosio lo son para la construcción de imanes permanentes (Wilburn, D.R., 2012), utilizados para la fabricación de motores híbridos, discos duros, micrófonos y altavoces, turbinas eólicas, refrigeración magnética, etc. Las aplicaciones industriales de los ETR abarcan también: aleaciones para baterías y pilas de combustible, super-aleaciones, cristales con protección, catalizadores (especialmente La y Ce), sensores, condensadores, pigmentos (Ce, Y), imágenes de rayos X, en la defensa (Nd, Pr, Dy, Tb, Eu, Y, La, Lu, Sc, Sm) y la industria nuclear (Eu, Gd, Ce, Y, Sm, Er).

Los metales preciosos Au, Ag y los elementos del grupo del platino (EGP), además de sus usos tradicionales en la joyería y la industria monetaria, tienen especial y creciente demanda para la electrónica, las tecnologías de super-conductividad, en la automovilística de alto rendimiento, catalizadores químicos y en la medicina para la cura del cáncer, eliminación de las verrugas y para las cirugías estéticas con hilos de oro, y otras aplicaciones.

Es por esto que todos estos metales son considerados como estratégicos y atractivos para la inversión económica. Sus precios actuales en comparación con el año 2002 han crecido significativamente, según sigue (en % relativos): Au= 417; Ag= 422; Pt= 262; Pd= 236; Nd= 252; Ni= 264; Cu= 465; Pb= 241; Zn= 294, y así sucesivamente para otros metales base y preciosos. Especialmente han sido altas las cotizaciones de los ETR escandio (15500 \$/kg), europio (980-2050 \$/kg) y terbio (1900-2100 \$/kg) (MTL Índice; Wilburn, D.R., K.A. Stanley, 2012; Mission 2016, 2014).

En las últimas dos décadas las regiones homólogas del mundo con industrias minero-metalúrgicas niqueleras basadas en las lateritas, como el caso de Cuba, han obtenido sustanciales éxitos en la expansión de la extracción de otros metales de la laterita, además de níquel y cobalto, como el escandio, cromo y hierro, como sub-productos del proceso fabril, y aún no cesan en ulteriores investigaciones geológicas, químicas y metalúrgicas para lograr la extracción también de otros metales existentes en las lateritas, como el oro y los platinoides (Børsmeldinger, A., 2013; Grennes, H., 2013; Metallica Minerals Ltd., 2013; Sumimoto Metal Mining Co., 2013; MTL Index).

La extracción de estos metales, como sub-productos de la industria del níquel, en los países de Australasia (por ejemplo en Nueva Caledonia, Las Filipinas, Australia) se está logrando en base al esquema tecnológico de lixiviación ácida sulfurosa, en plantas homólogas a "Pedro Sotto Alba-Moa Nickel S.A.", que a pesar de haber sido la primera planta de este tipo (y una de las más eficientes) existente en el mundo, durante 52 años de su funcionamiento solamente ha extraído níquel y cobalto de la laterita.

Por tanto, existen las premisas teóricas y la atractiva expectativa de que Cuba también pueda diversificar su producción de metales a partir de las potencialidades de las lateritas, si se realizan las investigaciones y ajustes fabriles correspondientes.

Las investigaciones geológicas con determinaciones químico-analíticas cuantitativas, principalmente a través de activación neutrónica y ICP-MS, realizadas con muestras de lateritas (ca. oxi-hidróxidos de hierro) y saprolitas (ca. silicatos), y de sus correspondientes rocas madres ultramáficas ("Serpentinitas") y máficas ("Gabros"), han demostrado la existencia de ETR, EGP, Au y Ag, además del níquel y cobalto, en estos materiales cubanos, al igual que ocurre en otras formaciones geológicas semejantes del mundo ("Ofiolitas"). También estas rocas contienen metales de transición importantes y con demanda para la industria, como el escandio (Sc), vanadio (V), cromo (Cr), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), titanio (Ti), galio (Ga), estroncio (Sr) y ytrio (Y). Incluso, es relevante el hecho de que las cromitas de Mayarí-Baracoa ("Cromititas Podiformes"), que se han comercializado durante varias décadas hacia países extranjeros, constituyen unos de los portadores típicos mundiales (en esta clase de génesis) de elementos del grupo IPGE de platinoides (Os, Ir, Ru) con contenidos mayores de 1 ppm (Lazarenkov, V.G. et al., 2005; Mei-Fu Zhou et al., 2001; Prichard, H. M.-Brough, C., 2009).

Del grupo de los ETR en las rocas ultramáficas y máficas cubanas existen prácticamente todos los lantánidos, entre los cuales están varios metales de alta demanda y aplicación tecnológica actual, como son el cerio (Ce), europio (Eu), gadolinio (Ga), lantano (La), terbio (Tb), lutecio (Lu), neodimio (Nd), disprosio (Dy), praseodimio (Pr) y holmio (Ho), además del itrio (Y) y el escandio (Sc) (Aiglsperger, T. et al., 2013; Kudelásek, V. et al., 1989; Marchesi, C., 2006). Estos metales ETR, preciosos (o nobles) y de transición constituyen elementos trazas en las rocas frescas madres de las cortezas de intemperismo y se caracterizan por sus bajas concentraciones, según se expone en la siguiente tabla I:

Tabla I. Contenidos promedios de metales transitorios, nobles y de las tierras raras en las rocas máficas y ultramáficas del macizo ofiolítico Mayarí-Baracoa en ppm. Las Ultramafitas representan harzburgitas y Dunitas, y las mafitas gabros normales y olivínicos, noritas y diabasas.

Roca	Ni	Co	Sc	Ga	V	Cr	Ti	Ge	Zr	Y	Sr
Ultramafitas	2259	97.6	10	1.5	37.3	2835.6	0.003	1.5	45	4	0.69
Mafitas	441	56.3	35	17	87.5	615	0.19	1.3	110	21	88.9
	Ce	Eu	Gd	La	Tb	Lu	Nd	Dy	Pr	Ho	
Ultramafitas	0.003	0.001	0.005	0.002	0.0007	0.0005	0.004	0.004	0.0004	0.002	
Mafitas	0.78	0.28	0.58	0.23	0.11	0.08	0.89	0.8	0.0937	0.18	
	Au	Ag	Pt	Pd	Ru	Ir	Rh	Os			
Ultramafitas	0.006	0.06	0.007	0.009	0.012	0.006	0.001	0.003			
Mafitas	0.004	0.11	0.005	0.002	0.003	0	0.001	0.002			

La mayoría de los metales señalados en la tabla I son elementos incompatibles, que se caracterizan por su inmovilidad en los sistemas geoquímicos, uno de los cuales es el proceso de meteorización con formación de cortezas de intemperismo lateríticas. Esta propiedad hace que dichos metales se concentren significativamente en el material del manto de meteorización hasta el grado de ser

rentable su extracción por la vía metalúrgica. Así, por ejemplo, el níquel se concentra 5.6 veces, el cobalto 12 veces, el titanio 24.5 veces, el cromo 5.6 veces. Tales grados de concentraciones han posibilitado una industria extractiva en Cuba de níquel y cobalto por muchos años, y en otros países también, donde además del Ni y Co, se aprovechan otros metales como cromo, hierro y escandio, aunque en Cuba todavía no. Otro factor geológico favorable es que los yacimientos lateríticos de Cuba se componen de mayor cantidad de material oxidado (laterita, strictu sensu) que silicático (saprolita), y estos metales se concentran siguiendo la tendencia de concentración del aluminio y del hierro, o sea, en la laterita y de abajo arriba.

Las concentraciones que se han registrado a consecuencia del intemperismo de los metales nobles en Cuba indican también altos coeficientes de acumulación. Así, para el paladio 25.2 veces, platino 13 veces, rodio 6.5 veces, rutenio 3.6 veces, oro 5 veces. El grado de concentración meteórica para los metales de las tierras raras pudiera juzgarse por el escandio, dadas sus semejanzas en propiedades químicas y a que tales metales tienden a ser insolubles en fluidos acuosos y no se movilizan durante el intemperismo, el cual en las lateritas de Cuba se acumula 10 veces. Por tanto, hay que esperar también importantes acumulaciones del resto de los metales de las tierras raras en estas lateritas. Los contenidos de metales preciosos en la laterita cubana se han reportado del orden de los 0.2 g/t.

Tomando en cuenta que el contenido de los metales de las tierras raras en las mafitas (tabla I), en comparación con las rocas ultramáficas, es extraordinariamente mayor (Ce=260 veces, Eu=280 veces, Nd=222 veces, Pr=234 veces, Dy=200 veces, Lu=160 veces, Tb=157 veces, Gd=116 veces, La=115 veces y Ho=90 veces más), se puede inferir que las cortezas de meteorización de las rocas máficas (gabros normales y olivínicos, noritas y diabasas) constituyen importantísimas fuentes potenciales de estos metales, por lo que las mismas requieren de una investigación apremiante, debido a que las ellas ocupan extensas áreas tanto en Cuba Oriental como en Camagüey, minoritariamente en otras partes del país; y estas cortezas permanecen prácticamente sin estudios metalogénicos, exceptuando una evaluación somera para aluminio. También estas cortezas de mafitas concentran mucho más Sc, Y, Ti, Sr, Ga, V, y Zr que las cortezas de ultramafitas, o sea, que las lateritas que se procesan actualmente en plantas metalúrgicas.

En los últimos diez años la industria de la laterita en Australasia ha venido desarrollando procedimientos tecnológicos para la obtención de escandio de la laterita niquelífera por vía del esquema de lixiviación ácida sulfurosa a presión (HPAL), logrando su recuperación comercial a partir tanto de los licores como de las colas (Metallica Minerals Ltd., 2013; Sumitomo Metal Mining Co., Ltd., 2013; Herrera Juver, V., 2005). Para el caso de Cuba, es posible esperar tal posibilidad también sobre la base de que se han reportado preliminarmente en las lateritas de Moa entre 60 y 101 ppm de escandio (Aiglsperger, T. et al., 2013), así como que lateritas con contenidos de escandio a partir de 20-50 ppm ya tienen importancia para su explotación como fuentes de escandio.

También, se ha establecido por varias instituciones rusas dedicadas a las investigaciones de la materia prima mineral (Gipronikel Institute; Mekhanobr Institute; Leningrad Mining Institute), que los productos metalúrgicos de las plantas cubanas que procesan lateritas, tanto en Moa como la ya inexistente planta de Nicaro, en los productos sulfurosos y el sinter, se contienen respectivamente 2.45-6.2 g/t y 6.3 g/t de EGP-total, con especialización en el Pd= 1.26-4.5 g/t; así como Au respectivamente 0.35-1 g/t y 0.56 g/t. En las colas de estos tipos de plantas metalúrgicas cubanas también estas instituciones reportan la existencia de EGP y Au, aunque minoritariamente 10-12 mg/t. Estos resultados permiten realizar la extracción comercial de estos metales preciosos (Lazarenkov, V.G. et al., 2005; Distler, V.V. et al., 1989).

El componente útil principal en el mineral laterítico, no obstante, hasta ahora ha sido el níquel y la explotación de los yacimientos y depósitos se ha basado en la aplicación de altas leyes de corte económico (cut-off) al níquel (generalmente superiores a 1.2-1.3 %), condicionado por altos niveles productivos, así como de pérdida y empobrecimiento, principalmente durante el minado. Esto unido a las características de los modelos geológicos de los depósitos cubanos, en los que predomina el material más pobre en níquel: la laterita (sesquióxidos de hierro) sobre la saprolita (alumosilicatos más ricos en níquel), ha conllevado al desprecio de grandes volúmenes de laterita

en forma de escombros. La carrera tras el alto níquel en los yacimientos, por tanto, ha sido la principal causa del sustancial agotamiento de la base mineral de las plantas de níquel, ya que mundialmente este tipo de yacimiento se caracteriza por un contenido promedio de níquel muy por debajo de esas cifras: Ni=1.14 % (mediana para 61 depósitos), Co=0.09 % (mediana para 61 depósitos) (Berger V.I., Singer D.A. et al., 2011), e incluso los yacimientos cubanos son ligeramente menos niquelíferos en la mediana: Ni=1.11 % para 47 depósitos conocidos, aunque igualmente promedian Ni=1.14 %, en ambos casos utilizando cut-off de níquel con posible interés económico, para los cubanos Ni \geq 0.8%.

Por esta causa, varios geólogos reiteradamente han sugerido mecanismos tendientes a la disminución del cut-off de níquel para los yacimientos cubanos, como una necesidad de primordial importancia (Ogarkov, V.M., 1970; Bíkov, A.S., 1980; Lavaut Copa, W., 1982-83, 2001; Rodés García, H.-René Noa Utria, 2005; Rodríguez, A. et al., 2013). Uno de los primeros mecanismos indicados fue la fórmula del metal equivalente (níquel equivalente o condicional) para poder involucrar al cobalto en las condiciones de cubicación y estimación del mineral útil de los yacimientos, deduciéndose la ecuación Ni_{eq}=Ni+2Co (Lavaut Copa, W.-Rodríguez H., 1982), fórmula que sin ninguna variación es actualmente aplicada en los yacimientos australianos Greenvale, Lucknow y Kokomo por la compañía Metallica Minerals Ltd. (Metallica Minerals Ltd.- SCONI Project, 2012), sin embargo en casi la totalidad de los yacimientos cubanos no se ha aplicado y se ha ignorado durante su minería. Vea figura 1.

The Lucknow Mineral Resource includes Sc and Ni-Co Mineral Resources that overlap in part. Consequently, the total resource is subdivided into Sc blocks and Ni-Co blocks using the following method:

Sc Mineral Resource – block grade NiEq <0.7%
(NiEq = Ni +2xCo) and \geq 70g/t Sc; and
Ni-Co Mineral Resource – block grade NiEq \geq 0.7%
(NiEq = Ni +2xCo).

Approximately 750ktpa throughput brownfield expansion producing Nickel (Ni), Cobalt (Co) and Scandium (Sc). The Ore would be mined from Greenvale, Kokomo and Lucknow deposits.

Fuente: 1. Metallica Minerals Ltd [en línea]. SCONI
[consultado 19/06/2013].
Disponible en: <http://metallicaminerals.com.au/sconi>

Figura 1. Demostración de aplicación actual en Australia de la fórmula del metal equivalente en el cut-off de Níquel para la cubicación y minado de los yacimientos lateríticos.

Los cut-off de níquel utilizados en muchos depósitos australianos: %Ni= [0.3, 0.8] son muy inferiores a los que se aplican en Cuba, sin embargo este país tiene el primer lugar mundial en tonelaje de mineral, y a pesar de poseer sus lateritas solamente el 8 % de la cantidad de níquel metálico del mundo alcanza producciones de más de 180 000 toneladas anuales, ocupando la posición del cuarto país más productor en este importante renglón mundial. Es decir, la aplicación de bajos cut-off de Ni al mineral y la realización de los reajustes necesarios en los eslabones requeridos de la cadena productiva es posible y lo demuestran estos hechos. Vea figura 2 en la que se muestra la potencialidad menífera teórica de las lateritas de Cuba.

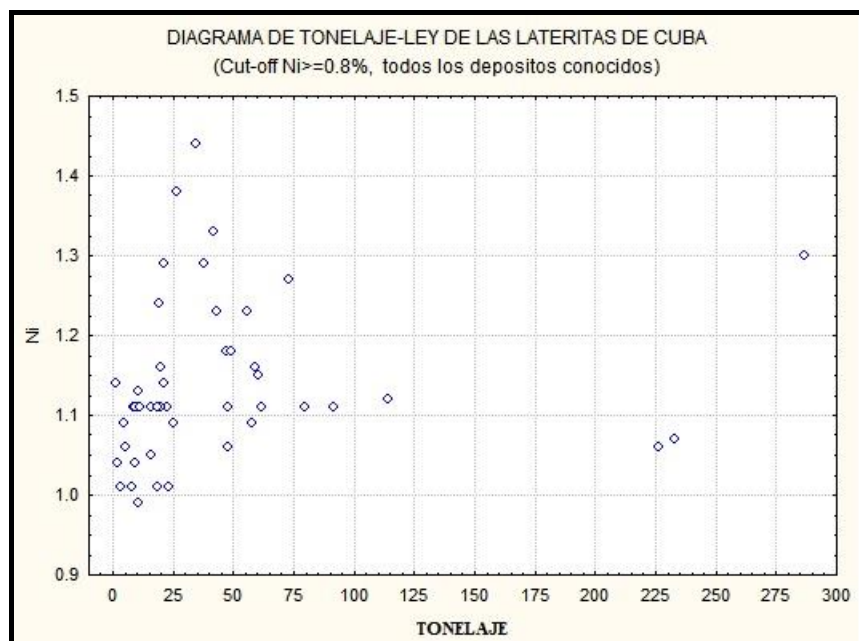


Figura 2. Tenores de níquel vs. tonelaje de menas en los 47 depósitos lateríticos cubanos.

Las colas de estas plantas metalúrgicas cubanas, al igual que la laterita cruda, constituyen materiales poli-componentes conteniendo varios valiosos metales, como Fe, Cr, V, Mn, Ti, Al, Sr, Ni, Cu, Sc, Ba, Zn, Ga, La, Ce, Nd, Gd, Hf, Au, Yb, Ta, Mg, Co, Ag y otros, de tal forma que la riqueza en metales se halla distribuida en los yacimientos, escombreras, rechazos del beneficio, licores metalúrgicos, productos finales, colas y otros residuales de las plantas metalúrgicas, así como en depósitos de lateritas cercanos a los combinados minero-metalúrgicos desarrollados sobre mafitas (gabros y gabroides). El balance general constituye la riqueza necesaria para un desarrollo sostenible de la industria minero-metalúrgica.

Por otro lado, el grado de estudio geológico, químico, mineralógico y metalúrgico de las mencionadas partes componentes de las riquezas lateríticas aún es ínfimo en comparación con la potencialidad en recursos económicos que ellas encierran. Durante décadas se ha seguido una estrategia estrecha dirigida solamente al níquel y cobalto, lo que requiere ser re-direccionado hacia la consecución de un desarrollo integral que garantice la expansión de la extracción de metales, a más de la expansión en tonelaje de mineral, y por tanto la sustentabilidad de esta industria.

CONCLUSIONES

1. Las lateritas cubanas son un depósito metalífero poli-componente valioso con Fe, Co, Ni, Mn, Cr, Ti, V, Pd, Pt, Au, Y, Sc y otros metales estratégicos, aún con muy bajo grado de estudio químico y metalúrgico, cuyo valor potencial actual ha crecido en más de 135 veces al cabo de sesenta años de su explotación por la demanda de metales estratégicos y sus altas tasas de cotizaciones en el mercado.
2. Los componentes metalíferos se distribuyen en la masa de alimentación de la planta metalúrgica, licores de lixiviación, colas y residuales, en las escombreras y depósitos de rechazos del beneficio, así como en extensos depósitos lateríticos de gabros y gabroides, estando los metales de mayor demanda y más alta cotización en bajas concentraciones.
3. La evaluación de los depósitos y asimilación industrial de los yacimientos lateríticos cubanos aún se realiza con criterios tradicionales que datan de más de 40-60 años, basados en altos cut-off de Ni, lo que impide una evaluación integral más eficiente y el uso más racional de las lateritas, lo que requiere un vuelco total.
4. La química y la hidrometalurgia ácida mundial en la última década logró en Australasia, extraer Fe, Ni, Co, Sc, Cr, y continúa las investigaciones para recuperar otros metales más,

lo cual es una demostración de que es posible la expansión en la recuperación de metales de las lateritas.

5. En este respecto, la Química Analítica, la Química Industrial, la Hidrometalurgia cubanas están llamadas a jugar un papel decisivo en el desarrollo sostenible de la industria del Níquel en el país, requiriéndose unificar las fuerzas favorables existentes en el país.
6. La determinación del geopotencial en el escenario minero-tecnológico frente a un desarrollo sostenible todavía es muy bajo, requiriéndose de la implementación de la superproducción de metales acompañantes al níquel, la adecuada evaluación de la mineralización acompañante y la actualización de la base de recursos y reservas minerales en todos los depósitos naturales y tecnogénicos para poder lograr una explotación racional de los mismos, el alargamiento de la vida de los combinados minero-metalúrgicos del país, así como la creación de nuevos otros posibles.

BIBLIOGRAFÍA

Agenda Química Internacional [en línea]. *Tierras Raras: Tesoro Actual* [consultado 30 julio 2014]. Disponible en: <http://agendaquimica.blogspot.com/>

Aiglsperger, T. et al. Rare Earth Elements and Scandium in different types of Ni-laterite profiles from the northern Caribbean: a geochemical comparison. En: *Mineral Deposit Research for a High-Tech World- 12th SGA Biennial Meeting 2013. Proceedings*, 4, pp.1683-1686.

Børsmeldinger, A. *ITX - Promising preliminary test results for the extraction of Scandium from HPAL liquor - joining the Scandium race*. Oslo: Intex Resources ASA [en línea] [consultado 14 junio 2013]. Disponible en: www.mineralprices.com

Disponible en: <http://chinamcc8/en/dis.asp?id=220&fid=&lid=22>

Grenness, H. *ITX - Scandium Extraction Confirmed-Exploring Iron. Extraction Potential*. MCC8 Group Company Limited [en línea] [consultado 14 noviembre 2013].

Distler, V.V. et al. (1989) Informe sobre platinosidad de las formaciones de Cuba. Tema 151. Componentes útiles de la República de Cuba. A.C. de al URSS-A.C. de Cuba-MINBAS, (Inédito).

Herrera Juver, V. (2005). *La industria del Níquel. Panorama mundial*. Ponencia inédita. I Congreso de Minería y Geología, La Habana.

Kudelásek, V. et al. (1989) REE and Transition Elements Geochemistry of Cuban Ophiolites. *KRYSTALINIKUM*, 20, pp.65-83.

Lavaut Copa, W. (2004). *Evaluación perspectiva de las presas de rechazo de la Moa Nickel*. Ponencia inédita. XV Fórum de Ciencia y Técnica, PPM-Santiago de Cuba.

Lavaut Copa, W. (1984). *Grado de estudio de los yacimientos ferroniquelíferos de la parte nororiental de Cuba y perspectivas futuras en su prospección*. Ponencia inédita. Filial Santiago-Granma-Guantánamo de la SCG. Guantánamo.

Lavaut Copa, W. (1983) *Importancia de la inclusión del contenido de cobalto en las condiciones de cálculo de reservas de las menas lateríticas*. Ponencia inédita. Segundo Encuentro Científico-técnico del Níquel, ISMM, Moa.

Lavaut Copa, W. (1986). El Cobalto en la corteza de intemperismo del yacimiento laterítico Punta Gorda, Isla de Cuba. *Rev. Geología y Prospección*, No.1, MGRI. Moscú, Rusia.

Lavaut Copa, W. (2005) *Problemática del estudio geológico de los principales yacimientos lateríticos de Cuba Oriental*. En: Memorias del I Congreso de Minería y Geología, La Habana.

Lavaut Copa, W. (2008) *Reflexiones geológicas sobre la explotación racional de las lateritas*. Ponencia inédita. XII Jornada de las Geociencias, SCG-Filial Santiago de Cuba.

Lavaut Copa, W. (2014). *Retos de la Química cubana frente al desarrollo sostenible del Níquel*. En: Memorias de la 21 Conferencia Internacional de Química, Santiago de Cuba.

Lavaut Copa, W. (2001) *Vías de incremento de la base de materia prima mineral para la ECRRL-Nicaró*. En: Memorias del IV Congreso de Minería y Geología, La Habana.

Lazarenkov, V.G. et al. (2005). Platinum Group Metals and Gold in Supergene Nickel Ores of the Moa and Nikaro Deposits. *Lithology and Mineral Resources*, 40 (6), pp. 521–527.

Marchesi, C. *Petrogenesis of the ultramafic and mafic rocks from the Mayarí-Baracoa Ophiolitic Belt and spatially-related volcanism (eastern Cuba)*, Tesis doctoral, publicada por la Editorial de la Universidad de Granada, España, ISBN: 978-84-338-4196-4, D.L.: Gr. 2163-2006.

Mei-Fu Zhou et al. The Mayarí-Baracoa Paired Ophiolite Belt, Eastern Cuba: Implication for Tectonic Setting and Platinum-Group Elemental Mineralization. *International Geology Review*, 43, 200, pp. 494-507.

Metallica Minerals Ltd [en línea]. SCONI [consultado 19/06/2013]. Disponible en: <http://metallicaminerals.com.au/sconi>

Mills, R. Nickel Mining Like its 1864, November 2012 [en línea]. Disponible en: www.aheadoftheherd.com

Mission 2016: The Future of Strategic Natural Resources [en línea]. *The Elements>>Rare Earth Elements* [consultado 21 julio 2014]. Disponible en: <http://web.mit.edu/12.000/www/m2016/finalwebsite/elements/ree.html>.

Mission 2016: The Future of Strategic Natural Resources [en línea]. *The Elements>>Rare Earth Elements* [consultado:21 julio 2014]. Disponible en: <http://web.mit.edu/12.000/www/m2016/finalwebsite/elements/ree.html>.

MTL Índice [en línea]. *INVIERTE EN EL FUTURO. Metales estratégicos y tierras raras*. Disponible en: www.mtlindex.es

Ogarkov, V.M. (1970) *Nikelevie mestorozhdeni Kubi*. MMCM-UEM, La Habana, (inédito).

Prichard, H. M., Brough, C. (2009), Potential of ophiolite complexes to host PGE deposits. En *New developments in magmatic Ni-Cu and PGE deposits*; LI, C. and RIPLEY E. M. (Eds.) Geological Publishing House Beijing, pp 277-290.

Proenza, J., F. Gervilla, J. C. Melgarejo. (1999). La *Moho Transition Zone* en el macizo ofiolítico Moa-Baracoa (Cuba): Un ejemplo de interacción magma/peridotita. En: *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 12 (3-4),

Rodríguez, A., E. Ivonnet, M. Cadete. (2013). *Actualización del modelo económico cubano en reservas minerales. Experiencias y casos de estudio*. En: Memorias del V Congreso Cubano de Minería, MIN1-CE15, La Habana,

Sobral, Luís, Franklin Ortiz. (2000) Informe sobre el taller técnicas extractivas para metales preciosos en lateritas. En: *Sub-Programa XIII: Tecnología Minera*, Río de Janeiro, Brasil.

Sumitomo Metal Mining Co., Ltd. (2013). Disponible en: Masashi Takahashi, Public Relations & Investor Relations Department. TEL: +81-3-3436-7705, FAX: +81-3-3434-2215.

The Gold Report [en línea]. *The Only Five Rare Earth Elements that Matter: Jack Lifton* [consultado: 21 julio 2014]. Disponible en: <http://www.theaureport.com/pub/na/the-only-five-rare-earth-elements-that-matter-jack-lifton>.

Walters, A. et al. Rare Earth Elements. *Minerals UK. June 2010*, pp. 1- 44 [en línea]. Disponible en: www.MineralsUK.com

Wilburn, D.R. Byproduct metals and rare-earth elements used in the production of light-emitting diodes— Overview of principal sources of supply and material requirements for selected markets. En: *U.S. Geological Survey Scientific Investigations. Report 2012–5215*, 15 p. Disponible en: <http://pubs.usgs.gov/sir/2012/5215/>.

Wilburn, D.R., K.A. Stanley. Annual review 2012. Exploration Review. *Mining engineering, may 2013*, pp. 22- 42 [en línea]. Disponible en: www.miningengineeringmagazine.com

DISPONIBILIDAD Y POTENCIALIDADES DE LAS ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES PARA EL DESARROLLO LOCAL EN LA PROVINCIA ARTEMISA, CUBA

Rolando Batista González, Yanara Millar Borrego, Yeiseny Hernández Mesa, Yuniel Ortega Rodríguez, Ramiel Valdés Peralta

Instituto de Geología y Paleontología, rolando@igp.minem.cu

Recibido: abril 23, 2015

Aceptado: mayo 25, 2015

RESUMEN

La valoración de las disponibilidades y potencialidades de los recursos minerales para determinadas regiones o países, es práctica habitual para la actividad geológica moderna y se enfoca dentro de los planes de desarrollo de cualquier Estado. La provincia de Artemisa es una de las surgidas dentro de la nueva división político-administrativa de la República de Cuba y forma parte, conjuntamente con Mayabeque, de las nuevas concesiones de gobierno y administración según los lineamientos sobre la política económica por los que se rige el país. El presente artículo nace de una investigación desarrollada con el objetivo de analizar las disponibilidades y potencialidades de varios recursos minerales de amplio uso local, en Artemisa. Para cumplir esto se recurrió a la búsqueda, recuperación y análisis de información contenida en informes de investigaciones como antecedentes; posteriormente se estandarizaron los datos y se sistematizó la información para luego valorar el contexto socioeconómico de la nación. Como resultado de esta investigación, se confirmaron las buenas disponibilidades y potencialidades para varias materias minerales, principalmente vinculadas con la producción local de materiales de construcción, lo cual sirve de base objetiva para las proyecciones de desarrollo de distintas ramas económicas y sociales, a nivel local y nacional, teniendo también incidencia en la planificación física y en el uso y ocupación del terreno.

Palabras clave: rocas, minerales industriales, desarrollo local, Artemisa, Cuba

AVAILABILITY AND POTENTIAL OF INDUSTRIAL ROCKS AND MINERALS FOR LOCAL DEVELOPMENT IN ARTEMISA PROVINCE, CUBA**ABSTRACT**

The assessment of the availability and potential of mineral resources for certain regions or countries, is a common practice for modern geological activity. It is usually focused in developmental plans of any government. Artemisa province is recently emerged within the new political-administrative division of the Republic of Cuba. Together with Mayabeque province, it takes part of new concessions for the governmental and administrative guidelines on economic policy ruling in the country. The present work resulted from a research conducted with the aim of analyzing the availability and potential of various mineral resources of wide local use, in Artemisa province. To meet such objective, an endeavor effort for searching, retrieving and to analyze information in former research reports and records was carried out. Resulted data were then standardized and the information paired according to the national socio-economic context. As a result, good availability and potential for multiple mineral commodities, mainly linked to the local production of building materials, were found. Such information will serve as an objective basis for further developmental projects to different economic and social branches in both local and domestic levels. It will also have important impacts on physical planning and the land use and occupation.

Keywords: rocks, industrial minerals, local development, Artemisa province, Cuba

INTRODUCCIÓN

Artemisa es una de las nuevas provincias surgidas con la actual división política administrativa de Cuba y es por ello que se tomó como objeto de estudio, teniendo en cuenta sus perspectivas de desarrollo socio-económico.

Los recursos minerales forman parte del patrimonio natural de toda nación. El potenciarlos y aprovecharlos es de vital importancia para el desarrollo socio-económico de cualquier Estado. Estos recursos abarcan varios grupos: combustibles; minerales metálicos; aguas minero-termales; así como los minerales y rocas industriales (no metálicos), objeto de la presente investigación.

A partir de una solicitud de la Comisión de Industrias y Construcciones de la Asamblea Nacional del Poder Popular y del Grupo de Trabajo para el Desarrollo de la Vivienda y la Producción Local de Materiales de Construcción, en concordancia con los Lineamientos para la Política Económica y Social del Estado cubano, un grupo de especialistas del Instituto de Geología y Paleontología/Servicio Geológico de Cuba (en lo adelante IGP/SGC), perteneciente al Ministerio de Energía y Minas (MINEM), se planteó la proyección y ejecución de distintos proyectos de investigación y desarrollo, referentes a la valoración del potencial de los recursos de rocas y minerales industriales vinculados al desarrollo local, con particular énfasis en los recursos minerales estrechamente relacionados con la industria de los materiales de construcción, y la inclusión, además, de otras materias minerales de amplio uso en renglones de la economía, como el agropecuario.

El presente trabajo tiene como objetivo:

Analizar las disponibilidades y potencialidades de varios recursos minerales de amplio uso local, con el fin de garantizar el desarrollo sostenible de las localidades y la satisfacción de las crecientes necesidades de la comunidad, teniendo en cuenta el carácter no renovable de los recursos minerales, lo que requiere la aplicación de todas las medidas necesarias para su control, con el debido cumplimiento de las normas y disposiciones legales establecidas en las leyes de Minas y Medio Ambiente, entre otras disposiciones regulativas para la explotación y el uso de estos recursos.

El aprovechamiento de los recursos minerales permite, entre otras ventajas:

- a) Reducir el consumo de combustibles y el tiempo de ejecución de las obras, al acercar las fuentes de materias minerales a los productores y consumidores.
- b) Favorecer la disminución de los consumos de cemento Portland, al incentivar la producción de otros aglomerantes, como las puzolanas, la cal y el yeso.
- c) Ofrecer la posibilidad de utilizar técnicas constructivas más económicas, como el uso de bóvedas y arcos, al fomentar la explotación de piedra de cantería y tejares.
- d) Disponer de un valioso material para la docencia en los diferentes niveles de enseñanza, donde se imparten disciplinas vinculadas a las Geociencias. En especial, en las carreras de Geología, Minería, Ingeniería Civil, Arquitectura, Agropecuaria, Geografía y otras.
- e) Incrementar fuentes de ingreso y puestos de trabajo.
- f) Enriquecer el acervo científico-técnico y cultural de la comunidad.
- g) Contribuir al desarrollo y gobernabilidad sustentable del territorio, ya que el conocimiento y las posibilidades de usos de estos recursos minerales forman parte de su patrimonio.
- h) Rescatar la identidad y tradiciones locales, vinculadas con la manufactura de materiales de construcción y la arquitectura vernácula.

MATERIALES Y MÉTODOS

Antecedentes de la valoración del potencial de las rocas y minerales industriales en Cuba

Entre las principales investigaciones sobre el tema, que sirvieron de base a los autores para la ejecución de este proyecto se encuentran:

- Trabajos de sistematización y generalización para las materias primas minerales no metálicas, que culminaron con los informes y mapas de yacimientos y manifestaciones para las antiguas provincias, ejecutados por el Centro de Investigaciones Geológicas. MINBAS, en el período 1980–1985.
- Trabajos de mineragenia y pronóstico para las materias primas no metálicas, realizados por especialistas del Instituto de Geología y Paleontología del MINBAS, durante el período 1986–2000, a escala 1:500 000 y 1:100 000.
- Informes sobre prospección geológica para diferentes materias primas no metálicas.
- Tesis de diploma, maestrías y doctorados, además de artículos y libros científicos y divulgativos sobre este tipo de recursos minerales.
- Sistema de información para los recursos minerales de la República de Cuba (*INFOYAC*), base de datos. IGP. La Habana. 2001, actualizado hasta el 2014.
- Bases de datos resumidas del programa Geodato y sus metadatos.
- Valoración del potencial de las rocas y minerales industriales para el desarrollo local en la República de Cuba. Mapa de Yacimientos en SIG. Multimedia. IGP. La Habana. 2012.
- Informes de las investigaciones sobre el medio ambiente en las canteras inactivas de las provincias de La Habana, Mayabeque y Artemisa, realizadas por el IGP en los años 2010–2013.
- Valoración del potencial de las rocas y minerales industriales para el desarrollo municipal en la provincia Mayabeque. IGP. La Habana. 2013.

Con el fin de cumplir el objetivo propuesto, se procedió a la sistematización y estandarización de gran parte de la información referente a los minerales y rocas industriales, archivada en el IGP/SGC, Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM) y el Ministerio de la Construcción (MICONS). Paralelamente se valoró el contexto socioeconómico actual de la nación, como las afectaciones derivadas de varias catástrofes naturales que impactaron diversas zonas del país, además de la poca cultura en materia de mantenimientos y reparaciones, que han contribuido —y contribuyen— a la descapitalización del patrimonio construido, como se puede evidenciar en viviendas, edificios públicos, viales y obras hidráulicas e industriales. Lo anterior obliga al Estado cubano a destinar

importantes recursos al desarrollo y rescate de su infraestructura y paraello, se ha propuesto como línea estratégica, potenciar el desarrollo local, con el fin de dar respuestas a las necesidades de las comunidades. Para lograr este desarrollo de manera sustentable se requiere de la comunión o simbiosis de intereses a todos los niveles, desde lo local hasta lo nacional, y en sentido inverso, de manera que se alcance el verdadero desarrollo endógeno.

Dentro de los conceptos manejados para la investigación, se define la **Pequeña Minería** o **Microminería**, como la extracción o explotación de recursos minerales, generalmente a pequeña escala y con técnicas fundamentalmente artesanales, acciones estas que deberán estar regidas por sus propias regulaciones.

Esta actividad abarca principalmente a los materiales de construcción tradicionales, como áridos, arenas, arcillas, cantería, recebo, además de otros que se utilizan en diferentes actividades, como la agricultura y la terapéutica, que por su volumen y posibilidades de extracción, pueden ser desarrollados a nivel local. Acciones de este tipo pueden llevarse a cabo en depósitos minerales que, por sus requisitos de calidad y/o volumen, no son de interés empresarial, así como en otros total o parcialmente abandonados, que puedan ser recuperados.

Conceptos y consideraciones para evaluar el potencial

Este trabajo tiene en cuenta las características territoriales específicas y hace hincapié en la valoración de los recursos minerales de la localidad, sobre la base de los conceptos y consideraciones establecidos a lo largo del tiempo (tradición) y la experiencia académica, dados como *“estado del arte”* o *“antecedentes”*, herramientas útiles para nominalizar y clasificar los materiales y procesos asociados a las actividades específicas de prospección y explotación de ese tipo de recursos.

Las consideraciones y conceptos utilizados para la valoración del potencial son:

Minerales No Metálicos: recursos minerales que se utilizan en diferentes industrias y que no se destinan a la obtención de metales o energías. Por lo general, presentan las particularidades siguientes: Se explotan a cielo abierto y en grandes volúmenes lo más cercano a los consumidores; su precio unitario es relativamente bajo; su minado y beneficios no son complejos y se destinan a diferentes industrias o usos.

En clasificaciones revisadas de diferentes países, no se incluyen los materiales de construcción dentro de los yacimientos o minerales No Metálicos.

Rocas y minerales industriales (RMI): en Cuba, el aporte de los especialistas europeos del antiguo campo socialista, brindó al estudio y desarrollo de estos recursos minerales, el término “no metálicos”. Desde el lustro 1985-1990, se comenzó a utilizar un término más abarcador para designar a este grupo de minerales, el de “Rocas y Minerales Industriales”, en el que se incluyen las materias minerales vinculadas a la industria de los materiales de construcción. Esta denominación es aceptada y utilizada para la presente investigación.

Las acumulaciones o depósitos minerales analizadas y expuestas en este estudio, se agruparon bajo los términos siguientes:

Yacimiento: depósito mineral con recursos aprobados por la Autoridad Minera y otros depósitos sin recursos aprobados, pero cuya explotación en el tiempo valida la factibilidad de su explotación.

Manifestación: depósito mineral sin recursos aprobados, pero con un grado de estudio tal, que permite valorar su perspectiva.

Punto mineral: es la referencia espacial de la aparición de determinado mineral o roca, que pudiera resultar de interés para su ulterior valoración.

Disponibilidad minera: capacidad de un territorio para satisfacer sus necesidades de materias minerales. Se clasifica y potencia, por la presencia de yacimientos en explotación u otros no explotados, pero con un grado de estudio que permita su explotación a corto plazo.

Potencialidad mineral: capacidad perspectiva de un territorio para localizar nuevos depósitos minerales, fundamentada por la presencia de manifestaciones o puntos minerales, así como de estudios geológicos precedentes que permitan evaluar la favorabilidad de su entorno geológico.

Áridos de trituración (piedra o agregado): rocas de distintos tipos, las que mediante un proceso de trituración y clasificación, son aptas para obtener agregados gruesos o finos, útiles para hormigones y morteros. Vale destacar que en un 80% para satisfacer las necesidades constructivas de interés local no se requieren agregados de altas prestaciones, por lo que es válido recurrir a otras fuentes como las denominadas “piedras de potrero”.

Arenas naturales: fuentes naturales de arenas, útiles como agregados finos. Se utilizan de preferencia las de origen aluvial y eluvial; en menor medida, las de origen marino. Asimismo se aprovechan los importantes volúmenes de sedimentos arenosos que se encuentran depositados en diferentes obras hidráulicas y de transporte, como canales, embalses y puertos.

Cerámica: acumulaciones de arcillas y margas, aptas para las producciones de cerámica roja (ladrillos, tejas, tubos y otros productos). Para estos fines también se pueden utilizar los horizontes eluviales de composición arenoso-arcillosa sobre lavas, tobas, gabroides y granitoides.

Puzolanas naturales: para el caso de Cuba, las más conocidas son las tobas, con las que se producen aditivos, los que —mediante previa formulación— se utilizan para producir cementos puzolánicos (cemento gris + puzolanas) y/o cemento Romano (cal + puzolanas), combinación de materias minerales que contribuyen al ahorro del cemento Portland.

Asfaltitas y bitúmenes: diferentes tipos de hidrocarburos, entre los que se cuentan las asfaltitas, bitúmenes y petróleos extra pesados, los cuales se manifiestan en forma de manaderos, vetas e impregnaciones. Se utilizan como aglomerantes en hormigones asfálticos y tejas asfálticas, así como impermeabilizantes, combustibles y barnices, entre otros usos.

Rocas decorativas: rocas que por sus características son aptas para obtener bloques dimensionados que cumplan con los requerimientos de la industria del mármol. Aquí se incluyen los depósitos de distintos tipos de rocas que se utilizan en forma de lajas, fragmentos o cantos, para fines constructivo-decorativos.

Piedra de cantería: rocas relativamente blandas y porosas, las cuales se dimensionan principalmente por medios artesanales en forma de bloques, cantos, sillares o planchas. Se emplean en la actividad constructiva, como elementos de pared y cubierta. Son referencia las calizas tipo “Matanzas”, ampliamente explotadas y utilizadas en Matanzas, Mayabeque y La Habana.

Caliza, fuente de CaCO_3 : calizas y mármoles, útiles para producir cal viva o hidratada, además de carbonato de calcio que encuentran utilidad para fabricar cemento Romano, masilla, terció, morteros, pinturas, encalar suelos, desinfectantes, abonos y piensos, entre otros muchos usos.

Yeso: mineral formado tanto en depósitos naturales como artificiales (salinas). Este mineral, se utiliza en la preparación de aglomerantes, para paneles, falsos techos, ornamentos y morteros. Es importante aditivo para el cemento Portland.

Otros RMI: además de los recursos minerales con impacto directo en la actividad constructiva, se consideró útil y práctico incluir otros que pudieran contribuir al desarrollo local, como los útiles para la fabricación de agromenas (piensos y abonos) y aquellos otros materiales que no requieren de tecnologías complejas y altos costos, para su extracción, procesamiento y utilización a nivel local.

En general, se tuvo en cuenta la tradición en la extracción y uso de la materia mineral, la analogía con depósitos explotados, el criterio de expertos y las principales propiedades de la materia mineral.

Procesamiento de los datos

La información obtenida de distintos especialistas, y la recuperada de las fuentes consultadas, se complementó con lo disponible en las bases de datos del IGP/SGC, lo que permitió una compilación más completa de este acervo cognitivo, integrándolo en un Sistema de Información Geográfica (SIG) como soporte, para facilitar la visualización cartográfica y la rápida interacción con los usuarios.

Para los municipios de la provincia Artemisa, se evaluó el potencial de recursos minerales, bajo la consideración de las categorías: disponibilidad minera, y potencial mineral. En los casos en que no existía información sobre la primera, solo se valoró el potencial mineral.

La información textual se relaciona estrechamente con la reflejada en los Mapas de Yacimientos presentados por municipios. Estos mapas constan de 6 capas principales, conformadas con la información resumida de las principales características de cada depósito mineral, teniendo en cuenta la afinidad de sus usos industriales:

1. Áridos o agregados: refleja los depósitos de distintas rocas útiles para áridos de trituración (piedra); arenas naturales, recebo y rocoso.
2. Cemento: muestra los depósitos de distintas rocas evaluadas y/o explotadas para la producción de cementos o aglomerantes.
3. Rocas decorativas y piedra de cantería: se muestran las acumulaciones de diferentes rocas dimensionables, evaluadas y/o explotadas para estos fines.
4. Cerámica: se reflejan las acumulaciones de diferentes materias primas minerales evaluadas y/o explotadas para los distintos tipos de cerámicas.
5. Industrias varias: se presentan los depósitos de rocas y minerales evaluados y/o explotados a utilizar por el resto de las industrias que no se incluyen en las previamente mencionadas.
6. Combustibles: se incluyen las acumulaciones de asfaltitas y bitúmenes, materiales de amplio uso.

Es importante aclarar que las conclusiones o apreciaciones que se derivan de esta investigación tienen un carácter orientativo y temporal. Los datos ofrecidos deben ser validados y enriquecidos continuamente, debido a que durante el tiempo transcurrido desde su última actualización, pueden haber tenido lugar eventos naturales o acciones humanas que limiten o impidan el acceso o utilización de alguno(s) de los recursos considerados. Por otra parte, pueden aparecer nuevas ocurrencias de minerales útiles o nuevos datos acerca de los materiales descritos, los cuales ampliarían el panorama del potencial para determinado territorio.

Valoración del potencial de las rocas y minerales industriales de la provincia Artemisa y sus municipios

Contexto socio-económico

Esta provincia la integran 11 municipios, con 507.314 habitantes, distribuidos en 146.119 viviendas y 19 poblaciones con más de 1.000 viviendas. La infraestructura es buena, destacándose el paso de las autopistas, Habana – Pinar del Río; Habana – Mariel; Habana – San Antonio de los Baños, así como la moderna vía que conecta con el puerto del Mariel. También pasa un tramo de la Carretera Central y otras vías de menor rango, que comunican todo el territorio. Esta región es atravesada por el ferrocarril Habana–Pinar del Río y Habana–puerto del Mariel, moderna construcción y eje de la Zona Especial de Desarrollo, que cubre la parte norte del territorio, desde La Habana hasta Bahía Honda, soporte para el desarrollo de nuevas inversiones industriales y de servicios con capital extranjero. Otros puertos de menor importancia existen en las bahías Honda y Cabañas.

Esta provincia, eminentemente agrícola, posee gran parte de las tierras cultivables más productivas del país. Es gran productora de viandas, frutas, huevos, azúcar, carne, leche, café, tabaco, granos, madera y hortalizas, para su autoabastecimiento, y el de otras provincias.

El territorio posee, como industrias importantes, las cementeras del Mariel y Artemisa, la termoeléctrica del Mariel, además de otras producciones mecánicas, metalúrgicas, textiles, química y conservas de alimentos.

La actividad docente investigativa está representada por la Universidad de Artemisa, y varios centros de investigación-producción, relacionados principalmente con la actividad agropecuaria.

La industria de los materiales de construcción se mantiene produciendo áridos, cemento, artículos de asbesto-cemento, poliestireno expandido (*poliespuma*), baldosas, terrazo, bloques, hormigón, mármol, ladrillos, tejas y otros materiales. Sin embargo, cabe señalar que se encuentra deprimida, por presentar varias canteras e instalaciones fabriles abandonadas o subutilizadas, por lo que no satisfacen las necesidades de la población, ni los encargos estatales y empresariales. Se pronostica un aumento exponencial en el consumo de materiales de construcción, como consecuencia de las nuevas inversiones en la Zona Especial de Desarrollo del Mariel.

Los productores no estatales producen materiales de construcción, además de construir y reparar viviendas e instalaciones sociales. Esta es una actividad que se halla en franco despegue y está presente en todos los municipios, en varios casos asociados en cooperativas. Se destaca la producción de áridos, planchas para enchapes decorativos, terrazo, bloques, baldosas y ladrillos.

Contexto geográfico – geológico

El relieve del territorio es complejo: en su parte sur es llano, y se va hundiendo hasta formar una costa baja y cenagosa. Hacia el este predomina la llanura cársica meridional, en la que afloran rocas calcáreas en forma de “diente de perro”, parcialmente cubierta por sedimentos arcillosos. El escurrimiento es por medio de sumideros. Al oeste, en esta llanura se aprecian en gran medida sedimentos arcillo-arenosos de origen aluvial; los ríos son mayores y desembocan en el mar. Hacia el norte, el relieve es colinoso, con pequeñas elevaciones y una costa alta y rocosa, en forma de terrazas. Hacia el oeste se aprecia la Sierra del Rosario, con alturas superiores a los 200 m, en la que se destaca el Pan de Guajaibón como punto culminante, con cerca de 700m de altura sobre el nivel medio del mar.

La hidrografía está representada por pequeños ríos y arroyos de escaso caudal y corto curso. El río más importante es el San Cristóbal. La principal fuente de abasto de agua lo constituyen las cuencas subterráneas, además de los embalses artificiales.

Este territorio está cubierto —casi en su totalidad— por levantamientos geológicos, a escala 1:50 000, los cuales cubren la parte central y norte de la provincia; además de numerosos trabajos a escalas más detalladas, encaminados a la prospección de minerales sólidos, hidrocarburos y aguas minerales. La geología del territorio es compleja, predominando las calizas carsificadas, de distintas edades y tipos, además de margas, calcarenitas y areniscas. En su parte noroeste predominan los afloramientos de tobas, gabroides, lavas y serpentinitas meteorizadas; hacia el sureste se destacan las rocas calcáreas, cubiertas en parte por arcillas rojas; al suroeste afloran importantes espesores de sedimentos arcillo-arenosos. El rasgo geológico más destacado es la presencia de la gran falla Pinar, que se manifiesta del suroeste al noroeste y marca la diferencia entre la llanura meridional y las alturas de la sierra del Rosario. En general, los procesos tectónicos han afectado a todas las rocas, principalmente al norte y este del territorio. Los recursos minerales más importantes son las rocas y minerales industriales y, en menor medida, los hidrocarburos. Cuenta con antiguas minas de cobre, como “Júcaro”, en la actualidad abandonada, aunque no agotada. El potencial de minerales preciosos y base no ha sido debidamente valorado.

Fundamentación de la disponibilidad minera para la provincia Artemisa

Para esta fundamentación se tuvieron en cuenta los datos publicados por el “Balance nacional de reservas y recursos de minerales no metálicos”. Estado 1/1/2012 de la Oficina Nacional de Recursos Minerales-Autoridad Minera de Cuba (ONRM).

A continuación estos datos se exponen en las siguientes tablas, según las materias minerales, sus usos y los municipios donde se encuentran.

Tabla nº 1. Yacimientos de áridos (piedra y arena), con recursos reconocidos por la ONRM

IdYac	Nombre	Materia mineral	Recursos en m ³	Concesión	Municipio
2074	San Roque	Areniscas	16.947.800	No	Artemisa
1860	Quiñones	Calizas	18.282.177	MICONS	Bahía Honda
2184	Loma El Chivo	Calizas	47.079.530	No	Bahía Honda
1885	La Jutía	Calizas	524.700	No	Bauta
1886	Sierra Anafe-La Cruz	Calizas	426.285	MICONS	Caimito
2062	Sierra Anafe-Domingo Fernández	Calizas	1.483.270	MICONS	Caimito
5652	Quebra Hacha-Loma La Negra	Calcarenitas	377.057	MICONS	Mariel
5650	Quebra Hacha-Cantera 1	Calcarenitas	37.121	MICONS	Mariel
1879	La Molina	Calizas	7.394.720	MICONS	Mariel

5650	Quiebra Hacha	Calcarenitas	3.878.261	No	Mariel
1862	La Muralla	Calizas	45.030.100	No	San Cristóbal
1861	La Reforma	Calizas	16.147.648	MICONS	San Cristóbal
	Total		157.608.669		

Tabla nº2. Yacimientos para cerámica roja, con recursos reconocidos por la ONRM

IdYac	Nombre	Materia mineral	Recursos en m³	Concesión	Municipio
2387	El Jardín	Arcillas	452.011	MICONS	Artemisa
1130	Kessel	Arcillas	17.440.320	No	Artemisa
4755	San Luis	Arenisca	811.400	No	Artemisa
5175	San Pedro	Arcillas	832.252	No	Candelaria
5176	Ballón	Arcillas	39.360	No	San Cristóbal
1863	Bermejales	Arcillas	10.411.540	MICONS	San Cristóbal
	Total		29.986.883		

Tabla nº3. Yacimientos de roca decorativa en bloques, con recursos reconocidos por la ONRM

IdYac	Nombre	Materia mineral	Recursos en m³	Concesión	Municipio
2061	Jaimanitas - Zona Guajaibón	Calizas	146.620	No	Mariel
1882	Capellanía	Calizas	843.237	MICONS	Artemisa
2063	Jaimanitas	Calizas	337.120	MICONS	Bauta
2066	Jaimanitas-Trébol	Calizas	426.262	MICONS	Bauta
	Total		1.753.239		

Tabla nº4. Yacimientos para carbonato de calcio, con recursos reconocidos por la ONRM

IdYac	Nombre	Materia mineral	Otros usos	Recursos en t	Concesión	Municipio
1889	Cantera Blanca	Calizas	Áridos	11.984.658	MICONS	Bauta

Tabla nº5. Yacimientos de zeolita, con recursos reconocidos por la ONRM.

IdYac	Nombre	Recursos en t	Concesión	Municipio
1864	Orozco I	5.424.320	No	Bahía Honda
2213	La Granjita	6.978	No	Bahía Honda
2212	Harlem	13.675	No	Bahía Honda
	Total	5.444.973		

Tabla nº6. Yacimientos de peloides, con recursos reconocidos por la ONRM

IdYac	Nombre	Usos	Recurso en t	Concesión	Municipio
5152	Playa el Cajío	Terapéutico	9.319	No	Güira de Melena
5161	Playa Guanímar		11.361	No	Alquízar

Tabla nº7. Yacimientos para cemento, con recursos reconocidos por la ONRM

IdYac	Nombre	Materia mineral	Otros usos	Recursos en t	Concesión	Municipio
1878	Mariel Sector Sur	Arcillas	Cerámica	51.102.000	MICONS	Mariel
1872	Río Bongo	Arcillas		31.350.000	MICONS	Mariel
1870	Las Mangas	Arcillas		4.670.000	No	Artemisa

1869	Pijirigua	Arcillas		6.070.000	No	Artemisa
1866	Cayajabos	Areniscas	Áridos	25.199.000	MICONs	Mariel
1877	Río Mosquito	Calizas	Cantería	42.600.000	No	Mariel
1883	Santa Teresa - Cantera I	Calizas	CaCO ₃ y Áridos	188.553.000	MICONs	Artemisa
1884	Santa Teresa - Cantera II	Calizas		68.673.000	MICONs	Artemisa
1889	Cantera Blanca	Calizas		13.430.000	No	Bauta
1876	Mariel	Calizas - Margas	Áridos	136.487.000	MICONs	Mariel
3100	Los Congos	Puzolanas	Cerámica	4.909.580	MICONs	Mariel

Tabla nº8. Yacimientos de turba, con recursos reconocidos por la ONRM

IdYac	Nombre	Materia mineral	Usos	Recursos en m ³	Concesión	Municipio
5181	Playa Guanímar	Turba	Agrícola, combustible	15.680.000	No	Artemisa

Tabla nº9. Yacimientos de asfaltitas, con recursos reconocidos por la ONRM

IdYac	Nombre	Usos	Recursos en t	Concesión	Municipio	Depósitos
1873	Campo San Juan Bautista	Combustible, aglomerante, industria química	254.120	No	Mariel	Tres Estacas, Nueva, Caballo Muerto y Capote
958	Manuela		360.900	No	Mariel	
1867	San Francisco (Cayajabos)		290.100	No	Mariel	Tramojo
954	Brown, Timmes, Alamau, Grace		1.137.348	No	Mariel	
1875	San Ramón		2.250.078	No	Mariel	

Tabla nº10. Yacimientos de bentonita, con recursos reconocidos por la ONRM

IdYac	Nombre	Materia mineral	Usos	Recursos en t	Concesión	Municipio
1890	Bauta	Bentonitas	Industrias Varias	1.772.800	No	Bauta

Tabla nº11. Depósitos minerales, con recursos no identificados o pronósticos.

Id Yac	Nombre	Materia mineral	Usos	Recursos en m ³	Municipio
2214	Orozco II	Zeolitas	Agricultura, puzolanas	25.434.252 t	Bahía Honda
5322	Bahía Honda II - Bloque 9 C2	Arenas	Áridos	306.373	Bahía Honda
5225	Bahía de Ortigosa	Arenas	Áridos	180.000	Bahía Honda
5201	Bahía Honda	Arenas	Áridos	221.560	Bahía Honda
4943	Ensenada de Prángana	Arenas	Áridos	846.583	Bahía Honda
5230	Boca del Río Banes	Arenas	Áridos	56.000	Mariel
5229	Boca del Río Guajaibón	Arenas	Áridos	108.000	Mariel
5228	Estero Mosquito	Arenas	Áridos	45.000	Mariel
5226	Bahía de Dominica	Arenas	Áridos	18.200	Mariel
5202	Bahía de Mariel	Arenas	Áridos	2.000	Mariel
2058	El Constante	Arenas	Áridos	3.990	Mariel
5388	Río Las Pozas	Arenas	Áridos	1.000	Bahía Honda
5212	Bahía de Cabañas	Arenas	Áridos	941.169	Bahía Honda
6199	Cayos I	Calizas	Áridos	19.550.000	Bahía Honda
6201	San Francisco	Calizas	Áridos	58.400.000	Bahía Honda
2101	Río Pedernales	Calizas	Áridos	4.086.000	Artemisa
6203	Chacón	Calizas-Margas	Cemento	9.648.000	Guanajay
6003	Caimito Norte	Calizas	Cemento	12.368.500	Caimito

6206	La Sierra	Arcillas-Areniscas	Cemento	46.011.600	Guanajay
6207	Las Delicias	Tobas	Cemento	500.000	Mariel
6179	Las Catalinas	Arcillas	Cerámica roja	3.062.700	Guanajay
6181	Bauta	Arcillas	Cerámica roja	2.700.000	Bauta
6185	San Claudio	Arcillas	Cerámica roja	1.344.000	Bahía Honda
6191	San Cristóbal	Arcillas	Cerámica roja	10.356.100	San Cristóbal
6195	San Juan de Dios	Areniscas	Cerámica roja	28.084.500	Mariel
6193	Las Mangas	Arcillas	Cerámica roja	1.054.272	Artemisa
4572	San Jacinto - Quiebra Hacha	Areniscas	Cerámica roja	49.855.000	Mariel
2065	Jaimanitas - Gobin	Calizas	Decorativo	41.667	Caimito
1887	Jaimanitas - Playa Banes	Calizas	Decorativo	93.000	Caimito
1859	Asiento de Cacarájicara	Calizas	Decorativo, áridos, cal	50.000.000	Bahía Honda
1858	Las Cochinas	Calizas	Decorativo, áridos, cal	100.000	Bahía Honda
6202	Mendive	Calizas-Margas	Fuente de CaCO_3	15.759.000	Guanajay
6004	Vereda	Calizas	Fuente de CaCO_3	9.428.700	Caimito
6197	Coca-Murgas	Bentonitas	Industrias varias	36.233.100	Bauta

Consideraciones generales sobre las disponibilidades mineras en la provincia Artemisa

Con los datos que aparecen reflejados en las tablas anteriores se fundamenta la buena disponibilidad de distintas materias minerales con que cuenta la provincia Artemisa para su desarrollo socio-económico, según sus intereses y planes de desarrollo. Se toma como ejemplo los áridos, que pueden abastecer el territorio por varios años.

Las características geólogo-tecnológicas y mineras de este grupo de materias minerales, principalmente destinadas a los materiales de construcción, no son complejas, tanto por la variabilidad de su calidad *in situ*, como por requerir una minería simple. Como consecuencia de lo anterior, el aprovechamiento racional de estos recursos minerales para el desarrollo local no requiere de estudios geólogo-tecnológicos detallados, porquesu uso práctico valida su utilización, según lo demostrado por la praxis histórica.

Lo anterior demuestra las posibilidades reales respecto a los recursos minerales necesarios para fomentar la producción local de materiales de construcción en satisfacción de demandas actuales y futuras, tanto para el sector industrial estatal, como para la emergente opción de las producciones locales por medio de los productores individuales o cooperativas.

Potencialidades de rocas y minerales industriales de la provincia Artemisa

Áridos de trituración (piedra). Este territorio cuenta con varios yacimientos y manifestaciones, con predominio de calizas, calcarenitas y areniscas. Las disponibilidades para la producción de áridos son altas hacia el norte y el oeste, más limitadas hacia el sur y el este, donde existe la opción de utilizar como fuente de áridos para las producciones locales a los fragmentos de rocas sueltas de diferentes tamaños, denominadas popularmente “piedras de potrero”. En general, las disponibilidades y potencialidades son altas. *Ver tabla nº1.*

Arenas naturales. Para las arenas aluviales, el ambiente geológico es favorable en la región de Bahía Honda, con un buen potencial, más limitado para San Cristóbal y Candelaria, y muy limitado a nulo para el resto de los municipios. En el caso de las arenas eluviales (cubierta meteorizada) a partir de calcarenitas, areniscas y gabroides, el potencial es bueno, principalmente para Bahía Honda, más limitado para el Mariel y nulo para los demás municipios.

En décadas pasadas se extraían importantes volúmenes de arena de mar en la costa norte, desde Bahía Honda hasta La Habana. En general, las necesidades de áridos finos se suplen a partir de la trituración de calcarenitas, areniscas y calizas, o por medio de la importación de arenas desde otras provincias. *Ver tablas nº 11.*

Recebo. En el territorio hay tradición en la explotación y uso de calizas y margas para este fin, y existen varias canteras en activo. La disponibilidad es alta. *Ver tabla nº 11.*

Cerámica. Para la región de San Cristóbal–Artemisa la disponibilidad de arcillas es buena, allí se localizan varios yacimientos, algunos en explotación. En general, el ambiente geológico es

favorable, con varios depósitos de arcillas, margas y horizontes meteorizados de tobas, lavas y gabroides, que brindan buenas potencialidades a los municipios Bahía Honda y Mariel, más limitadas para los restantes territorios. *Ver tabla nº 2.*

Puzolanas naturales. Existen varios yacimientos de tobas, algunos en explotación. La disponibilidad es buena para la región Bahía Honda–Mariel y nulas para el resto de los municipios, donde el ambiente geológico y su potencial son desfavorables. *Ver tabla nº 7.*

Asfaltitas y bitúmenes. Hay varios yacimientos, algunos explotados en el pasado. Las disponibilidades están limitadas porque gran parte de los recursos identificados están afectados por embalses, vías de comunicación y nuevas inversiones industriales. Las potencialidades son altas para la región Cayajabos-Mariel y más limitadas en los otros territorios. *Ver tabla nº 9.*

Rocas decorativas. Para las rocas tipo “Jaimanitas”, el ambiente geológico es favorable en la costa norte, con buenas disponibilidades, y yacimientos en explotación. En el territorio se localiza el yacimiento “Capellanía”, único de su tipo en el país con una disponibilidad muy limitada, su uso debe preservarse para obras de carácter patrimonial, como el Capitolio Nacional. Para las calizas marmóreas, en la región de Bahía Honda existe un buen potencial. En el territorio se extraen fragmentos y lajas de diferentes tipos de rocas para enchapes de pisos y muros, con carácter decorativo–constructivo, por lo que su disponibilidad es buena. *Ver tabla nº 3.*

Piedra de cantería. En el territorio existe tradición en su uso. En general, el ambiente geológico es favorable y las potencialidades buenas para los municipios del este y el norte, y muy limitadas hacia el sur.

Caliza fuente de CaCO_3 . Existen varios yacimientos de calizas como “Cantera Blanca”, además de varias manifestaciones. La disponibilidad es buena. *Ver tabla nº 4.*

Tobas zeolíticas. En Bahía Honda, existen varios yacimientos como “Orozco”, “Harlem” y “La Granjita”, con zeolitas de buena calidad. Su disponibilidad es buena. Para los otros municipios las potencialidades son nulas. *Ver tabla nº 5.*

Bentonita. Se localiza el yacimiento “Bauta”, varias manifestaciones. La disponibilidad es buena. El entorno geológico y sus potencialidades son favorables. *Ver tabla nº 10.*

Turbas. En el litoral sur se localizan varios depósitos, algunos explotados con anterioridad. Sus potencialidades son buenas, pero limitadas por las restricciones medioambientales. *Ver tabla nº 8.*

Peloides. Tradicionalmente estos fangos minero–medicinales, presentes en la costa sur del territorio, se han utilizado con fines terapéuticos. Su disponibilidad es buena. *Ver tabla nº 6.*

RESULTADOS

1. Se actualizó y complementó la información sobre las disponibilidades y las potencialidades de los recursos de rocas y minerales industriales, requeridos para el desarrollo local en la provincia Artemisa, principalmente para la producción de áridos finos y gruesos, cerámica roja, puzolanas; abonos, piensos, lajas, peloides, cantos y cal, entre otras.
2. Se calcularon recursos pronóstico en 7 sectores de piedra de cantería y 8 de materias primas para la cerámica roja, en varios municipios de Artemisa. Lo planteado sirve de apoyo a la fundamentación de las potencialidades que presenta el territorio para el fomento de estas producciones.
3. Quedaron sentadas las bases para futuros trabajos, al incrementarse el conocimiento geológico y el de sus recursos minerales.

CONCLUSIONES

1. La metodología utilizada para la ejecución del presente trabajo resultó efectiva, de acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos.
2. El territorio cuenta con una buena disponibilidad y el potencial de recursos minerales necesarios para autoabastecerse e incentivar las producciones locales y empresariales de materiales de construcción.

3. La información obtenida sobre el conocimiento científico existente, para este grupo de recursos minerales, deviene una herramienta útil para la toma de decisiones a todos los niveles de gobierno, especialmente el local.
4. La representación cartográfica disponible sobre el contexto geológico de este territorio, por su grado de detalle y actualización, no se corresponde con los requerimientos del trabajo realizado u otros similares.

RECOMENDACIONES

- 1- La instrumentación de las acciones para implementar la explotación de estos recursos minerales, debe estar conciliada con las instituciones estatales, representadas a todos los niveles.
- 2- Las potencialidades expuestas en esta obra deben validarse y enriquecerse con investigaciones multidisciplinarias detalladas, en correspondencia con las proyecciones del desarrollo local y regional.
- 3- Que las autoridades municipales establezcan zonas mineras reservadas y otorguen concesiones de explotación minera, según sus planes de desarrollo local, teniendo en cuenta las regulaciones legales en vigor.
- 4- Que se divulguen los resultados de esta investigación, con el objetivo de que la población y sus gobiernos conozcan con cuáles recursos minerales cuentan para su desarrollo socio-económico.
- 5- La explotación sostenible de estos recursos requiere que se tengan en consideración las opiniones y el asesoramiento del personal experto en la actividad (geólogos, mineros, entre otros).
- 6- El Servicio Geológico Nacional debe instrumentar, a corto plazo, la actualización de la cartografía geológica de la provincia Artemisa, en correspondencia con sus programas de desarrollo.
- 7- Incentivar la producción de artículos de cerámica roja en aquellos municipios con mayores disponibilidades y potencialidades, como Bahía Honda, San Cristóbal, Candelaria y Artemisa.
- 8- Fomentar la producción de abonos, piensos y otros productos vinculados a la actividad agropecuaria, a partir de la presencia de yacimientos de zeolita, turba y carbonato de calcio.
- 9- Para mejorar la disponibilidad de áridos finos en el territorio, es necesario priorizar la confirmación de estas potencialidades por medio de estudios geológicos más detallados, principalmente en Bahía Honda.
- 10- Ejecutar trabajos geológicos más detallados en los sectores propuestos para piedra de cantería, con prioridad en Bahía Honda.

BIBLIOGRAFÍA

BATISTA-GONZÁLEZ, R., Y OTROS. (2002): *Mapa de Rocas y Minerales Industriales de Cuba, escala 1:100000*, CD – ROM, IGP, La Habana, 2002.

----- (2001): *Sistema Informativo para los Recursos Minerales de la República de Cuba (INFOYAC)*, base de datos, IGP, La Habana, Cuba. Actualizado hasta el 2014.

----- (2005): *Depósitos de Rocas y Minerales Industriales de Cuba. Sus principales regularidades estructuro-formacionales y perspectivas*. Memorias de la 1ª Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, CD–R, La Habana.

BATISTA-GONZÁLEZ, R., COUTÍN, D. P., Y OTROS. (2012): *Valoración del potencial de las rocas y minerales industriales para el desarrollo local en la República de Cuba, Mapa de Yacimientos de Rocas y Minerales Industriales de la República de Cuba en formato SIG. Multimedia*, La Habana.

BATISTA-GONZÁLEZ, R., Millar-Borrego, Y., Hernández-Mesa, Y., Ortega-Rodríguez, Y., Valdés-Peralta, R.

(2015): *Valoración del potencial de las rocas y minerales industriales para el desarrollo municipal de la provincia Artemisa. Libro*, La Habana

COLECTIVO DE AUTORES: *Balance Nacional de Recursos y Reservas Minerales, estado al 1/1/2012*, ONRM, La Habana, Cuba.

COLECTIVO DE AUTORES. (2012): *Base de Datos. Búsqueda referativa*, ONRM, La Habana, Cuba.

COLECTIVO DE AUTORES. (2010): *Base de Datos. Concesiones mineras de Cuba*, ONRM, La Habana, Cuba.

COLECTIVO DE AUTORES (2010): *Estadísticas sobre Cuba. Oficina Nacional de Estadísticas, La Habana*.

COLECTIVO DE AUTORES (1990 - 1995): *Trabajos de mineragenia y pronóstico para diferentes materias primas no – metálicas, escala 1:100000*, IGP.

COLECTIVO DE AUTORES: *Mapa Geológico de Cuba, en formato SIG, escala 1:100000*, IGP, en elaboración.

COUTÍN, D. P., MARTÍNEZ, J., GONZÁLEZ, Z., LIPPSTREU, L. Y OTROS (1980-1995): *Mapas e informes por regiones de la sistematización y generalización de las materias primas no metálicas, del territorio nacional. Departamento de yacimientos no–metálicos del Centro de Investigaciones Geológicas (CIG).*

----- (1985-1995): *Mapa de Mineragenia y Pronóstico para las materias primas no – metálicas, escala 1:500000*, IGP.

Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, La Habana, 2012.

MARTÍNEZ, D. Y OTROS. (1991): *Informe sobre los resultados del Levantamiento Geológico y Prospección Preliminar a escala 1: 50000 Pinar-Habana*. ONRM. La Habana. Inv. 4002.

MAXIMOV, A. Y OTROS (1978): *Informe sobre los resultados de los trabajos complejos geólogos geofísicos a escala 1: 50 000 en la zona Bahía Honda*. ONRM. La Habana. Inv. 2867.

NUEVO REPORTE MICROPALAEONTOLÓGICO PARA LA FORMACIÓN GUÁIMARO, CAMAGÜEY, CUBA

Iliana Delgado Carballo, Yaima Domínguez Samalea, Anabel Oliva Martín, Cary L. Cardona Muñiz.

Instituto de Geología y Paleontología iliana@igp.minem.cu

Recibido: marzo 2, 2015

Aceptado: mayo 15, 2015

RESUMEN

Numerosos estudios que abordan la edad de la Formación Guáimaro se incluyen en los trabajos relacionados con las formaciones presentes en el Arco Volcánico Cretácico Ciego – Camagüey - Las Tunas. Dada su compleja posición estratigráfica, esta unidad ha sido datada para diferentes edades del Cretácico, sin existir un consenso que unifique todos los criterios al respecto. En el marco del proyecto *Geología y Petrología de las rocas ígneas de la región Sibanicú - Guáimaro asociadas a la mineralización* se caracterizó micropaleontológicamente a la Formación Guáimaro mediante el análisis, descripción y posterior datación de diecisiete secciones delgadas de las muestras pertenecientes a dos perfiles, con el objetivo de obtener nuevos datos que precisaran el rango de edad de estos sectores de la unidad litoestratigráfica. Para el punto 38 se reportaron las especies de foraminíferos planctónicos *Heterohelix* cf. *moremanni* (Cushman, 1938), *Muricohedbergella* sp. y *Macroglobigerinelloides* sp. Además, se identificaron dinoquistes calcáreos de los géneros *Bonetocardiella*, *Pithonella* y *Calcisphaerulla*, que en conjunto constituyen nuevos reportes para esta formación y restringen su edad al intervalo Albiano Superior - Cenomaniano. En el punto 10 se confirmó la presencia de *Ticinella roberti* (Gandolfi, 1942), *Muricohedbergella rischi* (Moullade,

1966) y *Muricohedbergella* aff. *albiana* (Boudagher - Fader *et al.*, 1956), que restringen la muestra al Albiano Superior y a la base del Cenomaniano. De todo el reporte, nueve taxa fueron identificados hasta el nivel taxonómico de especie y seis hasta género. El registro fósil descrito restringe las muestras de esta unidad al intervalo Albiano Superior - Cenomaniano parte inferior en las localidades identificadas como punto 38 (coord. X 455635,82157 y Y 267185,4886) y punto 10 (coord. X 434347,85644 y Y 273346,60336), lo que precisa aún más la edad propuesta por varios autores para la Formación Guáimaro.

Palabras clave: Formación Guáimaro, Arco Volcánico Cretácico, micropaleontología, *Heterohelix*, *Muricohedbergella*, *Macroglobigerinelloides*, dinoquistes calcáreos

A NEW MICROPALAEONTOLOGIC REPORT FOR THE FORMATION GUAIMARO, CAMAGÜEY PROVINCE, CUBA

ABSTRACT

Numerous studies dealing with the age of Guáimaro Formation are included within those work related to the formations present in the Volcanic Arc Cretaceous Ciego-Camagüey-Tunas. Given its complex stratigraphic position, this unit has been dated to different ages of the Cretaceous, without a consensus that unifies all criteria in this regard. Under the Project *Geology and Petrology of igneous rocks of Sibanicú - Guáimaro region associated to mineralization*, Guáimaro Formation was then micropaleontologically characterized through analysis, description and dating of seventeen thin sections of samples from two profiles, in order to obtain new data to confirm the age range of these sectors of the lithostratigraphic unit. For point 38, species of planktonic foraminifera reported were: *Heterohelix* cf. *moremanni* (Cushman, 1938) and *Muricohedbergella* sp. In addition, calcareous dinocysts genres *Bonetocardiella*, *Pithonella* and *Calcisphaerulla* were identified, which together constitute new records for this formation, and restrict the age range to Upper Albian - Cenomanian. On point 10, the presence of *Ticinella roberti* (Gandolfi, 1942), *Muricohedbergella rischi* (Moullade, 1966) and *Muricohedbergella* aff. *albiana* (Boudagher - Fader *et al.*, 1956) was confirmed, restricting the sample to the Upper Albian and early Cenomanian. From the whole report, nine taxa were identified for the taxonomic level of species, and six to genus. The described fossil record restricts the samples of this unit to Upper Albian - Cenomanian interval, which limits even more the age given by several authors to Guáimaro Formation.

Keywords: Guaimaro Formation, Cretaceous Volcanic Arc, micropaleontology, *Heterohelix*, *Muricohedbergella*, *Macroglobigerinelloides*, calcareous dynocists

INTRODUCCIÓN

En los trabajos relacionados con las formaciones presentes en el Arco Volcánico Cretácico Ciego - Camagüey -Tunas se han incluido numerosos estudios relacionados con la edad de la Formación Guáimaro (Tchounev en Belmustakov *et al.*, 1981; Dilla y Díaz de Villalvilla, 1986). Sin embargo, existe entre ellos una amplia variedad de criterios respecto al rango estratigráfico que comprende a esta unidad, la mayoría basados en métodos de datación paleontológica. Esta diversidad de criterios está dada además por su compleja posición respecto a otras formaciones como Crucero Contramaestre y Camujiro (Hall, 2004; Tchounev *et al.*, 1984; Iturralde - Vinent, 1997; Lugo en Pérez *et al.*, 1998), razón por la que ha llegado a ser considerada como un miembro de esta última por autores como Iturralde - Vinent (1996), quien data la secuencia de calizas intervolcánicas dentro de la Formación Guáimaro como Albiano - Turoniano, pero la incluye como un miembro de Camujiro, aunque utiliza resultados de fauna de varias localidades descritos por distintos autores para Guáimaro (Dilla y Díaz de Villalvilla, 1986; Rojas *et al.*, 1992, 1995). Este mismo autor (Iturralde - Vinent, 2011, 2012), considera más adecuado caracterizarla como un miembro de Camujiro, dada su semejanza en edad y litología.

La descripción micropaleontológica de los taxorregistros de las secciones delgadas obtenidas para las rocas sedimentarias muestreadas de la Formación Guáimaro se incluyen en el marco de los trabajos del Proyecto *Geología y Petrología de las rocas ígneas de la región Sibanicú - Guáimaro asociadas a la mineralización*, ejecutado en la provincia de Camagüey por el Instituto de Geología y Paleontología. Dentro de este proyecto se realizaron además trabajos para identificar aspectos geológicos, petrográficos, químicos y la edad de las rocas ígneas.

Las identificaciones micropaleontológicas realizadas a partir de las secciones obtenidas de las muestras permitirán precisar la edad de la Formación Guáimaro, lo cual constituirá un aporte al conocimiento de esta unidad en lo referente a rango estratigráfico.

Todo este conjunto de estudios llevados a cabo alrededor de la Fm. Guáimaro responde al objetivo de aportar nuevos datos que ayuden a precisar su rango de edad, debido a la diversidad de criterios entre los autores en relación con este aspecto en particular. Para esto, se analizará la fauna contenida en las secciones correspondientes a las muestras de rocas sedimentarias pertenecientes a dicha formación, se caracterizarán los taxorregistros más importantes.

Antecedentes bibliográficos

Caracterización de la Formación Guáimaro

La Formación Guáimaro (Tchounev *et al.* en Belmustakov *et al.*, 1981) se encuentra ubicada al NW y al S del pueblo de Guáimaro, provincia de Camagüey, resultado de las investigaciones y del levantamiento geológico a escala 1: 250 000. Según el Léxico Estratigráfico de Cuba (De Huelbes, 2013), su litología diagnóstica es de lavas, lavobrechas basálticas, traquiandesíticas, traquibasálticas, andesíticas y clastolavas basálticas. Aunque, también aparecen rocas piroclásticas como tobas aglomeráticas, paquetes de rocas piroclásticas y entre las sedimentarias predominan los conglomerados y las calizas, estas últimas escasas y como intercalaciones.

Su distribución se desarrolla en las provincias de Camagüey y Las Tunas (Franco *et al.*, 1992). Desde el Punto de vista estratigráfico está cubierta de manera discordante por las formaciones Camujiro, Florida, Martí, Paso Real, Presa Jimaguayú, Gr. Nipe (Formación Camazán) y el Miembro Berrocal (Formación Crucero Contraestre) y transiciona lateralmente al Miembro Las Gordas y Río Tana (Formación Crucero Contraestre) (Franco *et al.*, 1992; De Huelbes, 2013).

La Formación Guáimaro (Miembro Guáimaro, según Tchounev *et al.*, 1979), dada su semejanza en edad y litología, ha sido considerada por Iturralde - Vinent (2011, 2012) como un miembro de la Formación Camujiro. Este autor, además, considera exagerado el espesor de 7 mil metros que se le asigna. Sin embargo, otros autores (Piñero *et al.*, 2006) sostienen que no existen suficientes criterios para cambiar la categoría de esta unidad y proponen continuar empleando las denominaciones de estas dos formaciones aprobadas y descritas en el Léxico Estratigráfico de Cuba.

Antecedentes micropaleontológicos y edad de la Formación Guáimaro

Dilla y Díaz de Villalvilla (1986) restringen a la Formación Guáimaro en el intervalo Albiano - Cenomaniano y reportaron abundantes algas, pelecípodos, equinodermos y corales, además de ejemplares de *Ticinella* sp., de las calizas organógenas fragmentarias de La Julia – Elia - Canario. Además, en otro perfil al S de este determinaron *Rotalipora* sp., lo que confirma la edad anterior.

En Las Tablas, 10 km al SO de las Tunas en la Carretera Tunas - Jobabo, Dilla y Díaz de Villalvilla (1986) describieron *Rotalipora* cf. *cushmani*, *Hedbergella* cf. *brittonensis* y *Praeglobotruncana* cf. *stephani*, que datan del Cenomaniano. En El Grillo, encontraron *Ticinella roberti*, *Hedbergella trocoidea*, *Rotalipora subticinensis*, *Rotalipora ticinensis* y *Praeglogotruncana* spp., que indican edad Albiano.

El Léxico Estratigráfico de Cuba (De Huelbes, 2013) reporta los foraminíferos *Globigerina cretacea*, *Guembelina* sp, *Ticinella roberti*; los rudistas *Ichtyosarcolites* sp., *Radiolites corrugada*, *Sabinia* sp. y

los gastrópodos *Nerinea* sp., *Nerinea forojulensis* (reportada como *Ptygmatis forojulensis*), que en su conjunto sugieren una edad Cretácico Inferior (Albiano) - Cretácico Superior (Coniaciano). La especie *N. forojulensis* es reportada también para la formación por la Brigada Cubano – Búlgara (Belmustakov *et al.*, 1981) en el reporte del Levantamiento Geológico de la región Ciego – Camagüey – Las Tunas. Esta especie se encuentra restringida para el Cenomaniano (Knipscheer, 1938).

Piñeiro Pérez *et al.* (1997) asumen la edad de la Fm. Guáimaro como del Cenomaniano al Santoniano, a partir de la interpretación de esta misma asociación de fauna.

Donet *et al.* (2006) sostienen, por su parte, que las rocas pertenecientes a la Formación Guáimaro se encuentran en el intervalo Aptiano?/ Albiano al Cenomaniano, mientras que Capote *et al.* (2002) asumen estas rocas volcánicas para el intervalo Aptiano?- Albiano en la parte inferior del Arco Cretácico, en el territorio Ciego - Camagüey-Las Tunas.

Otros autores han reportado pequeños lentes de calizas intercalados entre basaltos en la Fm. Guáimaro (Hermes, 1945; Iturralde Vinent y de la Torre, 1990). Estos lentes de calizas contienen algas, foraminíferos (*Hedbergella* sp., *Ticinella* sp.) y rudistas (*Kimbleia albrittoni*, *Tepeyacia corrugata* y *Caprinuloidea perfecta*) del Albiano Superior (Rojas *et al.*, 1995).

En la Figura 1 se muestran algunos criterios acerca de la edad de la Fm. Guáimaro, realizados por varios autores.

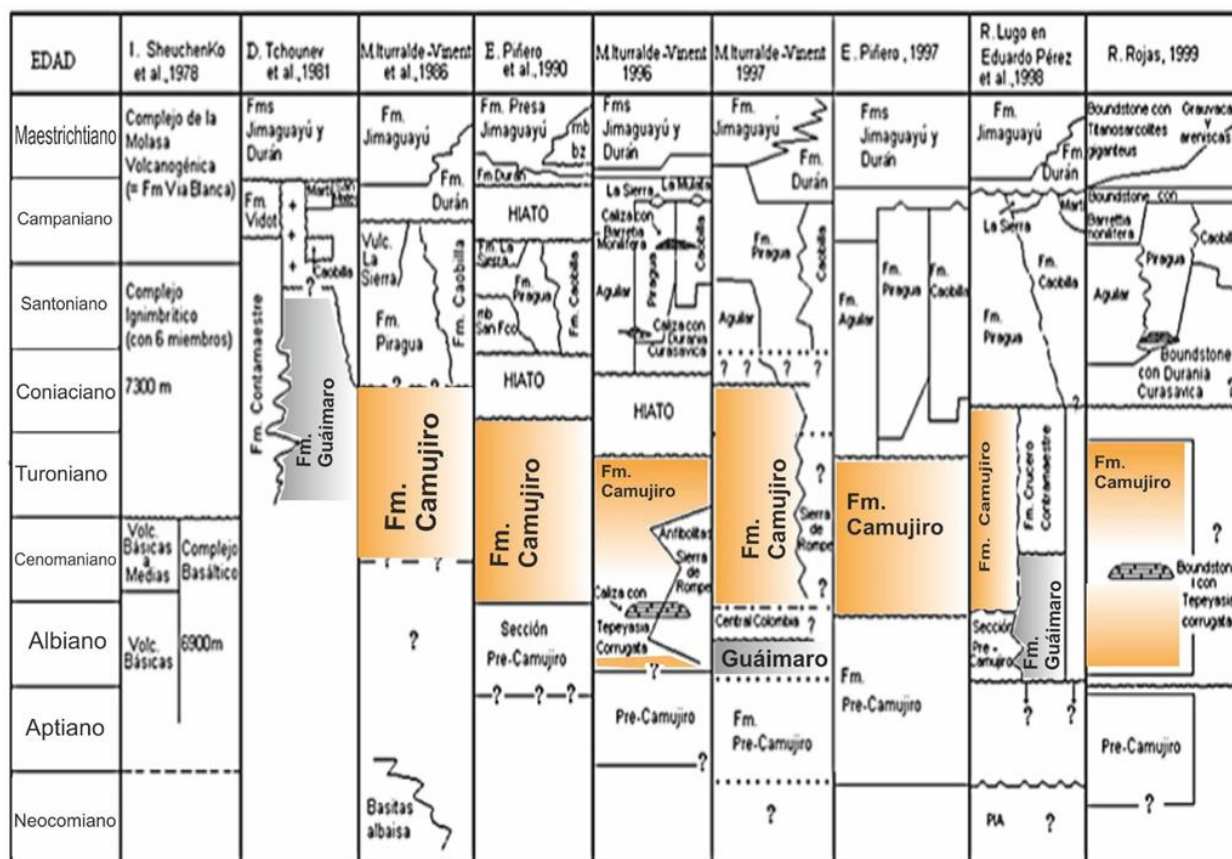


Figura 1. Esquema de las columnas estratigráficas establecidas por diferentes autores para las secuencias volcánicas y vulcanógeno - sedimentarias de la región Ciego – Camagüey – Las Tunas (Tomado de Torres *et al.*, 2003, citado en Torres La Rosa *et al.*, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y caracterización geográfica del área de estudio

El área de estudio del Proyecto *Geología y petrología de las rocas ígneas de la región Sibanicú - Guáimaro, asociadas con la mineralización aurífera*, se extiende entre las coordenadas geográficas

77° 30' (W), 77° 15' (E), 21° 20' (N) y 20° 50' (S), limitado por Camagüey y Las Tunas. Los centros urbanos más importantes en el mismo son Sibanicú, Cascorro, Martí, Guáimaro y Jobabo. Es característico en esta área un relieve llano a ligeramente ondulado, donde se destacan un grupo de pequeñas elevaciones que coinciden con diferentes zonas mineralizadas.

Los puntos correspondientes a las secciones descritas en este trabajo se ubican en las coordenadas Lambert 434 347,85644 X y 273 346,60336 Y (Punto 38 (D12)); y 455 635,82157 X y 267 185,4886 Y (Punto 10) (Figura 2, Anexo 1).

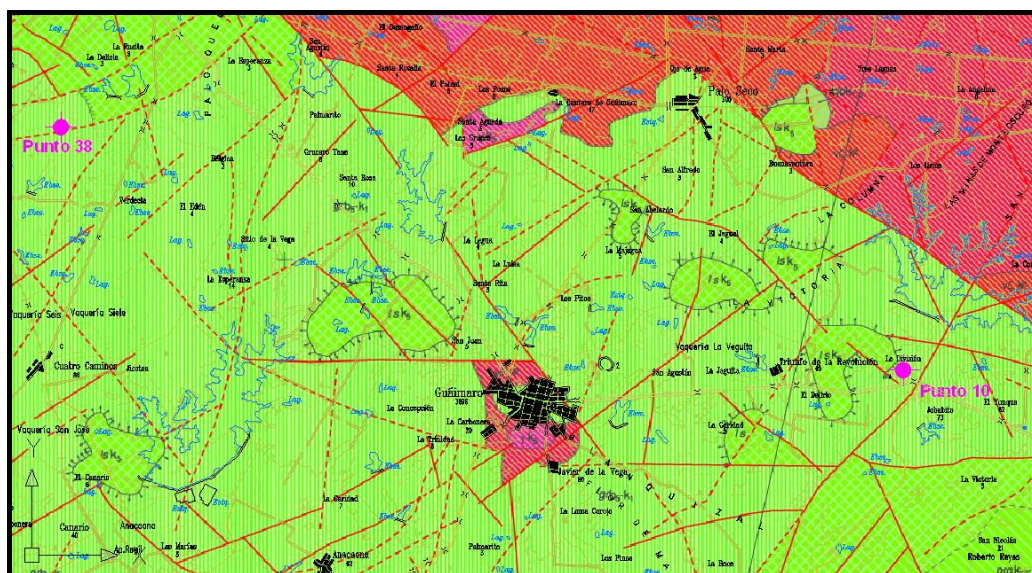


Figura 2. Localidades de muestreo de la Fm. Guáimaro (A partir del Mapa Geológico de la República de Cuba 1:100 000, Guáimaro, Hoja 4779).

Análisis, descripción y procesamiento de imágenes digitales de las secciones delgadas

Para la elaboración de este trabajo, se realizó la descripción de dos de las secciones delgadas provenientes de los 17 puntos muestreados, ya que estas son las únicas que corresponden a rocas no volcánicas (una caliza y una arenisca tobácea) y, por tanto, favorables para la conservación de los fósiles. La litología presente en los puntos de muestreo en su mayor parte es de origen volcánico, con escasas rocas sedimentarias, como conglomerados e intercalaciones de lentes de calizas.

El análisis y fotografiado de los reportes de fósiles se realizaron usando un microscopio óptico de luz transmitida Axio Lab.A1 de ZEISS®, con aumentos desde 50 hasta 400x.

Los microfósiles encontrados fueron identificados, datados y organizados sistemáticamente con el apoyo de bibliografía especializada correspondiente a cada grupo (e.g. Bonet, 1956; Premoli Silva & Verga, 2004; Torres y Vera, 2012), consulta con especialistas y varias herramientas *online* (e.g. <http://taxonomicon.taxonomy.nl>, <http://www.marinespecies.org>).

Las imágenes de los ejemplares fueron procesadas en Adobe Photoshop CS 4, en aras de lograr la mayor nitidez posible para la observación de los caracteres que distinguen a las especies identificadas. Cada una de estas fotos, así como su correspondiente descripción, les fue proporcionada a los especialistas como información de primera mano, en el marco del proyecto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presenta el listado sistemático de los taxones determinados y reportados en este trabajo para los sedimentos de la Fm. Guáimaro. En negrita se encuentran destacados los nuevos reportes micropaleontológicos para la formación.

Reino Chromalveolata Adl *et al.*, 2005

Subreino Harosa Cavalier Smith, 2010

Infrareino Alveolata Cavalier Smith, 1991

Phylum Ciliophora (Doflein, 1901) Copeland, 1956

Clase: No asignado

Género *Calcisphaerula* Bonet, 1956

***Calcisphaerula* sp.**

Phylum Myzozoa Cavalier - Smith & Chao, 2010

Subphylum Dinozoa (Cavalier – Smith, 1981)

Infraphylum Dinoflagellata (Bütschli, 1885)

Clase Dinoflagellata incertae sedis

Orden: No asignado

Familia: No asignada

Género Bonetocardiella

Bonetocardiella conoidea (Bonet, 1956)

Infrareino Rhizaria Cavalier Smith, 2002

Phylum Foraminiferida (d'Orbigny, 1826)

Clase Globothalamea Pawlowski, Holzmann & Tyszka, 2013

Orden Rotaliida Delage & Hérouard, 1896

Suborden Globigerinina Delage y Hérouard, 1896

Superfamilia Heterohelicacea Cushman, 1927

Familia Heterohelicidae Cushman, 1927

Subfamilia Heterohelicinae Cushman, 1927

Género Heterohelix Ehrenberg, 1843

Heterohelix* cf. *H. moremani

(Cushman, 1938)

Superfamilia Planomalinacea Bolli, Loeblich y Tappan, 1957

Familia Globigerinelloididae Longoria, 1974

Género *Macroglobigerinelloides* Verga y Premoli Silva, 2004

***Macroglobigerinelloides* sp.**

Superfamilia Rotaliporoidea Sigal, 1958

Familia Hedbergellidae Loeblich y Tappan, 1961

Género *Muricohedbergella* Huber y Leckie, 2011

Muricohedbergella rischi (Moullade, 1966)

Muricohedbergella planispira (Tappan, 1940)

Muricohedbergella* aff. *M. albiana (Boudagher – Fadel *et al.*, 1996)

Familia Rotaliporidae Sigal, 1958

Subfamilia Ticinellinae Longoria, 1974

Género *Ticinella* Reichel, 1950

Ticinella roberti (Gandolfi, 1952)

Reino Plantae Haeckel, 1866

Phylum Plantae incertae sedis

Familia: No asignada

Género *Pithonella* (Kaufmann, 1865)

Pithonella trejoi Bonet, 1956

Pithonella ovalis Kaufmann en Heer, 1865

Pithonella sphaerica Kaufmann en Heer, 1865

El análisis de las secciones delgadas respecto a los taxones identificados coincide con algunos de los reportes de varios autores, aunque en este trabajo se describen nuevos taxorregistros para esta formación.

En el Punto 38 de la muestra D12 de la Fm. Guáimaro se identificó el foraminífero planctónico *Heterohelix* cf. *moremani* (Cushman, 1938) (Figura 3) y ejemplares del género *Macroglobigerinelloides* (Figura 4), además de algunos calcisferúlidos y dinoquistes calcáreos como *Bonetocardiella conoidea* (Bonet, 1956) y *Calcisphaerulla* sp., y pithonélidos como *Pithonella trejoi* Bonet, 1956, *P. ovalis* Kaufmann en Heer, 1865 y *P. sphaerica* Kaufmann en Heer, 1865 respectivamente (Figura 5). Los géneros *Heterohelix* y *Macroglobigerinelloides*, además de las especies de calcisferúlidos y dinoquistes, constituyen nuevos reportes para la formación y restringen la edad de la muestra al Albiano Superior – Cenomaniano.



Figura 3. Foraminífero planctónico de la muestra D12 del Punto 38 para la Formación Guáimaro: *Heterohelix* cf. *moremani* (Albiano - Cenomaniano).

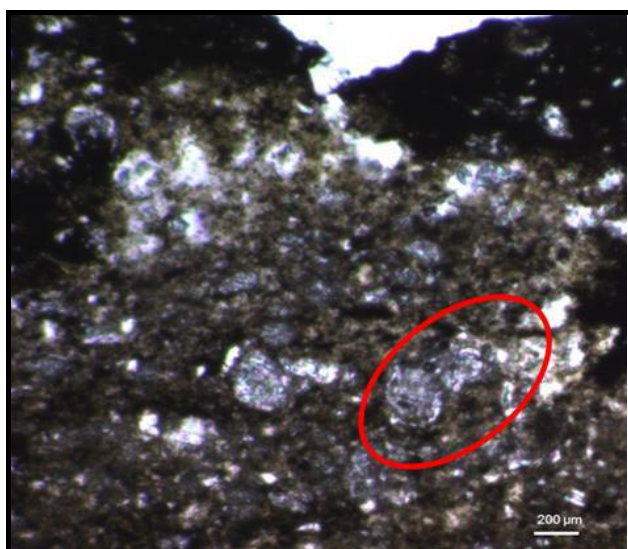


Figura 4. *Macroglobigerinelloides* sp. (Albiano Sup. parte alta – Maestrichtiano). Muestra D12, Punto 38.

Por su parte, en la muestra del Punto 10 fueron identificadas varias especies de foraminíferos planctónicos, entre los que se encuentran *Ticinella roberti* (Gandolfi, 1952) y *Muricohedbergella rischi* (Moullade, 1966) del Albiano Medio – Superior. Este último ejemplar se puede confundir con *T. roberti*, pero sus cámaras poseen una pared gruesa y doble, que es muy visible en sección delgada, aunque en este caso la recrystalización no permite ver claramente la estructura externa. Se reportaron además *Macroglobigerinelloides* sp., que marca el Albiano Superior (igual que en la

muestra D12); *Muricohedbergella planispira* (Tappan, 1940), del Albiano - Campaniano base; *M. aff. albiana* Boudagher - Fadel *et al.*, 1996 en corte ecuatorial, donde se observa la última cámara muy grande y achatada, con un total de cinco cámaras en la última vuelta (Albiano); cámaras de ejemplares no identificables pertenecientes a la familia Hedbergellidae (Cretácico); y *H. aff. moremani*, que no confirma edad por ser catalogada como *affinis* (Figura 6).

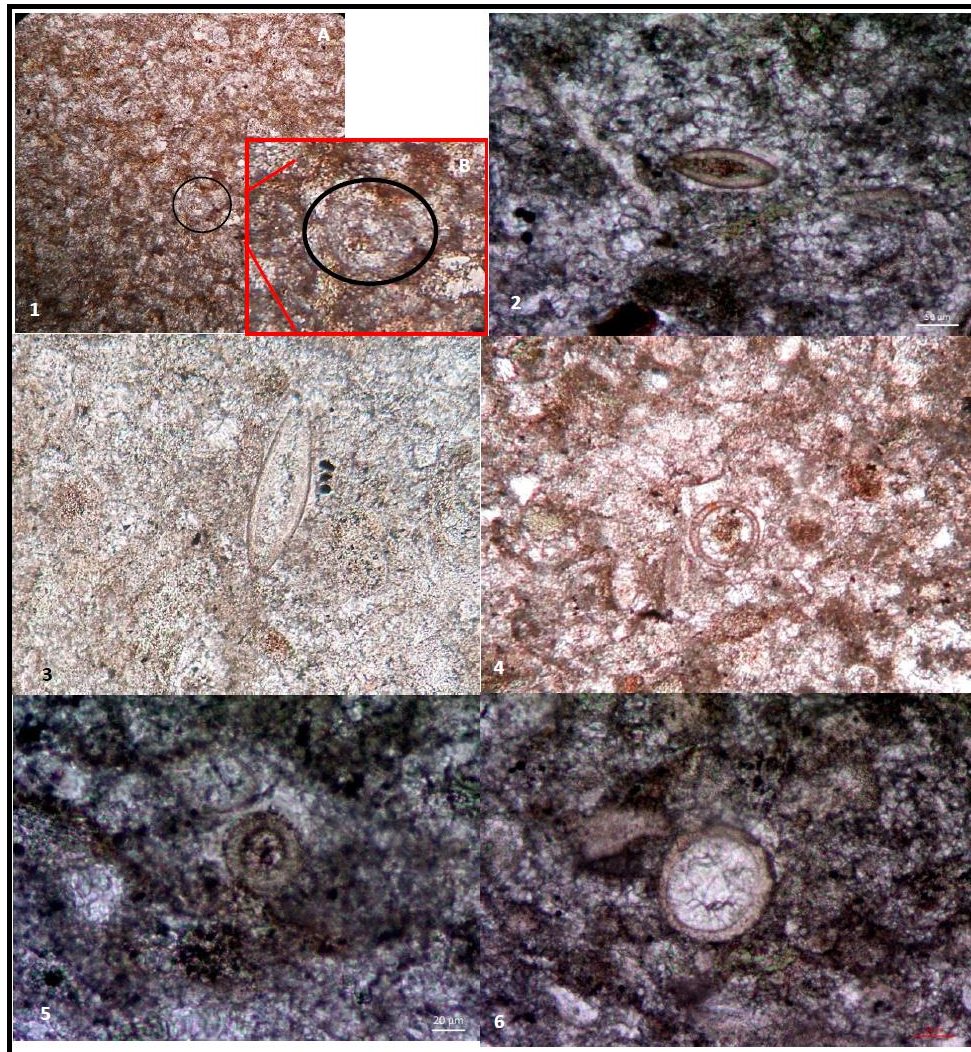


Figura 5. Dinoquistes calcáreos de la muestra D12 del Punto 38 para la Formación Guáimaro. 1. A. *Bonetocardiella cf. conoidea* (Bonet, 1956); B. Imagen aumentada. 2. *Pithonella ovalis* (Kaufmann en Heer, 1865). 3. *Pithonella trejoi* Bonet, 1956. 4. *Pithonella sphaerica* (Kaufmann en Heer, 1865). 5. Calcisferúlido indeterminado. 6. *Calcisphaerulla* sp. (Aumento: 100x).

El género *Ticinella* coincide con reportes anteriores, lo que proporciona puntos coincidentes en la edad Albiano - Cenomaniano asignada a la Fm. Guáimaro sobre la base del análisis micropaleontológico (Dilla y Díaz de Villalvilla, 1986; Iturralde Vinent y De La Torre, 1990; Franco *et al.*, 1992).

En conjunto, se citan como nuevos reportes nueve especies y seis géneros, de ellos dos son calcisferúlidos, tres dinoquistes calcáreos y tres taxones de foraminíferos planctónicos.

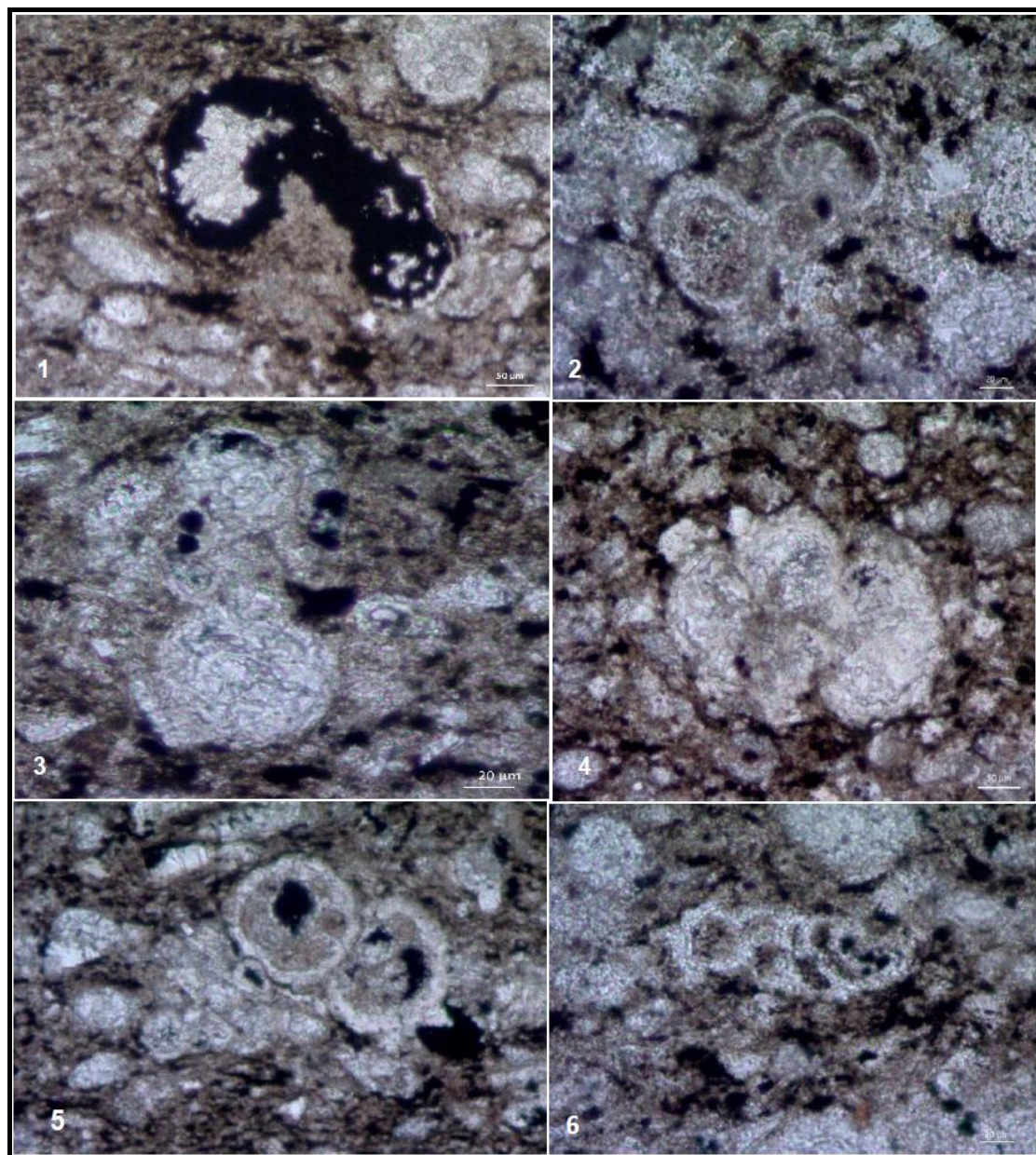


Figura 6. Foraminíferos planctónicos del Punto 10 para la Formación Guáimaro. 1. *Ticinella roberti*. 2. *Muricohedbergella rischi*. 3. *Muricohedbergella planispira*. 4. *Muricohedbergella* aff. *albiana*. 5. Cámaras de Hedbergellidae. 6. *Heterohelix* aff. *moremani*.

El análisis micropaleontológico de las muestras confirma la restricción de la edad de los Puntos 10 y 38 de la Fm. Guáimaro al intervalo Albiano Superior - Cenomaniano (Tabla I), basado en las dataciones absolutas de Torres y Vera (2012) y la validación de las determinaciones con especialistas (Díaz, 2014 com. pers.; Blanco, 2015 com. pers.).

Tabla I. Taxorregistro de los puntos 10 y 38 (muestra D12) de la Fm. Guáimaro, datado según Premoli Silva (2004) y Torres y Vera (2012).

Litología	Taxa	Edad (Ma)	Cretácico		
			Inferior		Superior
			Aptiano	Albiano	Cenomaniano
Arenisca tobácea	Punto 10				
	<i>Heterohelix cf. moremani</i> (Cushman, 1938)	101,5-84,5			
	<i>Macroglobigerinelloides</i> sp.	103,3-66,0			
	<i>Ticinella roberti</i> (Gandolfi, 1942)	107,0-100,0			
	<i>Muricohedbergella rischi</i> (Moullade, 1966)	108,5-100,0			
	<i>Muricohedbergella planispira</i> (Tappan, 1940)	111,5-80,5			
	<i>Muricohedbergella aff. albiana</i> (BouDagher-Fader et al. , 1956)	110,5-99,0			
Caliza	Punto 38				
	<i>Heterohelix cf. moremani</i> (Cushman, 1938)	101,5-84,5			
	<i>Macroglobigerinelloides</i> sp.	103,3-66,0			
	<i>Phitonella trejoi</i> Bonet, 1956	Alb. Sup.-Cen.			
	<i>Phitonella ovalis</i> (Kaufmann en Heer, 1865)	Alb. Sup.-Tur.			
	<i>Phitonella sphaerica</i> (Kaufmann en Heer, 1865)	Alb. Sup.-Tur.			
	<i>Bonetocardiella conoidea</i> (Bonet, 1956)	Alb. Sup.-Tur.			
	<i>Calcisphaerulla</i> sp.	Alb.-San.			

CONCLUSIONES

- El registro micropaleontológico de las muestras estudiadas en las localidades de la Formación Guáimaro permite restringir la edad al intervalo Albiano Superior - Cenomaniano.
- En los puntos de muestreo existieron diferencias entre los taxa identificados para cada uno de ellos, lo que implica una variación de la composición del registro fósil representado entre los sitios de muestreo.

RECOMENDACIONES

- Realizar un nuevo muestreo en localidades de la Formación Guáimaro que permita en investigaciones posteriores y con el análisis micropaleontológico de secciones delgadas reafirmar las conclusiones de este trabajo.
- Realizar nuevo fechado radiométrico de muestras de las localidades estudiadas de la Formación Guáimaro mediante los métodos K-Ar, Ar-Ar y U/Pb.
- Actualizar la información contenida en el Léxico Estratigráfico de Cuba correspondiente a la Formación Guáimaro con los nuevos resultados (edad y fauna) logrados en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Belmustakov, E., Dimitrova, E., Ganev, M., Haydoutov, Y., Kostadinov, Y., Ianev, S., et al. (1981): *Informe del Levantamiento Geológico de las provincias de Ciego de Ávila, Camagüey y Oeste de Las Tunas, escala 1: 250 000*. Inédito. La Habana: Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba. P. 940.
- Bonet, F. (1956): Zonificación microfaunística de las Calizas Cretácicas del este de México. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*. VIII (7, 8): 389 - 488.
- Capote, C. M., Santa Cruz Pacheco, M., González Altarriba, I., Bravo, F., De La Nuez, D., Carrillo, D., Cazañas, X. (2002): *Evaluación del potencial de metales preciosos y base del arco cretácico en el territorio Ciego – Camagüey - Tunas*. Informe final del Proyecto I+D 224. La Habana: IGP.
- De Huelbes, J. (Ed.) (2013): *Léxico Estratigráfico de Cuba*. La Habana: Instituto de Geología Paleontología. P. 573.
- Díaz, C. (2014): Consulta sobre descripción de secciones delgadas pertenecientes a cortes de la Formación Guáimaro. Comunicación personal.
- Dilla, M., Díaz de Villalvilla, L. (1986): Sobre la edad de algunas vulcanitas de las provincias camagüeyanas. *Serie Geológica* (2): 91 - 103.

Donet, P., Alonso, J., Roque, F., Barroso, A., Pérez, J., Sánchez, R., Tornavaca, M. (2006): *Prospección geológica para oro en los Alrededores de Golden Hill*. Informe Unión Geominsal. Empresa Geominera Camagüey.

Franco, G. L., Acevedo González, M., Álvarez Sánchez, H., Artime Peñeñori, C., Barrientos Duarte, A., Blanco Bustamante, S., et al. (1992): *Léxico Estratigráfico de Cuba*. La Habana: Centro Nacional de Información Geológica. P. 658.

Hall, C., Kesler, S., Russell, N., Piñero, E., Sánchez Pérez, M., Moreira, J., Borgesi, M. (2004): Age and Tectonic Setting of the Camaguey Volcanic - Intrusive Arc, Cuba: Late Cretaceous Extension and Uplift in the Western Greater Antilles. *Journal of Geology* (112): 521 – 542.

Hermes, J. (1945): *Geología y paleontología del este de Camagüey y oeste de Oriente, Cuba*. La Habana: Oficina Nacional de Recursos Minerales, MINBAS. Inédito.

<http://taxonomicon.taxonomy.nl>

<http://www.marinespecies.org>

Instituto de Geología y Paleontología (2013): Mapa Geológico de la República de Cuba a escala 1:100 000. Disponible en: <http://www.igp.minem.cu/map/mapa-geologico-100000/>

Iturralde Vinent, M., de la Torre, A. (1990): Posición estratigráfica de las faunas de rudistas del territorio de Camagüey, Cuba. *Caribbean Geological Conference 12 Transactions*. 59 -67.

Iturralde Vinent, M. A. (2011): Compendio de Geología de Cuba y del Caribe. Segunda Edición [DVD - ROM]. La Habana: Editorial CITMATEL.

Knipscheer, H. (1938): On Cretaceous Nerineas from Cuba. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet.* 41 (6 – 10). Disponible en: <http://www.dwc.knaw.nl/DL/publications/PU00014647.pdf>

Koutsoukos, E. A. M. (1999): Distribution patterns of morphotypes and pelagic niches of planktonic foraminifers in the cretaceous of NE Brazil. *Boletim do 5º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*. P. 675 - 680.

Pérez, P., Pimentel, O., Pardo, M., Lugo, R. (1998): Interpretación Tectónica Estructural de los datos Geofísicos en la región Ciego de Ávila – Camagüey - Las Tunas. Archivo IGP. Inédito.

Piñeiro Pérez, E., Quintana, M. E., Marí, M. (1997): Caracterización geológica de los depósitos vulcanógeno - sedimentarios de la región Ciego – Camagüey - Las Tunas. En: Furrázola, G., Cambra, K. *Estudios sobre geología de Cuba*. La Habana: IGP. P. 345 - 355.

Premoli Silva, I., Verga, D. (2004): *Practical Manual of Cretaceous Planktonic Foraminifera*. Italy: Internacional School on Planktonic Foraminifera.

Rojas, R., Skelton, P., Iturralde Vinent, M. (1992): Cuban rudist faunas revisited. *Caribbean Geological Conference 13, Abstracts*. 21.

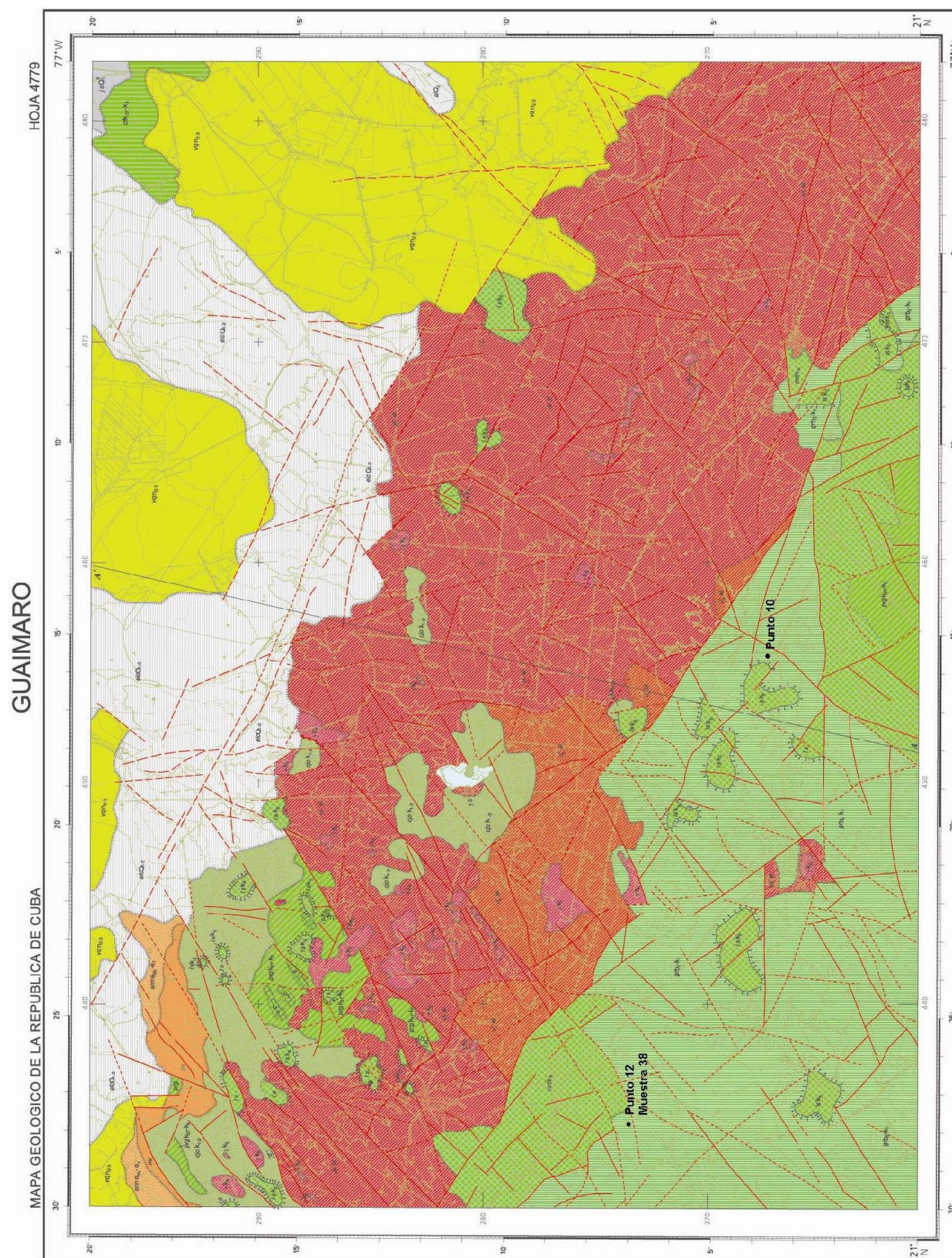
Rojas, R., Iturralde Vinent, M., Skelton, P. (1995): Stratigraphy, composition and age of cuban rudist - bearing deposits. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 12 (2): 272 - 291.





























Torres, J., Vera, O. (2012): Foraminíferos Planctónicos del Cretácico. Tabla. Basado en Petrizzo y Premoli Silva, 2004.

Torres La Rosa, M., et al. (2013): Geología y petrología de las rocas ígneas de la región Sibanicú - Guáimaro, asociadas con la mineralización aurífera. Informe Proyecto I + D 613260, Etapa I. La Habana: IGP. Inédito.

ANEXOS

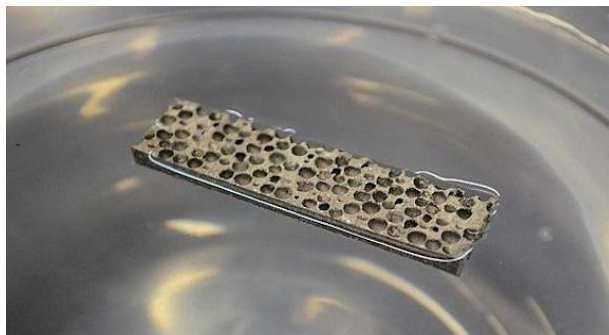
Anexo 1. Mapa geológico de la República de Cuba, Guáimaro, Hoja 4779



	HOLOCENO	<i>al</i>	Depósitos aluviales: Bloques, guijarros, gravas, arenas arcillosas, arcillas arenosas y limos. Composición y granulometría vinculadas a la naturaleza y distancia de la fuente de aporte.
	PLEISTOCENO MEDIO	<i>elc</i>	Depósitos eluvio-coluvio-proluviales: Arcillas caoliniticas estructurales e hidromicáceas; arcillas caoliniticas abigarradas; arcillas densas, ocrosas; arcillas arenosas; perdigones y corazas ferruginosas; arenas; fragmentos de la roca madre.
	PLEISTOCENO SUPERIOR TEMPRANO	<i>js</i>	Fm. Jalmanitas: Calizas biotriticas masivas, generalmente carsificadas, fosilíferas, conteniendo principalmente conchas bien preservadas, corales de especies actuales y ocasionalmente biohermos. Pasan a biocalcarenitas de granulometría y estratificación variables o masivas.
	MIOCENO INFERIOR BURDIGALIANO-MIOCENO MEDIO LANGHIANO	<i>vq</i>	Fm. Vázquez: Alternación de margas, limolitas calcáreas o arcillosas, arcillas esmeclíticas y arenáceas. Subordinadamente calizas biotriticas arcillosas, calizas micriticas, calcilutitas, calcarenitas, areniscas, pseudoconglomerados, conglomerados calcáreos y polimicticos. Colores variados.
	EOCENO MEDIO PARTE ALTA-EOCENO SUPERIOR	<i>sm</i>	Fm. Saramaguacán: Calizas biotriticas, arcillosas, margas. En la parte superior areniscas, limolitas, arcillas; lentes de pedernal y radiolaritas entre las margas y calizas.
	EOCENO MEDIO LUTECIANO	<i>mr</i>	Fm. Maraguán: Areniscas y conglomerados polimicticos, margas, limolitas, arcillas, calizas y biocalcarenitas.
	CRETACICO SUPERIOR CAMPANIANO	<i>ls</i> <i>mrt</i>	Fm. La Sierra: Lavas y lavobrechas, fluidales, rioliticas, riolodaciticas y daciticas, calcoalcalinas con tendencia a alcalino-potásico Fm. Martí: Coladas de lavas subaereas y alternancia irregular de rocas piroclásticas, vulcanógeno-sedimentarias y sedimentarias.
	CRETACICO SUPERIOR CONIACIANO-CAMPANIANO	<i>prg</i> <i>cl</i>	Fm. Piragua: Brechas, conglomerados tobáceos, lutitas, areniscas tobáceas, tufitas y tobas, en la parte inferior; calizas fosilíferas con tobas y tufitas en la parte media; en la parte alta tobas, tufitas y lavas. Fm. Caobilla: Dacitas, riolodacitas, riolitas. Ocasionales traquidacitas. Andesitas, tobas aglomeráticas andesito-daciticas y calizas.
	CRETACICO SUPERIOR CENOMANIANO-TURONIANO	<i>cjo</i>	Fm. Camujiro: Lavobrechas, lavas, clastolavas, tobas, tobas aglomeráticas de composición andesítica y andesitobasáltica; lavas desde
	CRETACICO INFERIOR APTIANO-CRETACICO SUPERIOR CONIACIANO	<i>gr</i>	Fm. Guáimaro: Lavas, lavobrechas basálticas, traquiandesiticas, traquibasálticas, andesiticas, xenolavas basálticas. Tobas aglomeráticas, conglomerados y calizas.
COMPLEJOS INTRUSIVOS			
	γ	Complejo granitos maraguán.	
	$\gamma\delta$	Complejo granodiorítico.	
	$\gamma\epsilon$	Complejo gabrosienítico.	
ROCAS			
	<i>c</i>	Caliza.	
OTROS SIMBOLOS			
	Contacto concordante seguro		Falla supuesta
	Contacto concordante supuesto		Falla cubierta
	Contacto discordante seguro		Falla mostrando buzamiento
	Contacto discordante supuesto		Falla sinistral segura
	Contacto intrusivo seguro		Borde de carácter volcánico seguro
	Contacto intrusivo supuesto		Elevaciones volcánicas cupuliformes
	Contacto litológico seguro		Elementos de yacencia
	Falla segura		

ACTUALIDADES DE LAS GEOCIENCIAS

- **CIENTÍFICOS CREAN UN METAL IMPOSIBLE DE HUNDIR**



Un grupo de investigadores de la Escuela Politécnica de la Universidad de Nueva York y la empresa Deep Springs Technology han creado un nuevo compuesto, de base metálica, tan ligero que puede flotar en el agua. El compuesto es tan prometedor que un barco hecho de tales compuestos ligeros no se hundiría por muchos daños que sufriera su estructura.

Pero no sólo la industria naval podría beneficiarse, también la automovilística, ya que la ligereza del material y su resistencia al calor lo convierten en un candidato idóneo para mejorar la eficiencia energética.

El material se conoce como espuma sintáctica, que consiste en un composite con microburbujas huecas que aportan fuerza y restan densidad. Aunque este tipo de espumas han existido durante años, esta es la primera cuya matriz está formada por un metal ligero. En concreto, está formada por una aleación de magnesio reforzada con partículas huecas de carburo de silicio.

La densidad del compuesto es de 0,92 gramos por centímetro cúbico, menor que el gramo por centímetro cúbico del agua, por ello es imposible de hundir. Los investigadores han dicho que esta tecnología está cerca de estar madura y podría empezar a instalarse en prototipos antes de tres años.

Notable resistencia y ligereza

“Este nuevo desarrollo de materiales ligeros compuestos de matriz metálica muy ligero puede hacer oscilar de vuelta el péndulo a favor de los materiales metálicos”, pronosticó Nikhil Gupta, profesor de la NYU y co-autor del estudio. “La capacidad de los metales de soportar temperaturas más altas puede ser una gran ventaja para que estos compuestos formen parte del motor o el tubo de escape, además de piezas estructurales”.

De acuerdo con los científicos, la carcasa de una esfera de este material puede soportar una presión de más de 25.000 libras-fuerza por pulgada cuadrada (unidad de presión conocida como PSI) antes que romperse. La medida equivale a multiplicar por cien la presión máxima que sale de una manguera de bomberos.

Las partículas huecas de la espuma ayudan a ofrecer protección contra impactos, ya que cada una actúa absorbiendo energía al romperse. Este material puede ser personalizado para añadirle densidad y otras propiedades añadiendo más recubrimientos a la matriz de metal para adaptarse a los requisitos de la aplicación. Pese a sus ventajas en ligereza y robustez, uno de los problemas de emplear aleaciones de magnesio para crear estructuras es la flamabilidad de algunas de estas aleaciones, por ejemplo la de magnesio con zinc está sobre los 450°C, cuando el magnesio puro arde por encima de los 600°C.

Sin embargo, los investigadores han comprobado que este nuevo concepto de aleación también puede ser utilizado con otras aleaciones de magnesio que aumentan la temperatura de ignición, por ejemplo con metales raros como disprosio o gadolinio.

<http://www.cubadebate.cu/noticias/2015/05/15/cientificos-crean-un-metal-imposible-de-hundir/#.VWh6Z2fPeDU>

- **EL NIVEL DEL MAR SUBE MÁS DE LO ESTIMADO POR LOS CIENTÍFICOS**



El crecimiento del nivel del mar se debe a que los hielos de la Antártida y la zona de Groenlandia se derriten. Un estudio publicado en el último número de la revista *Nature Climate Change* revela que el aumento del nivel del mar en el mundo se aceleró más de lo estimado por los científicos. De acuerdo con esa publicación, un equipo internacional de investigadores midió los cambios en la altura del mar durante los últimos 22 años con un nuevo sistema que tiene en cuenta las variaciones en el nivel de la corteza terrestre y el impacto de las mareas.

El nuevo sistema, desarrollado por un grupo de geógrafos y geólogos, completa las observaciones por satélite con datos sobre los cambios en las mareas y mediciones del sistema de posicionamiento global (GPS) sobre el movimiento vertical del suelo.

La investigación indica que el aumento medio del nivel del mar desde 1993 hasta mediados de 2014 fue de 2.6 a 2.9 milímetros por año.

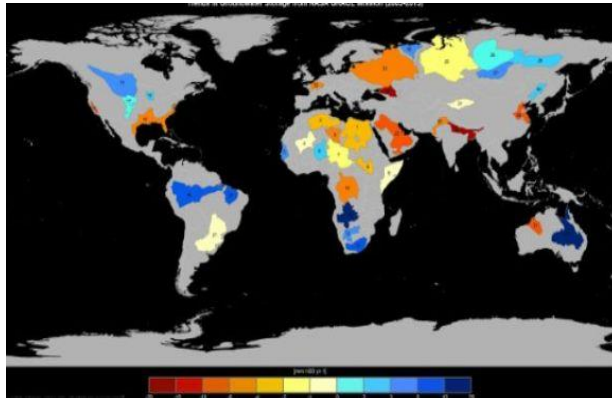
Señala el científico Christopher Watson, experto en clima en la Universidad de Tasmania, en Australia, que la velocidad del incremento en esos años prácticamente se duplicó respecto a la de la mayor parte del siglo XX. Para Watson, los resultados concuerdan con el deshielo cada vez mayor en el Antártico oeste y Groenlandia.

Explican los estudiosos que los sistemas de datos a través de satélite –utilizados desde 1993– no tenían en cuenta anteriormente las variaciones producidas por las mareas ni los movimientos verticales de la corteza terrestre, que pueden ser provocados por diversos movimientos sísmicos u otros fenómenos geológicos.

Según estimó el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC, por sus siglas en inglés), el nivel del mar aumentará hasta 98 centímetros para 2100 si continúan los actuales niveles de emisión de gases contaminantes de efecto invernadero a la atmósfera de la Tierra.

<http://www.cubadebate.cu/noticias/2015/05/12/el-nivel-del-mar-aumenta-mas-de-lo-estimado-por-los-cientificos/#.VVnULWfPEdU>

- **EL MUNDO SE QUEDA SIN AGUA, SEGÚN LA NASA**



Un tercio de los más importantes acuíferos subterráneos del mundo se agotan a un ritmo alarmante, según reveló un estudio con nuevos datos captados por satélites de la NASA.

“Necesitamos un esfuerzo global coordinado para determinar la cantidad que queda”.

El estudio, publicado el martes por la revista *Water Resources Research*, señala que 13 de las 37 mayores reservas subterráneas del planeta perdieron más agua de la que recibieron durante una década de observación, entre 2003 y 2013.

Estos acuíferos subterráneos suministran el 35 % del agua usada por los seres humanos, por lo que la situación “es bastante crítica”, en palabras de Jay Famiglietti, científico de la NASA e investigador de la Universidad de California.

“Dada la rapidez con la que estamos consumiendo las reservas mundiales de agua subterránea, necesitamos un esfuerzo global coordinado para determinar la cantidad que queda”, advirtió.

Gracias a los datos de los satélites *Grace* de la NASA, que captaron los cambios en los niveles de agua de los acuíferos entre 2003 y 2013, los científicos han descubierto que las reservas en peor situación están en regiones pobres y muy pobladas, como el noroeste de la India, Pakistán y el norte de África.

En una publicación complementaria, los autores concluyen que, si bien esta tecnología satelital ha permitido medir las fluctuaciones de agua en estas reservas, aún no se sabe medir cuál es la cantidad total de agua que aún queda en ellas.

La falta de precisión para adquirir este dato es un gran impedimento para estimar en cuánto tiempo se acabaría el agua si se las tendencias actuales se mantienen e implementar medidas más acertadas.

Los expertos también alertan que el cambio climático y el crecimiento de la población contribuirán a empeorar todavía más la situación de estos acuíferos subterráneos.

La demanda por el agua de origen subterráneo incrementa con el crecimiento de la población (más personas necesitando agua) y la disminución en la disponibilidad de agua en la superficie, la principal fuente de agua para el consumo humano.

Las poblaciones que habitan zonas secas pasan a depender del agua de sus acuíferos durante las épocas de sequía y este consumo resulta ser mayor a la capacidad de reabastecimiento dejando así al acuífero con menos agua al pasar los años.

El ejemplo es el estado de California (EE.UU.), golpeado por la sequía y que está obteniendo ahora el 60% del agua que necesita de reservas subterráneas frente al promedio del 40%.

<http://www.cubadebate.cu/noticias/2015/06/18/el-mundo-se-queda-sin-agua-segun-la-nasa/#.VZFHT7HPedU>

INSTRUCCIONES A LOS COLABORADORES

La revista GEOINFORMATIVA, que edita semestralmente el Centro Nacional de Información del Instituto de Geología y Paleontología, recibirá para su publicación en el mismo:

- Artículos de los trabajadores de las diferentes ramas de la Geología interesados en dar a conocer los resultados de las prospecciones e investigaciones científicas realizadas en sus respectivos centros.
- Actividades geológicas relacionadas con los objetivos de trabajo del IGP y del MINEM en general.
- Resúmenes de informes parciales o finales de proyectos.
- Noticias y eventos del mundo de las Geociencias, así como las relacionadas con la temática del cuidado del medio ambiente del planeta y los fenómenos del cambio climático.
- Aspectos interesantes o novedosos de las diferentes ramas de la Geología en Cuba y en otras partes del mundo.
- Otros materiales considerados de interés.

Cada colaboración no deberá exceder de 12 páginas y deben contener los datos siguientes:

Título: Será claro y explicativo del contenido del trabajo. Se recomienda no exceda de 12 palabras (3 renglones). Utilizar letra TNR-10.

Autores: Se relacionarán los nombres y apellidos completos de todos los autores. Entidad donde labora, cargos y categoría docente o científica, dirección del centro de trabajo, en caso de autores con filiación diferentes, se identificarán con superíndices numéricos consecutivos situados al final del nombre del autor y al principio de su filiación, dirección del centro de trabajo, correo electrónico, y teléfono. TNR-10.

Resumen: Será una exposición concisa del trabajo completo con no más de 250 palabras. Deberá expresar con claridad los principales resultados el método y las conclusiones del trabajo. No incluirá abreviaturas, siglas, citas bibliográficas ni referencias a ilustraciones.

Palabras clave: Se colocarán 3 o 5 palabras que faciliten la recuperación efectiva de los trabajos.

Cuerpo del documento: Introducción; Objetivo; Método; Resultados; Discusión

Conclusiones: En correspondencia con los objetivos del trabajo.

Bibliografía: La lista de referencias se colocará al final del trabajo y se ajustará a lo establecido por la norma Harvard - APA. Guardarán orden alfabético por el apellido del primer autor y se consignarán todos los autores de la obra. Ejemplos:

Artículo de revista: Apellidos del autor, inicial del nombre., Apellidos, Inicial., (hasta tres autores, luego poner *et al.*). Año entre paréntesis: Título del artículo. Nombre de la publicación en cursiva. Volumen. Número entre paréntesis: Páginas.

Ejemplo: Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A.; Díaz, C., Grajales Nishimura, M., Meléndez, A., Molina, E., Rojas, R., Soria, A. R. (2005). Cretaceous Paleogene boundary deposits at Loma Capiro: evidence for the Chicxulub impact. *Geology*. 33 (9): 721 - 724. La Habana.

Libro: Apellidos del autor, inicial del nombre., Apellidos, Inicial., (hasta seis autores, luego poner *et al.*). Año entre paréntesis: Título en cursiva. Ciudad o País: Editorial. Total de páginas.

Ejemplo: Pazos Álvarez, V., Rojas Hernández, N., Viera López - Marín, D. (1985): *Temas de Bacteriología*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación. 23 p.

Capítulo de libro: Apellidos del autor, inicial del nombre., Apellidos, Inicial., (hasta seis autores, luego poner *et al.*). Año entre paréntesis: Título del capítulo. En (si el libro es en inglés poner In): Autor. Título del libro en cursiva. Tomo (si lo tiene). Ciudad o país: Editorial. Páginas.

Ejemplo: Aguirre, S. (1973): Contra el contrabando de esclavos. En: Pichardo, H. *Documentos para la historia de Cuba*. Tomo 1. La Habana: Editorial Ciencias Sociales. P. 292 – 309.

Tesis e informes: Apellidos del autor, inicial del nombre., Apellidos, Inicial., (hasta seis autores, luego poner *et al.*). Año entre paréntesis: Título en cursiva. Tipo de tesis. Sede, Ciudad.

Ejemplos: Díaz de Villalvilla, L. (1988). *Caracterización geológica y petrológica de las asociaciones vulcanógenas del arco insular cretácico de Cuba Central*. Tesis Doctoral. Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río.

Iturralde - Vinent, M. A., *et al.* (1987): *Informe del Levantamiento Geológico del Polígono Cuba - RDA, Camagüey, a escala 1: 50 000*. Archivo Técnico IGP, La Habana, Cuba.

Mapas: Apellidos del autor principal, Inicial del nombre. Año entre paréntesis: Título en cursiva. Escala. Lugar. Otros autores: en párrafo aparte.

Ejemplo: Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Geología y Paleontología (1988): *Mapa geológico de Cuba a escala 1: 250 000*. URSS.

Otros autores: Instituto de Geología de la Academia de Ciencias de Polonia. Instituto Estatal de Geología de Hungría. Instituto de Geología de la Academia de Ciencias de la URSS. Instituto de Geología y Paleontología de la Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Geología de la Academia de Ciencias de Bulgaria.

Normas: Simbolización del DN. Título propio. Otra información del título. Simbolización del DN sustituido. Vigencia del DN. Extensión de la obra.

NC 39-01: 1984. Código para la representación de los nombres de los países. 16 p.

Trabajo de evento: Apellidos del autor, inicial del nombre., Apellidos, Inicial., (hasta seis autores, luego poner *et al.*). Año entre paréntesis: Título en cursiva. Fuente [Formato de publicación]. Ciudad.

Ejemplo: Furrázola Bermúdez, G, Díazotero, C., Rojas Consuegra, R. (2001): *Generalización bioestratigráfica de las Formaciones Volcanosedimentarias del Arco Volcánico Cretácico de Cuba*. Resúmenes y Memorias del IV Congreso Cubano de Geología y Minería GEOMIN' 2000. [CD - ROM]. La Habana.

Artículos en línea: Apellidos del autor, inicial del nombre., Apellidos, Inicial., (hasta seis autores, luego poner *et al.*). Año entre paréntesis: Título. Nombre de la revista en cursiva. Volumen. Número entre paréntesis: Extensión aproximada. Recuperado de (o Disponible en): Dirección web

Ejemplo: Gómez, F. J., Astini, R. A. (2006): Sedimentología y paleoambientes de la Formación La Laja (Cámbrico). Quebrada La Laja. Sierra Chica de Zonda. San Juan. Argentina. *Revista Geológica de Chile*. 33 (1). Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-2082006000100002&lng=es&nrm=iso

Libro en línea: Apellido, Inicial del nombre., Apellido, Inicial del nombre., (hasta seis autores, si tiene más poner luego *et al.*). (Año): Título del libro. Edición. Ciudad: Editorial. p. Número de páginas. Disponible en: Dirección web.

CONSEJO EDITORIAL

Dr. Bienvenido Trino Echevarría (IGP)
Dr. Enrique Castellanos Abella (MINEM)
Esp. Dinorah N. Karell Arrechea (IGP)
Ing. Alfredo Bousoño González (IGP)
Dr. Carlos Pérez Pérez (IGP)
Dr. Carbeny Capote Marrero (IGP)
Dr. Waldo Lavaut (IGP)
Dra. Xiomara Cazañas Díaz (IGP)
Dr. Reinaldo Rojas Consuegra (MNHNC)
Dr. Donis P. Coutín Correa (IGP)
Dra. Amelia D. Brito Rojas (IGP)
Dr. Manuel Iturralde Vinent (SCG)
Dra. Mireya Pérez Rodríguez (CUJAE)
Dr. Jorge Luis Cobiella Reguera (Univ. P. Río)
Dr. Evelio Linares Cala (CEINPET)
Msc. Kenya Núñez Cambra (IGP)
Ing. José Rodríguez (Pepín) (Estados Unidos)
Ing. Nyls Ponce Seoane (IGP)
Ing. Roberto Sánchez Cruz (Angola)
Ing. Miguel Cabrera Castellanos (Honduras)

COLABORADORES

Lic. Tatiana Machín Pomares (IGP)
Lic. Anabel Oliva Martín (IGP)
Trad. María Teresa Rodríguez Coppola (IGP))

Confeccionado por:
Centro Nacional de Información Geológica
biblioteca@igp.minem.cu