

Caracterización de procesos geológicos en el depósito de arcillas de Cayo Guam y su relación con la producción de cemento de bajo carbono*

Alfredo Hidalgo Suárez Armando Serrano Romero

Carlos G. Herrera Sánchez Yosvany Cruz Ramírez

Ángel Eduardo Espinosa Borges Libán García Obregón

Marcos Javier Pereira Báez Luis Alberto Pérez García

Especialidad: Ingeniería geológica

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba)

Resumen: Se realizó un reconocimiento de los cuerpos arcillosos más importantes del depósito Cayo Guam, teniendo en cuenta sus potencialidades para la producción de materiales cementicios suplementarios. Para dar cumplimiento al objetivo previsto se realizaron dos marchar rutas, que abarcaron las zonas más perspectivas del depósito arcilloso Cayo Guam. Durante el procedimiento experimental se empleó el protocolo de calcinación de Almenares (2017), haciendo calentar tres muestras de arcilla a diferentes rangos de temperaturas. Se lograron identificar y representar los fenómenos y procesos geológicos imperantes en el área de estudio. Quedan delimitadas las zonas más perspectivas para la producción de materiales cementicios suplementarios.

Palabras clave: depósito de arcilla; material cementicio; material de construcción; caolín; meteorización química.

* Recibido: 29 abril 2018/ Aceptado 1 marzo 2019.

Characterization of Geological processes in the argillaceous deposit of Cayo Guam and its relation with low carbon concrete production

Abstract: A survey over the most important clay bodies of the Cayo Guam deposit was made, taking into account their potential for producing additional cementitious materials. Two routes were carried out, which covered the most prospective areas of the Cayo Guam argillaceous deposit. During the experimental procedure the Almenares calcination protocol (2017) was used, heating three clay samples to different temperature ranges. It was possible to identify and represent the phenomena and geological processes prevailing in the study area. The areas for producing supplementary cementitious materials are delimited.

Keywords: clay deposit; cementitious material; construction material; kaolin; chemical weathering.

Introducción

En tiempos en que el cemento se ubica como el segundo material más usado del planeta y su producción es una de las más extendidas y nocivas al medio ambiente, una fórmula desarrollada por especialistas cubanos y suizos procura transformar esta dicotomía (CIDEM, 2013).

Según datos internacionales, la fabricación mundial de cemento supera las cuatro mil cuatrocientas millones de toneladas y es responsable de entre el cinco y ocho por ciento de las emisiones de carbono a la atmósfera, una realidad que pudiera cambiar con la introducción del LC3 o las familias del cemento de bajo carbono (International Energy Agency, 2018).

Por tanto, el primer y más importante paso antes de la diseminación de la tecnología de los cementos de bajo carbono es, sin dudas, la caracterización de depósitos arcillosos adecuados para su manufactura (Alujas, 2010).

El presente trabajo tiene como fines fundamentales el estudio del área de Cayo Guam con el objetivo de profundizar en el grado de conocimiento geológico del depósito homónimo, teniendo en cuenta la ocurrencia de procesos y fenómenos geológicos y su relación con el potencial uso de estas arcillas como fuente de cemento de bajo carbono.

Materiales y métodos

Se tomó como base el mapa topográfico de la región así como las imágenes satelitales disponibles. En ese sentido se diseñaron las marchas rutas, tratando de localizar los cuerpos de arcilla de mejor accesibilidad, y las zonas que en el pasado fueron destapadas que permiten la evaluación *in situ* de la calidad de la arcilla. Siguiendo ese objetivo, la investigación transitó por tres etapas: una de gabinete, que fue precedida por una etapa de campo, dirigida en lo fundamental al muestreo, y una etapa final dirigida a la interpretación de los resultados obtenidos, tanto de los trabajos de campo como de laboratorio. Las áreas documentadas y muestreadas se pueden observar en la Figura 1. El método de toma de muestras usado fue el del compuesto de arcillas, donde siempre se procuró tomar una cantidad representativa del corte para su posterior análisis.

$$K^E = \frac{\%OH^-}{13,96+} \cdot 100 \quad (2)$$

Etapa de gabinete

Durante la etapa de gabinete se procesaron los datos recopilados en la revisión bibliográfica realizada. Se elaboraron las principales conclusiones del trabajo a partir del análisis de los resultados obtenidos.

Análisis y discusión de los resultados

Resultados de la documentación geológica

A continuación se describen los sectores y puntos fundamentales resultados de la documentación geológica en el campo.

➤ Punto #1 Hora: 9:12 a. m. Lugar: Cayo Guam

Longitud: 20 36 21,12344 **Latitud:** -74 51 3,8628.

Se observan arcillas caoliníticas de coloración abigarrada (blanco, rojo, rosado, morado, amarillo), esta arcilla posee alta plasticidad al contacto con agua y es muy deleznable seca. Es visible un intenso agrietamiento, tal vez por hidratación y deshidratación continua de la masa arcillosa. Las grietas están rellenas por un material arcilloso blanco, probablemente caolinita; estas poseen un espesor entre 1-2 cm y hasta 5-6 cm. El agrietamiento no tiene una orientación preferencial. Existe un acaravamiento intenso por la fuerte meteorización a la que ha sido sometida el área.

Se aprecia un bandeamiento (Figura 3), posiblemente heredado de la roca madre (gabros). El corte tiene unos 10 m de potencia. Desde 0 a los 30 cm existe una capa de suelo pardo negro, desde los 30 cm hasta los 5 m se advierten arcillas más homogéneas de una coloración parda rojiza. La intensidad del agrietamiento es menor, deleznable, con menos plasticidad. Además, se perciben gabros relícticos alterados (Figura 2).



Figura 2. Fotografía del punto 1, en la imagen se observan gabros relicticos dentro de las arcillas.



Figura 3. Fotografía del punto 1, en la imagen se percibe el bandeamiento de las arcillas caoliníticas heredados de los gabros que le dieron origen.

➤ Punto #3 Hora: 10:42 a. m. Lugar: Cayo Guam

Longitud: 20°36'32.0968'' **Latitud:** -74°51'1.03820''

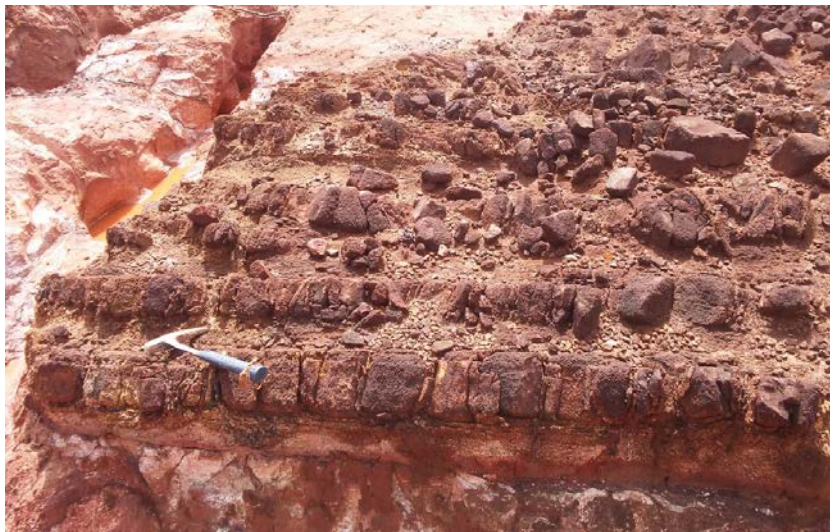


Figura 4. Fotografía de la roca madre (gabros olivínicos).

Se observan diques de gabros, de coloración pardo-oscuro. Las rocas exteriormente se presentan deleznable, debido a que están particularmente meteorizadas, pero interiormente es una roca dura de coloración gris-oscuro, donde se aprecian pequeños cristales de piroxenos, y probablemente plagioclasas con una coloración gris blanca. La estructura es masiva; se trata de una roca densa, que ofrece resistencia a ser partida por la piqueta. Los diques tienen una anchura aproximadamente de 9-10 cm, que aparecen uno encima del otro formando pseudoestratos. Entre dique y dique existe una capa de material deleznable aparentemente resultado de la meteorización de los propios gabros. Y todo el sector se encuentra rodeado por una gran potencia de un material de coloración blanco abigarrado, posiblemente arcilla caolínica. Las rocas tienen un buzamiento de 30° y un acimut de buzamiento de 91°.

➤ Punto #4 Hora: 11:06 a. m. Lugar: Cayo Guam

Longitud: 20°36'32.687006'' **Latitud:** -74°51'3.316''



Figura 5. Fotografía donde se advierten los diferentes perfiles en el depósito en la base arcillas caolinítica, en la zona media alteraciones gibbsíticas y en la parte superior el horizonte laterítico.

En la parte superior de corte se aprecia un material de una tonalidad rojiza, de 0-3 m de potencia; mientras que el segundo horizonte posee una coloración más amarillenta, con una potencia de 3-5 m, que también es plástico y es más grueso que el de la base. En el tercer horizonte el material es de una tonalidad desde blanco a malva con una potencia 5-8 m. En esta base se distingue un material deleznable de color blanco abigarrado, con abundante grietas, pudiendo ser arcilla de tipo caolín. Asimismo se manifiestan en el punto espejos de fricción debido al desplazamiento de un bloque con respecto a otro. Además, se perciben grietas de desecación, las cuales se encuentran vacías, sin embargo, existen grietas rellenas con un material arcilloso más blanco. En la base hay acumulaciones de fragmentos de gabros meteorizados. En el lugar se manifiesta una migración de tipo química que ocurre en un medio sólido en forma de agregados de minerales.

Resultados del análisis petrográfico

En la sección delgada (Figura 6) se percibe una roca con abundantes cristales de piroxenos y plagioclasas y probablemente pequeños cristales de olivino. Los cristales de plagioclasas son euhédricos, con relieve bajo, débil birrefringencia con colores de interferencia gris-blanco, que pueden llegar a tener tonalidades de amarillo debido a que la sección delgada está gruesa. El ángulo de extinción está medido hasta 34° a la derecha y 37° hacia la izquierda (promediando $35,5^\circ$), por lo que pudiera ser una

plagioclasa labradorita. Se distinguen también cristales de piroxenos incoloros en sección delgada, con cristales anhédricos, birrefringencia moderada, con un ángulo de extinción de 42° , pudiendo tratarse de un miembro de la serie de clinopiroxenos augita-enstatita. Se advierten, además, cristales anhédricos, con alta birrefringencia, incoloros en sección delgada, que pudieran ser de olivino; igualmente se observan menas metálicas. Por lo tanto, se concluye que las rocas que forman el basamento son gabros olivínicos.

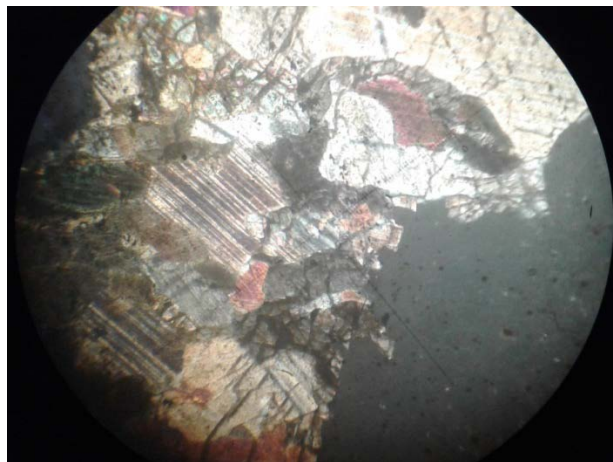


Figura 6. Microfotografía de sección delgada.

Análisis de la migración geoquímica en el área

La Figura 7 muestra el perfil esquemático del área de estudio, en la cual se representa el corte de arcillas del depósito Cayo Guam. De arriba hacia abajo aparece de color rojo la corteza laterítica; por debajo de esta se exhibe una zona gibbsítica, con una coloración que puede llegar a ser hasta anaranjada, la cual se puede encontrar, incluso, rellenando grietas en el propio cuerpo de arcillas caoliníticas que se hallan por debajo de este horizonte.

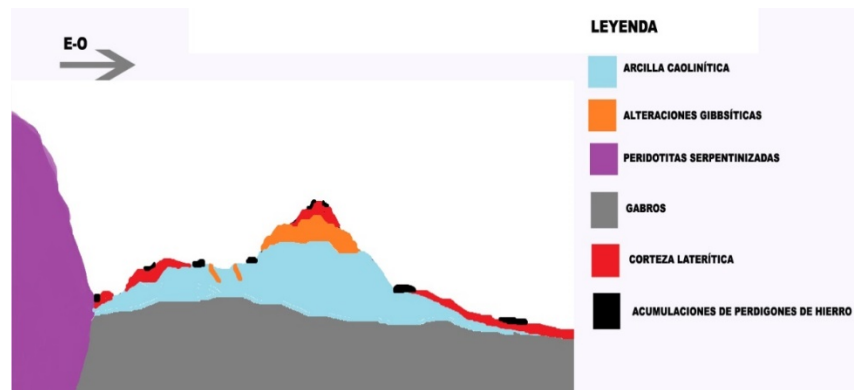


Figura 7. Perfil esquemático del área de estudio.

Cabe destacar que este potente cuerpo de arcillas caoliníticas se puede encontrar en tonalidades de blanco hasta gris con colores abigarrados, la cual se ha formado a expensas de la meteorización del cuerpo de gabros que lo subyace. También se localizan, alrededor de toda el área, pequeños placeres de hematita, magnetita y goethita, formadores de los llamados perdigones de hierro.

Para entender cómo funciona la migración geoquímica en esta zona se debe comprender primero que los gabros son rocas constituidas por piroxenos y plagioclasas. La descomposición de los piroxenos hace que los elementos ferro magnesianos asciendan a manera de migración acuosa en forma de iones y creen el perfil laterítico enriquecido en óxido e hidróxidos de hierro y magnesio.

La descomposición de los elementos constituyentes de los feldespatos, en este caso de las plagioclasas, hace que los elementos químicos asciendan debido a la migración acuosa en forma de iones, creando corteza de tipo gibbsítica, llamado fenómeno de capilarización. Existe una segunda migración presente en este perfil: la migración mecánica, la cual se observa debido a que los óxidos e hidróxidos de hierro, como la hematita, magnetita y goethita, han migrado del perfil laterítico, en forma de perdigones de hierro, hacia las zonas bajas, como agregados de minerales en un medio sólido.

Resultados de la calcinación y cálculo de caolín equivalente

A continuación se muestran los resultados de los ensayos de cálculo de caolín equivalente, a partir de la calcinación a 200°, 350° y 75°.

Al aplicar la norma de calcinación de Almenares (2017) se determinó que las arcillas caoliníticas del depósito Cayo Guam presentan contenidos favorables de caolín equivalente para la fabricación de LC3. Se reportan algunos de los valores más elevados de arcillas caoliníticas identificados en el país, que superan el 85 % en todas las muestras calcinadas y los valores de calcita equivalente son permisibles, por lo que no presenta dificultades para la fabricación de LC3.

Tabla 1. Resultados del cálculo de caolín equivalente Ke

Muestra	Masa a 200 °C	Masa a 350 °C	Masa a 750 °C	Ke
1	45,13	44,80	39,37	86,19
2	41,72	41,40	36,43	85,33
3	19,78	19,77	17,34	88,00

Delimitación de los cuerpos más perspectivas

De acuerdo con los resultados del caolín equivalente como más importante para la selección de los cuerpos, y teniendo en cuenta la accesibilidad al área así como el nivel de desbroce a realizar por una futura explotación de la zona, se realizó el esquema de ubicación de los principales cuerpos arcillosos (Figura 8).

De lo anterior se pudo deducir que hay tres cuerpos con potencialidades para la producción de cemento de bajo carbono. Existe un cuerpo cercano al río, de arcillas contaminadas con cantos rodados, que entorpecen su uso pues llevaría implícito la separación del componente arcilloso mediante un cribado. Aún no está definido el papel de la gibbsita en el proceso de activación térmica de las arcillas por lo que se consideran los cuerpos gibbsíticos como no perspectivas.

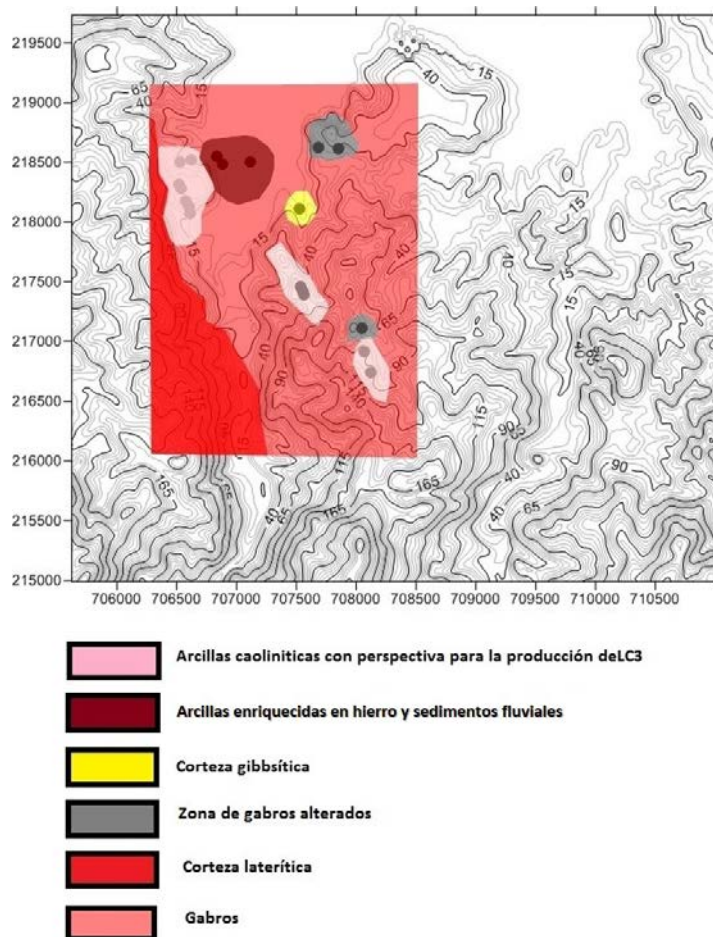


Figura 8. Esquema de ubicación de los principales cuerpos de arcilla con perspectiva para la producción de cemento de bajo carbono.

Conclusiones

Se identifican los procesos y fenómenos geológicos imperantes en el área de estudio, destacándose la meteorización química como responsable de la formación de la corteza caolinitica a expensas de la meteorización de los gabbros.

Se caracterizan petrográficamente la roca madre del depósito, clasificándose como gabbros olivínicos.

Se evalúa el tipo de migración geoquímica imperante, sobresaliendo la migración acuosa en un medio líquido en forma de iones, como un mecanismo de acción superficial y una migración mecánica en un medio sólido en forma de fragmentos de rocas y minerales, mediante un mecanismo de acción superficial de las aguas.

Los contenidos de caolín equivalente de los cuerpos de arcilla son de 86,50 % como promedio, estando por encima del límite propuesto por Almenares (2017).

Se identifican tres cuerpos perspectivas para la producción de cemento de bajo carbono.

Referencias bibliográficas

ALMENARES, R. S. 2017. *Potencialidades de arcillas caoliníticas cubanas para la obtención de materiales cementicios suplementarios*. Tesis doctoral. Universidad Central Martha Abreu de Las Villas.

ALUJAS, A. 2010. *Obtención de un material puzolánico de alta reactividad a partir de la activación térmica de una fracción arcillosa multicomponente*. Tesis doctoral. Universidad Central Martha Abreu de Las Villas.

CIDEM. 2013. Propuesta Premio Nacional ACC "Desarrollo y producción industrial de un cemento de bajo carbono..." Santa Clara.

CRUZ-RAMÍREZ, Y.; ESPINOZA-BORGES, A. E. & GARCÍA-OBREGÓN, L. 2018. Informe investigativo de las prácticas de campo de Cartografía geológica. Moa.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. 2018. *Technology Roadmap: Low-Carbon Transition in the Cement Industry*.

KERR, P. F. 1965. *Mineralogía Óptica*. 3 ed. Castillo, Madrid, 433 p.