

AUTORES

Dayana de la Paz Marrero
Daniel Torres Rodríguez
Waldo D. Lavaut Copa
Walfrido Alfonso San Jorge

08.
RECIBIDO: ENERO, 201920.
ACEPTADO: FEBRERO, 2019

Instituto de Geología y Paleontología,
Servicio Geológico de Cuba. Calle
Vía Blanca No. 1002. / Río Luyanó y
Prolongación de Calzada de Güines,
Reperto Los Ángeles. San Miguel del
Padrón, La Habana, Cuba.
dayana.m@igp.minem.cu

ANÁLISIS ESPECTROMÉTRICO-LITOLÓGICO DE REGOLITAS ARCILLOSAS Y CALCÁREAS

SPECTROMETRIC LITOLOGICAL ANALYSIS OF ARCILLOSAS
AND CALCÁREAS REGOLITHS

RESUMEN

El estudio y el conocimiento de la geología es fundamental para cualquier país, de ahí la necesidad de realizar este análisis espectrométrico-litológico de la forma más detallada posible. Se escogieron dos perfiles de meteorización, uno en la cantera “La Esperanza” en Matanzas y otro en “El Ruso” en Pinar del Río, de regolita calcárea y regolita de arcilla respectivamente. Con esto se realizó una exhaustiva investigación tanto geológica como geofísica, que permitió caracterizar cada una de las muestras y establecer el valor mineragénico de los perfiles. Se estableció la existencia la cantera La Esperanza, donde se extraen cantos y bloques, los que luego se reducen a lozas o azulejos para revestimiento de paredes y otros usos. Se analizaron los gráficos de concentración de los radioelementos, y otros gráficos y relaciones preestablecidas, logrando una caracterización espectrométrica de las regolitas calcáreas y arcillosas en los cortes mencionados. Además con las muestras de arcillas se trabajó un poco más definiendo en algunos casos los principales minerales arcillosos presentes en las muestras. En general, la investigación ha permitido lograr resultados de relevancia y gran actualidad, importancia y novedad científico-técnica, como no se habían registrado antes en nuestro país ni en el resto del mundo.

Palabras clave: espectrometría, litología, meteorización, regolitas

The study and knowledge of geology is fundamental for any country, hence the need to perform this spectrometric-lithological analysis in the most detailed way possible. Two weathering profiles were chosen, one in the quarry “La Esperanza” in Matanzas and the other in “El Ruso” in Pinar del Río, of calcareous regolith and clay regolith respectively. With this, an exhaustive geological and geophysical investigation was carried out, which allowed characterizing each one of the samples and establishing the mineragenic value of the profiles. The existence of La Esperanza quarry was established, where ridges and blocks are extracted, which are then reduced to tiles or tiles for wall cladding and other uses. The graphs of concentration of the radioelements, and other graphs and pre-established relationships were analyzed, obtaining a spectrometric characterization of the calcareous and clayey regoliths in the mentioned cuts. In addition to the samples of clays, a little more work was done in defining in some cases the main clay minerals present in the samples. In general, research has made it possible to achieve results of relevance and grate updating, importance and scientific-technical novelty, as they had not been registered before in our country or in the rest of the world.

Keywords: lithology, regoliths, spectrometry, weathering.

ABSTRACT

Desde hace ya algunos años se viene desarrollando en el Instituto de Geología y Paleontología (IGP) el proyecto de I+D 613740 titulado: “Mapa Mineragénico de Cuba a escala 1:250000”; el cual se encuentra en su fase II, etapa II. En noviembre del 2018 se realizaron las tareas del proyecto correspondientes a los trabajos geólogo-geofísicos de campo en el territorio de Cuba Occidental, abarcando las provincias: Matanzas, Mayabeque, Artemisa y Pinar del Río, con itinerarios, documentación, muestreo y la espectrometría de diferentes canales en 12 perfiles de meteorización. De ahí surge la idea de llevar a cabo en el marco de dicho proyecto, una investigación detallada en las principales cuencas sedimentarias de las provincias Matanzas y Pinar del Río, en las canteras “La Esperanza” y “El Ruso” respectivamente (Figura 1).

El trabajo se enfoca principalmente en caracterizar detalladamente el comportamiento de los canales espectrométricos: Torio (Th), Uranio (U) y Potasio (K) de las diferentes litologías que componen los perfiles de meteorización de las regolitas arcillosas y calcáreas, con el empleo del espectrómetro RS-230 BGO Super-SPEC con que cuenta el IGP. Este

equipo ha sido empleado con fines similares en las etapas anteriores del proyecto mencionado, siendo efectivo en las mediciones de diferentes litologías de la meteorización.

Los dos cortes de meteorización a estudiar se desarrollan en rocas sedimentarias. La Esperanza se encuentra en la formación (Fm.) Güines, caracterizada por calizas biodetríticas de grano fino a medio, fosilíferas, calizas biohémicas, calizas dolomíticas, dolomitas, calizas micríticas sacaroidales y lentes ocasionales de margas calcáreas y calcarenitas. La dolomitización es secundaria. Son por lo general masivas, más raramente estratificadas. Coloración blanca, amarillenta, crema o gris. El Ruso corresponde a la Fm. Guevara, la cual se compone de arcillas plásticas (montmorilloníticas y montmorillonito-caoliníticas), arenas, gravas finas, fragmentos de corazas ferríticas (hardpan) y cantos. La composición es oligomíctica, con predominio de las rocas silíceas. El cemento arcilloso tiene como principal componente la esmectitas, aunque también puede encontrarse esmectita aluminoferruginosa y caolinita-esmectita. Presenta alto contenido de pisolitas y nódulos ferríticos.



01. FIGURA

Ubicación geográfica de los perfiles de meteorización La Esperanza y El Ruso, en Matanzas y Pinar del Río respectivamente (tomada de Google Earth).

La estratificación es horizontal no clara, paralela. Su coloración es variable, abigarrada (Léxico estratigráfico de Cuba, 3ra edición, 2003).

Esta es la primera vez en Cuba que se realiza un estudio con semejante grado de detalle litológico, por lo que la investigación ha permitido lograr resultados de relevancia y gran actualidad, importancia y novedad científico-técnica, como no se habían registrado antes en nuestro país ni en el resto del mundo.

La metodología utilizada para los trabajos geológicos fue la aprobada en el proyecto que da origen al artículo, se realizó el levantamiento de datos geológicos, edafológicos, Imágenes Satelitales Landsat y Aster, el Modelo de Elevación Digital del Terreno y datos geofísicos, también se hizo una revisión bibliográfica de diferentes artículos y revistas

científicas en internet, así como los trabajos anteriores realizados correspondientes a las diferentes etapas del Proyecto I+D 613740, todo esto condujo a base de datos y pre-procesamiento de la información.

Conjuntamente con esto se planificó el trabajo de campo en el territorio de las provincias de Matanzas y Pinar del Río, donde se documentaron y muestrearon dos perfiles patrones en la Fm. Güines y Fm. Guevara, con muy buena exposición del perfil de meteorización de rocas sedimentarias en afloramientos artificiales (canteras). Se recogieron cinco muestras por perfil, las cuales representan todo el corte del perfil de meteorización correspondiente en cada punto. Al tiempo que se realizó la documentación geológica y el muestreo, se fotografiaron los perfiles, puntos de muestreo y la panorámica de los afloramientos, (Figuras 2 y 3).



02. FIGURA

Foto panorámica del perfil de meteorización de calizas biodetríticas de la cantera La Esperanza, provincia de Matanzas.



03. FIGURA

Foto panorámica de las regolitas arcillosas de la cantera El Ruso, en Consolación del Sur, provincia de Pinar del Río.

Para la adquisición de los datos geofísicos el equipo utilizado fue el Espectrómetro RS-230 BGO Super-SPEC del 2008, adquirido por el IGP en el año 2010 (Figura 4). Para las concentraciones obtenidas de cada elemento y el tiempo de ensayo de 2 minutos, el error sistemático es pequeño y puede ser ignorado (RS-125/230 User Manual, 2015).

04 FIGURA

Espectrómetro RS-230 BGO-SUPER-SPEC.



Para lograr mediciones estables, el equipo cuenta con un sistema de estabilización integrado completamente automático que utiliza los niveles de radiación bajo de la geología de los alrededores para realizar este análisis. Este proceso es completamente independiente del usuario y toma de 5 a 10 minutos dependiendo de las condiciones locales. En caso de que no se logre estabilizar el equipo, una alternativa a seguir será realizar varias mediciones en un mismo punto, para contar luego con una cantidad de datos suficientes donde elegir o calcular los valores más apropiados para el punto medido. Otro factor importante a tener en cuenta es el tiempo de medición (Meas Time). Este viene preestablecido de 120 segundos (2 minutos) y se mantuvo ese mismo tiempo, dado que dicho valor da buena calidad de datos en la mayoría de las condiciones, afirmación que se ha podido corroborar directamente midiendo en el terreno.

En los diferentes sitios donde se toman las muestras se colocó el equipo y realizaron la medición correspondiente de los radioelementos Th, U y K, además de la radiación total. Con el resultado de las mediciones lo primero que se realizó fue una base de datos bien organizada que facilitara el correspondiente procesamiento e interpretación. La base de datos (Tabla 1) se encuentra organizada por perfiles y los perfiles aparecen en el orden en que se fueron midiendo en el terreno durante el trabajo de campo. Los perfiles escogidos para esta investigación fueron: La Esperanza, en Matanzas, de regolita calcárea; y El Ruso, en Pinar del Río, de regolita de arcilla; basándose esta elección en los excelentes resultados que aportan ambos.

GEOLOGÍA

Perfil: La Esperanza, enorme cantera labrada para la extracción de canto (Roca dimensionada), donde se distinguen las siguientes zonas litológicas producto de la meteorización de las rocas calcáreas:

Techo a piso:

1- Sialitita ferruginosa: Calcárea de color marrón rojizo, textura terronosa, semiplástica, conteniendo múltiples fragmentos limonitizados, con forma irregular, redondeada con diversos tamaños hasta 2 cm en un 25%. Es una capa muy irregular, forma superficialmente lentes y bolsones. Espesor 0.30 a 0.40 cm.

2- Saprolita fina: Color blancuzco, consistencia polvosa, muy poco terronosa, muy friable.

Espesor visible 0.80 cm.

2- Saprolita gruesa: Semifriable, nodulosa, caliza organógena, color cremita anaranjado. Espesor visible 2.50 a 3 m.

4- Saproca: Caliza margosa con textura nodular brechosa con núcleos angulosos y subangulosos silisificados visiblemente organógena, color cremita amarillento. Presenta grietas de oxidación localmente en forma subvertical por donde se forma el material ferruginoso por la oxidación superficial en las grietas, espesor pequeño 5cm y longitud 2m. Espesor de esta capa 3m.

5- Protolito: Caliza margosa muy organógena con fósiles de diferentes tipos y tamaños hasta 10 cm, de forma de trompo (10 largo x 5 ancho), de consistencia dura parcialmente silisificada, textura masiva, de color cremita blancuzco, textura organogénica.

Perfil: El Ruso, cantera de arcilla donde en el talud NO se destapa un perfil de meteorización de la arcilla distinguiéndose las siguientes zonas litológicas producidas por la intensa meteorización del protolito (arcilla abigarrada):

Techo a piso:

1- Ferricreta: Nódulos ferruginosos, color marrón rojizo, en forma subredondeados y subangulosos, superficie nodulosa irregular, tamaños de (mm hasta 2 cm), en una cantidad de un 20 %.

2- Silcreta ferruginosa: Fragmentosa en ocasiones continuas, masiva con agrietamiento visible en varias direcciones (relíctio) subverticales y subhorizontales. El material tiene una textura gravilosa, nodulosa en los espesores continuos semifriables con núcleos duros producto de la silisificación pervasiva parcial. El color del material marrón negruzco, a veces amarillento,

3- Rojizo rosado en los planos de fractura. Se observan las segregaciones goethíticas-hematíticas en forma de nódulos redondeados, a veces angulosos y otros aplanados en menor proporción; la cantidad de nódulos dentro de esta litología es de un 20%. Espesor 0.25 cm.

4- Sialitita limonítica: Capa limonítica de color amarillento con manchas blancas grisáceas a veces cremitas esparcidas por la masa del material; el cual se encuentra pervasivamente silisificado. El material es semiduro, polvoso en los planos de fractura. Espesor 0.45 cm.

5- Saprolita gruesa de arcilla: Color abigarrado tonalidades marrón, rojiza y grises con múltiples grietas y de exfoliación generalmente subverticales que disgregan la masa de la saprolita en múltiples fragmentos muy finos (mm – 50 cm de diámetro). El material es friable, los núcleos de los fragmentos son duros debido a la ferrificación y silisificación parcial pervasiva y también por las grietas, el color de la ferrificación es rojizo. Conserva en su masa restos de caolinización de color blanco grisáceo y formando vetas cordoncillos. Espesor 1.20 m.

5- Saproca: Saproca de arcilla muy compacta, dura, textura agrietada de color marrón grisáceo en su estado más fresco y amarillento en las porciones limonitizadas, así como núcleos

grises con tonalidades verdosas en otros caolinizados. La masa del material presenta una caolinización parcial en forma de un dibujo enrejillado condicionado por el sistema de grietas por desecación de la arcilla. (Figura 6)

Los perfiles estudiados en el campo permitieron comprobar la existencia de una zonalidad litológica por meteorización bien expresa en las regolitas de diversas rocas sedimentarias de mayor difusión: caliza y arcilla, pertenecientes a 2 unidades estratigráficas (Güines y Guevara).

La zonalidad litológica transicional observada en los perfiles de meteorización denota una génesis eluvial, comprendiendo nítidamente una sección basal que conserva la fábrica de

la roca madre o protolito (saproca>saprolita gruesa>saprolita fina), y una sección más superficial donde se ha perdido dicha fábrica (sialitita no nodular>sialitita nodular). Esta sección más generalmente desarrolla sialititas nodulares, tanto en calizas como en arcillas donde ha ocurrido una meteorización más intensa y, por lo visto, donde su composición química lo favorece. Estas sialititas (nodulares y no-nodulares) se caracterizan por una composición ferruginosa arcillosa, conteniendo las nodulares gran cantidad de pisolitos y nódulos en la masa de la arcilla ferruginosa (25-35%). Los espesores de los perfiles meteorizados son variables, generalmente entre 1.8 y 10.8 metros (5 m promedio), siendo más potente la sección saprolítica del corte (Figuras 5 y 6).

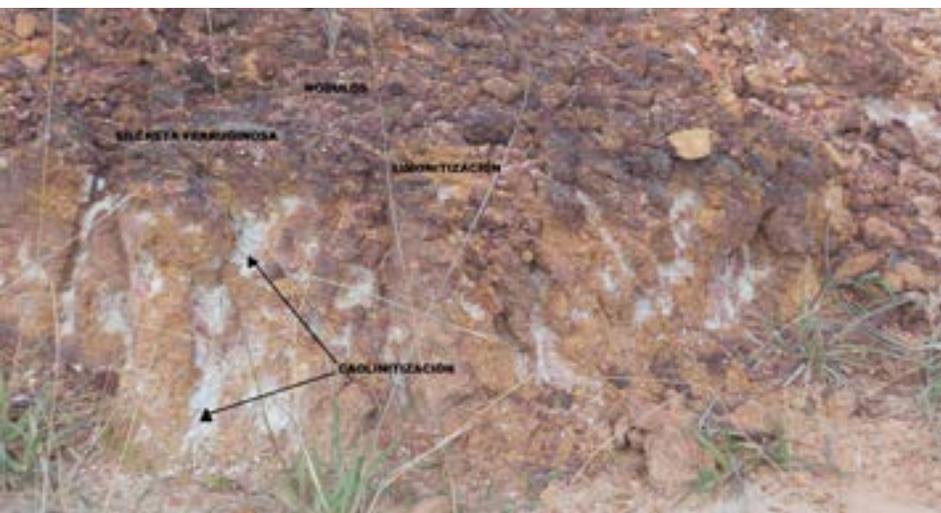
FIGURA 05.

Foto panorámica del perfil de meteorización de calizas biodetríticas de la cantera La Esperanza, provincia de Matanzas, se destaca la potencia de la sección saprolítica.



FIGURA 06.

Foto panorámica de las regolitas arcillosas de la cantera El Ruso, en Consolación del Sur, provincia de Pinar del Río, y es notable la caolinización parcial en forma de enrejillado y la abundancia de material saprolítico.



Se estableció el valor mineragénico de los perfiles al relacionarse con diversos materiales de construcción y con suelos agrícolas y pecuarios. En este respecto, se estableció la existencia de dos importantes canteras, la cantera de rocas dimensionadas La Esperanza, que aflojadas por la meteorización se cortan fácilmente con sierras de acero para la obtención de

cantos y bloques, los que luego se reducen a lozas o azulejos para revestimiento de paredes y otros usos, la cual es enorme por la superficie destapada y profundidad laboreada (Figuras 7 y 8); la cantera El Ruso de la cual se extrae la arcilla para materiales de construcción con un uso principal como cerámica roja, ejemplo, ladrillos, soladuras y cara vista (Figura 9).



07. FIGURA

Roca dimensionada, cantera La Esperanza, provincia de Matanzas.

08. FIGURA

Cantos y bloques cortados, cantera La Esperanza, provincia de Matanzas.



09. FIGURA

Corte de arcillas para la construcción de la cantera El Ruso, municipio Consolación del Sur, provincia Pinar del Río.

GEOFÍSICA

Se realizaron gráficos de barras de los perfiles, donde se aprecia la concentración de los radioelementos en cada una de las muestras en el mismo orden en que aparecen en el perfil de meteorización. De manera general se observa que los valores de los radioelementos en El Ruso (figura 11) son mucho mayores que en La Esperanza (figura 10), debido principalmente a que mientras más arcillosas sean las rocas, aumentarán las concentraciones de los radioelementos en ellas y los suelos que estas componen (Batista y Medina, 2004).

En el perfil La Esperanza, cabe destacar de regolita calcárea, los mayores valores corresponden al U, debido en gran medida al alto contenido de materia orgánica, representado por fósiles de diferentes tamaños, que se puede apreciar a simple vista en todas las capas del corte. Se distinguen en las rocas relativamente claras grietas en posición vertical por donde se formó material ferruginoso, el cual podría estar absorbiendo los compuestos de U, contribuyendo a aumentar la concentración de este elemento en la roca (Pedro y Garau, consultado de: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/40/040/40040599.pdf, 17/12/18). El Th va en decremento hacia la parte más superficial, lo que podría estar indicando la ausencia de fuertes procesos de meteorización, o sea, el fenómeno claramente ha afectado estas rocas, pero levemente.

Esta afirmación se sustenta además en el hecho de que, como se mencionó anteriormente, hay presencia de fósiles bien conservados desde la base hasta el techo del perfil en cuestión. El contenido de K en este perfil se encuentra por debajo de los límites de detección del equipo, el cual es de aproximadamente 0.05 % de K, de ahí que el valor 0 que aparece en la mayoría de las muestras no está indicando ausencia total de este elemento en el suelo.

En el perfil El Ruso, de regolita de arcilla, los mayores valores de radiactividad los presenta el Th, comportamiento típico de las arcillas, donde los altos valores de este elemento indican un aumento de la arcillosidad de las rocas y un alto grado de meteorización de las mismas (Batista y Medina,

2004). Los contenidos de U presentes, que no son los que aportan la mayor radiactividad a las rocas, pero sí mayores que los del perfil anterior, pudieran deberse en cierta medida a la existencia a lo largo del corte de un sistema de grietas, donde está teniendo lugar el proceso de ferrificación, que podría traer consigo la absorción de compuestos de U y por tanto un enriquecimiento del mismo en el suelo. El K en este perfil va disminuyendo desde la base hasta el límite superior, comportamiento que puede atribuirse, dadas las características de la cantera, a los procesos de caolinización, donde se sustituyeron los feldespatos por minerales del grupo del caolín, disminuyendo el contenido de K.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TABLA 1.

Valores de los radioelementos de las muestras de cada perfil.

Perfil	Muestra	K %	U ppm	Th ppm	Total ppm
La Esperanza	Sialitita ferruginosa calcárea	0	1,5	0,2	119,2
La Esperanza	Saprolita fina	0	1,3	0,4	83,6
La Esperanza	Saprolita gruesa	0,05	1,8	0,1	122,1
La Esperanza	Saproca	0	2,1	1	137,5
La Esperanza	Protolito	0	2,4	1,3	142,5
El Ruso	Ferricreta (Perdigones)	0,3	1,9	6,2	382,3
El Ruso	Silcreta ferruginosa limonitizada	0,4	2	5,3	372
El Ruso	Sialitita limonítica	0,8	2,3	8,4	562,7
El Ruso	Saprolita gruesa	1,2	3,4	13,1	815,9
El Ruso	Saproca	2,3	4,5	13,6	1027,2

Los radioelementos Th, U y K se pueden relacionar entre sí, brindando elementos de gran utilidad para caracterizar los diferentes tipos de rocas. En este caso se utilizó la relación Th/K para determinar los tipos de arcillas minerales existentes en el Perfil de regolita de arcilla El Ruso, basado en la siguiente clasificación (Klaja y Dudek, 2016):

- Feldespatos: proporción Th/K < 0.6
- Glauconita: proporción Th/K entre 0.6 y 1.5
- Micas: proporción Th/K entre 1.5 y 2.0
- Illita: proporción Th/K entre 2.0 y 3.5
- Capas mixtas: proporción Th/K > 3.5

Los resultados de la relación Th/K para cada una de las muestras de dicho corte dan resultados mayores que 3.5 en todos los casos, lo que indica que mediante esta clasificación no es posible determinar qué tipo de minerales de arcillas aparecen, sino que indica que to-

das las capas del perfil son mixtas. Así mismo cabe destacar que hacia la base del perfil los valores de esta relación aumentan, mientras hacia la superficie se acercan más al límite de clasificación.

También se utilizó para este mismo perfil un gráfico (figura 12) que permite diferenciar los minerales contenidos en cada una de las capas del corte, según las concentraciones de los radioelementos torio y potasio características de algunos de estos minerales. Aquí se obtiene que la roca sin alterar es una capa mixta, contiene una mezcla de arcillas, tal como indica la clasificación anterior. Ya un poco meteorizada la roca comienza a aparecer el proceso de caolinización, de ahí que en una de las muestras predomine la caolinita. El resto de las muestras presentan, según este gráfico, un predominio de clorita, las cuales pudieran ser de color amarillento, rojizo o blanuzco ya que verde que es su color más común no aparece.

FIGURA 10.

Gráfica del contenido de los radioelementos Th, U y K a lo largo del corte de la regolita calcárea, cantera La Esperanza, provincia de Matanzas.

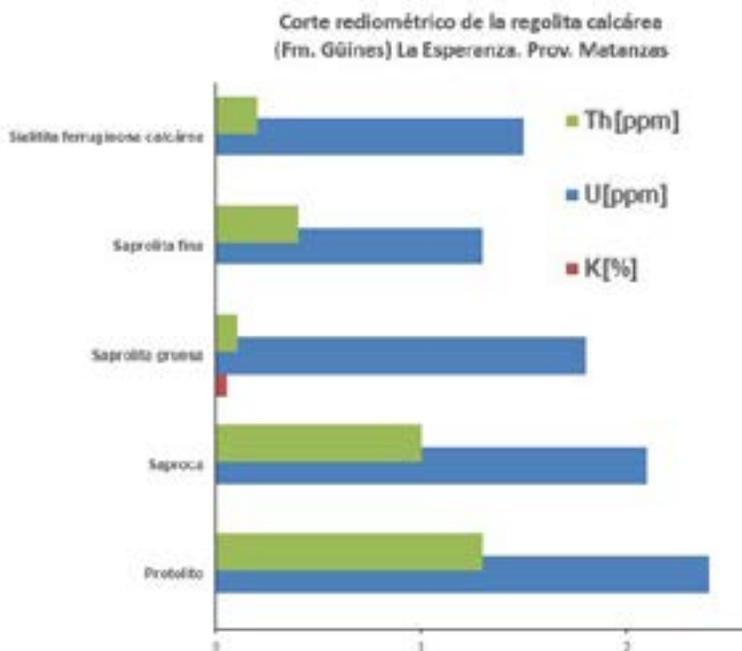
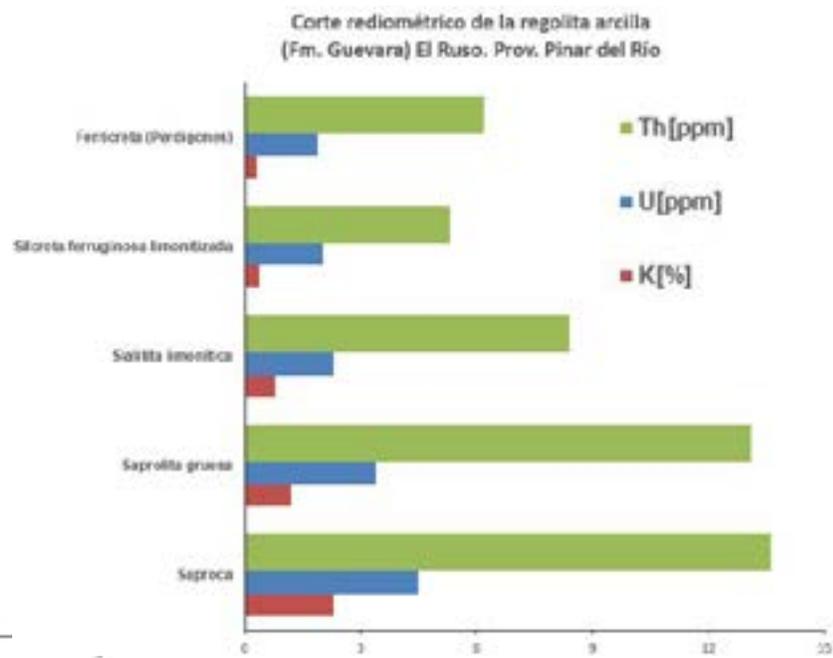
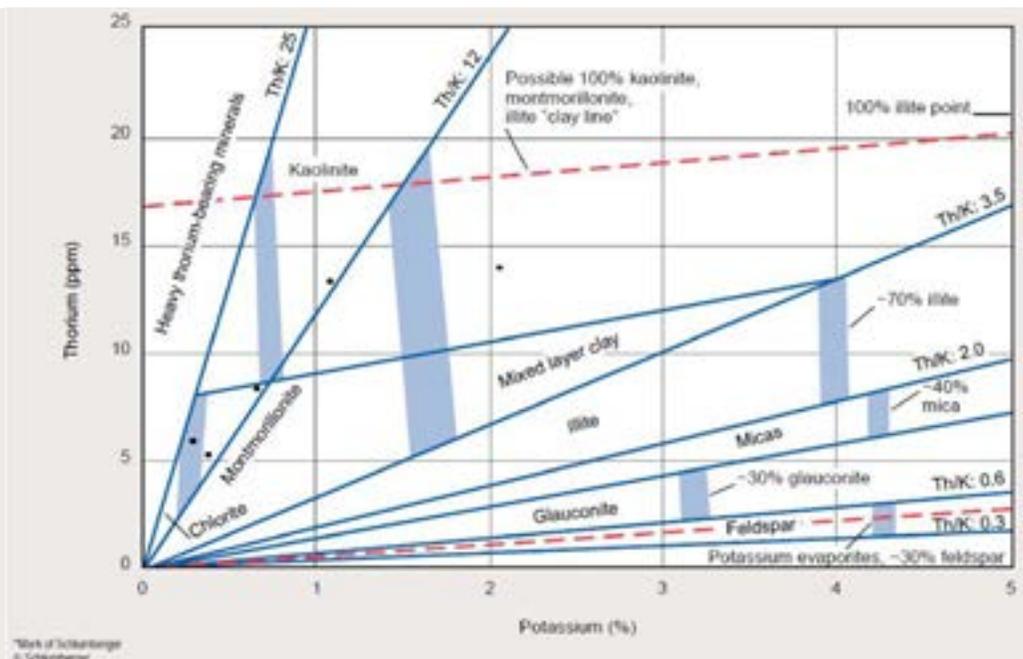


FIGURA 11.

Gráfica del contenido de los radioelementos Th, U y K a lo largo del corte de la regolita arcillosa, de la cantera El Ruso, provincia de Pinar del Río.





11 FIGURA

Gráfica del contenido de los radioelementos Th, U y K a lo largo del corte de la regolita arcillosa, de la cantera El Ruso, provincia de Pinar del Río.

CONCLUSIONES

Una vez concluida la investigación se arribó a las siguientes conclusiones:

1. En los perfiles de ambas canteras se evidencia una capa de las regolitas de meteorización de origen eluvial, con un espesor promedio de 5m, donde se muestra la zonación característica desde el protolito hasta las sialititas nodulares.
2. En las rocas calcáreas la mayor radiactividad la aporta el U como se aprecia en el perfil La Esperanza, donde además es significativa la abundancia de fósiles desde la base hasta la parte superior del corte, evidenciando la poca afectación de la meteorización sobre este.
3. En El Ruso la radiactividad es mucho mayor, comportamiento típico de algunas arcillas, donde además se determinó que todas las capas en general son mixtas, con abundancia de caolinita en unas y clorita en otras.
4. Los valores de las concentraciones de los radioelementos son mayores, en general, en el perfil: "El Ruso", dado que se trata de regolitas de arcilla, evidenciando que dichas arcillas son radiactivas, mientras en "La Esperanza", que son regolitas de roca calcárea, son mucho menores, llegando a quedarse incluso por debajo del límite de detección del equipo en el caso del K.

REFERENCIAS

- Batista Rodríguez J. A, M. A. (2004). Estadística aplicada a la interpretación de datos aerogeofísicos en el ejemplo de Cuba nororiental. *Minería y Geología* No. 3-4. P 20-57
- Colectivo de autores (2009). *Log interpretation charts*. Schlumberger, 310.
- Colectivo de autores (2013). *Lexico Estratigráfico*, Tercera Edición. La Habana.
- Klaja Jolanta, D. L. (2016). *Geological Interpretacion of Spectral Gamma Ray (Sgr) Loggin In Selected Boreholes*. Nafta-Gaz, Rok LXXII.
- Lavaut Copa W., Capote C., Milia I., Alonso J., Torres D., de la Paz D., Durán Y. (2018). "Informe de la etapa 2 de la fase II del proyecto de I+D "Mapa mineragénico de Cuba a escala 1:250000". La Habana.
- Pedro Scaron J., G. T. *Uranio en rocas sedimentarias en el departamento de Cerro Largo. Recursos minerales*. RS_125/230 User Manual. Revisión 1.05. (Diciembre de 2015).