

ROCAS TRAQUÍTICAS COMO FUENTE DE POTASIO PARA LOS FERTILIZANTES ÓRGANO-MINERALES. PRIMER REPORTE EN CUBA.**TRACHYTIC ROCKS AS A SOURCE OF POTASSIUM FOR FERTILIZERS ORGAN MINERAL. FIRST REPORT IN CUBA.**

Virginia González-Acosta,⁽¹⁾ Esther María González-Rodríguez,⁽²⁾ Martha Velázquez-Garrido⁽³⁾, Luis Gómez-Narbona,⁽¹⁾ Miguel García-Saborit,⁽¹⁾ Mercedes Torres-La Rosa,⁽¹⁾ Evelio Lizabet-Sarracén⁽²⁾, José Antonio Alonso⁽³⁾.

Se estudian las rocas traquíticas de la faja vulcano-plutónica central del arco cretácico de Camagüey. Los resultados del quimismo, la radiometría pedestre y las características geológicas, demostraron que son parámetros válidos en la delimitación de áreas perspectivas para una futura prospección y explotación. Se determinaron las 5 formaciones geológicas más perspectivas para potasio (hasta K₂O 9.32%): Camujiro, Guáimaro, La Sierra, Martí y Piragua, aunque ésta última mucho más para tobas. Los minerales principales portadores de potasio, con altos porcentajes en la fracción <0.2 mm, fueron: ortosa, sericita y biotita. Esto demuestra que la fuente de potasio proviene tanto de minerales primarios como de alteración, estos últimos presentes en las zonas cercanas a la intrusión de los granitoides. El resultado general y las pruebas de uso en maceta, demostraron la validez y existencia en Cuba de un nuevo tipo de materia prima útil para diversos usos.

Palabras clave: Rocas traquíticas, materia prima mineral, fuente de potasio, fertilizantes órgano-minerales

Trachytic rocks in the central volcano-plutonic fringe of Camaguey province Cretaceous- arc were studied. Results from chemical composition, pedestrian radiometry and geological features showed validity to delimitate potential areas to undertake further prospection and exploitation. The five geological formations with prospective of up to 9.32% of potassium — Camujiro, Guaimaro, La Sierra, Marti, and Piragua (the latter highly prone to tuffs) were determined. Main K-bearing minerals with higher percentages in <0.2 mm fraction were orthose, sericite, and biotite. This proved that K sources come from both primary minerals and altered minerals. The latter occurring in areas nearby the granitoid intrusion. The general results and the use tests in plant pots proved the validity and presence in Cuba of a new type of raw material very useful for diverse uses.

Keywords: Trachytic rocks, mineral commodity, source of potassium, organic-mineral fertilizers

Recibido: 19 de enero del 2013

Aprobado en su forma original: 20 de septiembre del 2013

(1) Instituto de Geología y Paleontología. Vía Blanca No. 1002 entre Río Luyanó y Prolongación de la Calzada de Güines, Reparto Los Ángeles, municipio San Miguel del Padrón, CP 11000, provincia La Habana. Cuba

Correo electrónico: virginia@igp.minbas.cu

(2) UCTB de Investigaciones geofísicas. CEINPET, Calle 23 No 105 e/ O y P. Vedado. Municipio Plaza de la Revolución Correo electrónico: esther@digicupet.cu

(3) Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM), Varona 12028 Km1^{1/2} Boyeros, La Habana, Cuba, CP-10800 Correo electrónico: marthav@cipimm.minbas.cu

INTRODUCCIÓN

El estudio de diversas materias primas minerales como fuente de potasio para los fertilizantes órgano-minerales se ha venido investigando en nuestro país desde hace relativamente un corto tiempo hasta la fecha. Primeramente los estudios estuvieron enfocados en las tobas con un contenido de potasio cuyos resultados arrojaron un mínimo de 1.32 % de K_2O útil para ser empleada como fertilizantes naturales y que pruebas de uso a escalas de macetas y canteros validaron su utilización. En la actualidad dicha materia prima está estudiada en el territorio nacional y para estos fines, dónde se obtuvo resultados muy satisfactorios (González Rodríguez *et al*, 2010). Posteriormente se dio a la tarea de investigar las rocas traquíticas para el mismo objetivo (González Acosta *et al*, 2011).

A partir de trabajos geológicos precedentes, se dispone de información sobre la existencia de contenidos elevados de potasio (llegando hasta 11.0%) en las rocas traquíticas (Zelepuguin *et al*, 1986) (Belmustakov *et al*, 1981), que se caracterizan por presentar un contenido de álcalis entre 5-11% (Castroviejo, 1998) y comprenden diferentes litologías como: traquiandesitas, traquibasalto, traquiandesita-basalto, traquidacita, traquiriodacita, traquiriolita. También se tuvieron en cuenta: riolitas, andesitas, basalto, andesita-basalto, entre otras. En consecuencia, se procedió a procesar la información previa proveniente de análisis químicos favorables, así como de otros verificados en trabajos de campo, lo que facilitó realizar la correspondiente evaluación geológica.

Después de ejecutar un complejo de métodos de investigación, como ensayos químicos, petrografía, mineralogía, mediciones de radiometría pedestre, así como pruebas de uso en maceta, se llegó a la conclusión de que el país cuenta con un nuevo tipo de materia prima mineral útil para su empleo como fuente de potasio en los fertilizantes naturales, por lo que es objetivo de este trabajo evaluar la existencia en nuestro país de las rocas

traquíticas como fuente de potasio para los fertilizantes órgano-minerales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se revisó y recopiló toda la información de trabajos geológicos pretéritos ejecutados en la zona de investigación y existentes en diferentes instituciones, esto ayudó a un esclarecimiento previo de la geología de la región. Las hojas topográficas, los mapas geológico y mapas geofísicos del canal de uranio y torio y el aerogammaespectrométrico del canal total, todos a escala 1:100 000, fueron los materiales empleados. Se diseñó una base de datos donde se compiló toda la información pretérita existente sobre datos químicos y geológicos la cual ayudó para consultar aquellos puntos que podían ser de interés. Los puntos cuya litología estuviera relacionadas con tobas, traquiandesitas, traquibasalto, traquiandesita-basalto, riolitas, andesitas, basalto, andesita-basalto, traquidacita, traquiriodacita, traquiriolita y que cumplieran con la condición de tener un contenido de potasio mínimo de 4%, fueron considerados los más perspectivas.

Los trabajos de campo incluyeron itinerarios geólogo - geofísico. La geología se basó solamente en la descripción y muestreo de los puntos visitados. La geofísica incluyó mediciones de radiometría pedestre que se ejecutó con el radiómetro SRP- 88M, midiéndose los puntos seleccionados en los afloramientos de las rocas que fueron los mismos a los muestreados.

El complejo de análisis de laboratorio a realizar incluyó determinaciones químicas, petrográfico, mineralógico, difracción de Rx, de elementos nocivos. También se evaluó la relación de los elementos nocivos en los lugares de toma de muestras a partir del mapa geofísico de los canales de uranio y torio y se validó el contenido de potasio por medio de análisis de microscopía electrónica y fluorescencia de Rx., este último ejecutado en el Laboratorio Central de Criminalística.

Finalmente, se establecieron las formulaciones para fertilizantes a partir de mezclas minerales que posibilitaron evaluar la respuesta del mineral como fuentes natural de potasio a una

escala controlada de maceta para su posterior paso a escalas más ampliadas en su valoración agronómica con cultivos indicadores y en etapas futuras de investigación.

Los materiales utilizados, el conjunto de análisis, las pruebas de uso y el procesamiento e integración de toda la información,

permitieron cumplimentar los objetivos propuestos.

Ubicación geográfica

El área de estudio se circunscribe a la faja vulcano-plutónica central del arco cretácico expuesto en la provincia de Camagüey como se muestra en la figura 1 (Vincent, 1996).

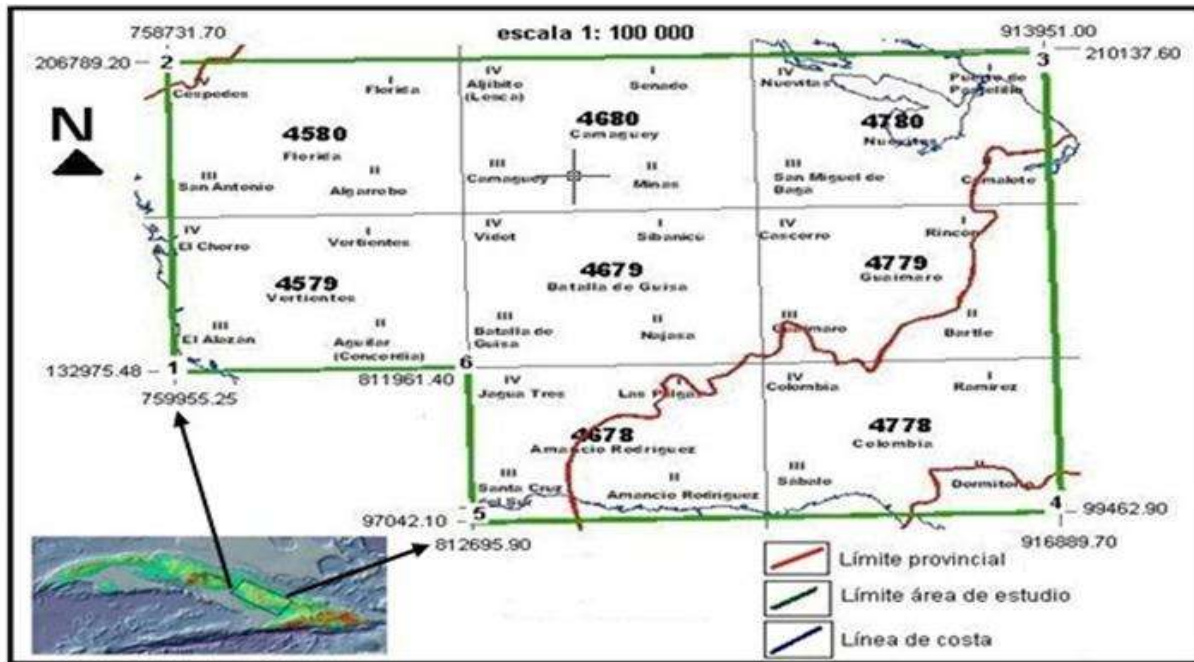


Figura 1. Esquema de ubicación del área de estudio

Geología

Geológicamente, el arco cretácico lo componen varias unidades litoestratigráficas. Las más perspectivas para el interés del presente trabajo son: Camujiro, Guáimaro, La Sierra, Martí y Piragua (Figura 2), que se asocian a las secuencias vulcanológico – sedimentarias, y aparecen

descritas en el Léxico Estratigráfico de Cuba (González García, 1994).

La tabla 1 resume dichas unidades, comenzando por las formaciones más antiguas dentro del complejo de rocas estudiado.

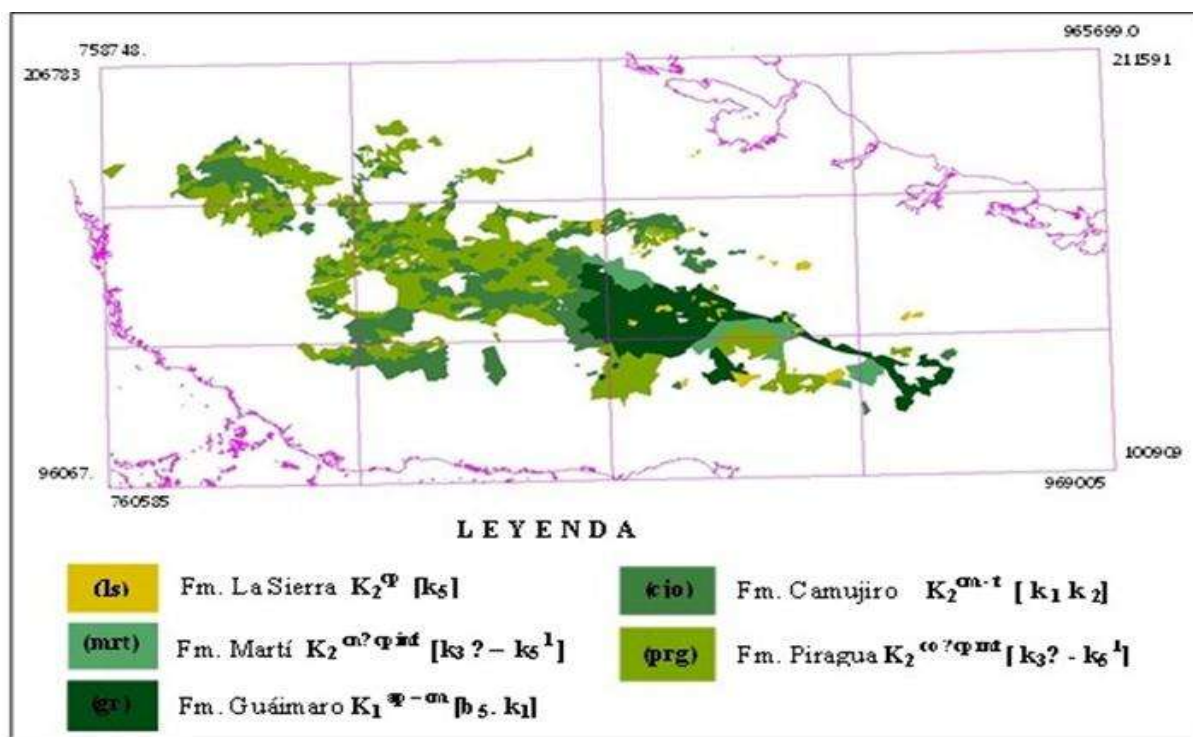


Figura 2. Esquema geológico con las unidades litoestratigráficas (Carbeny et al, 2005, versión digital Mondelo, 2011).

Trabajos de campo

Se ejecutaron un total de 6 itinerarios geólogos – geofísicos (Figura 3), a través de terraplenes, carreteras y caminos vecinales, describiendo y muestreando los afloramientos y realizando

mediciones por radiometría pedestre en el lugar de la toma de muestras asociadas a las formaciones geológicas de interés (Figura 2), sometidas a un complejo de métodos analíticos descritos previamente.

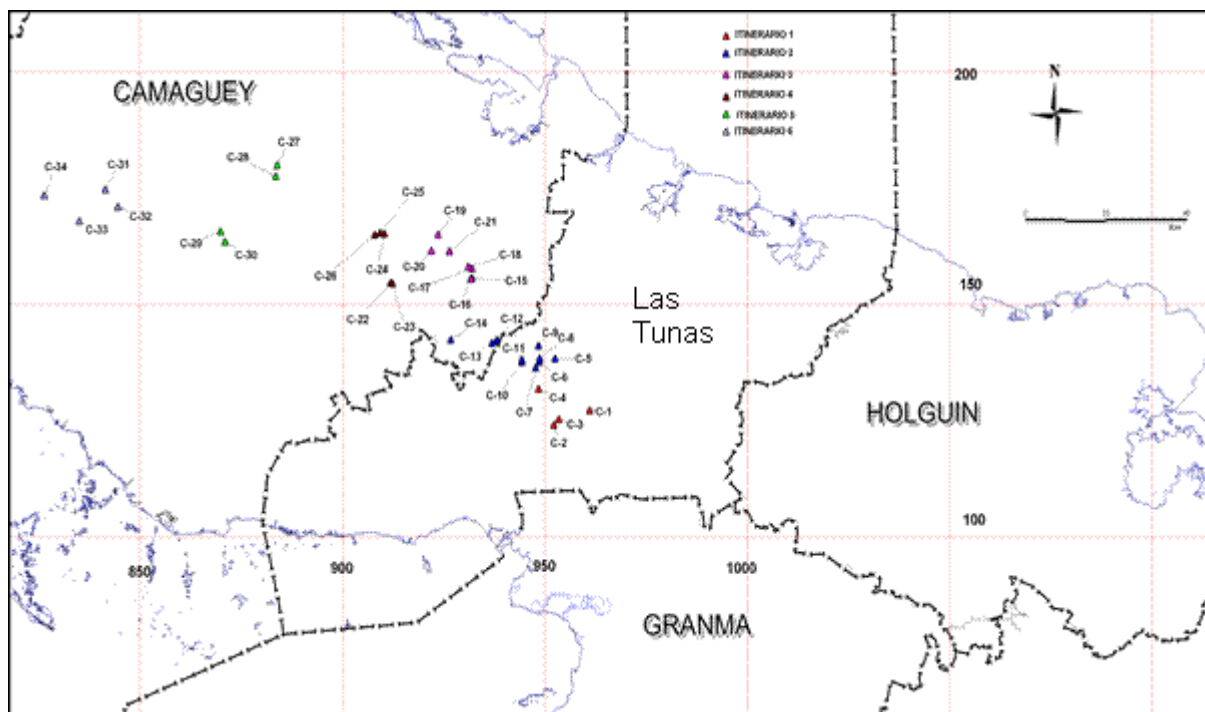


Figura 3. Esquema de ubicación de los puntos de campo.

Tabla 1. Descripción litológica de las formaciones geológicas de interés.

Formación	Ubicación geográfica	Litología
Guáimaro (gr) $K_1^{ap-cm} [b_5 - k_1]$	Provincias de Camagüey y Las Tunas.	Lavas, lavobrechas basálticas, traquiandesíticas, traquibasálticas, andesíticas; clastolavas basálticas. La alternancia de flujos y mantos de lavas, en algunos casos, se separan por cuerpos finos de rocas piroclásticas de poca potencia, como tobas aglomeráticas. Incluye, además, finos lentes de conglomerados y calizas grises.
Camujiro (cjo) $K_2^{cm-t} [k_1 k_2]$	En las regiones de Vertientes, Cascorro, Camagüey, San Antonio y Vidot, provincia de Camagüey.	Lavobrechas, lavas, clastolavas, tobas, tobas aglomeráticas de composición andesítica y andesitobasáltica, calizas arenosas y detríticas. Tanto los fragmentos, como la roca total, presentan alteraciones entre las que cabe mencionar la edad de los minerales arcilloso-hidromicáceos.
Piragua (prg) $K_2^{co? cp inf} [k_3? - k_5^1]$	En las regiones de Aljibito, Camagüey, Cascorro, Florida, Minas y Vidot, provincia de Camagüey	Rocas volcánicas de composición medio-ácida, raramente básicas, con clara tendencia calcoalcalina. El corte de esta unidad ha sido dividido en tres partes: - Inferior: Brechas, conglomerados basales, conglomerados tobáceos, argilitas y gravelitas vulcanomícticas, areniscas tobáceas, tufitas y tobas. - Media: Calizas grises, impuras, fosilíferas, intercaladas con tobas y tufitas bien estratificadas. - Superior: Secuencia bien estratificada de tobas vitro clásticas, vitrocristaloclásticas, cristaloclásticas, litoclásticas (aleurolíticas - psamo - psefíticas) y tufitas psamíticas y sus lavas andesíticas, andesítico-basálticas, andesito - dacíticas.
La Sierra (ls) $K_2^{cp} [k_5]$	Desarrollo muy limitado en la provincia de Camagüey.	Lavas y lavobrechas, fluidales, riolíticas, riódacíticas y dacíticas, calcoalcalinas con tendencias alcalino-potásicas.
Martí (mrt) $K_2^{cn? cp inf} [k_3? - k_5^1]$	Tiene un desarrollo local y limitado, característica únicamente de la estructura volcanotectónica Martí.	Colada de lavas subáreas y alternancia irregular de rocas piroclásticas, vulcanógeno-sedimentarias y sedimentarias.

Resultados y discusión

Análisis químico

Para las rocas traquíticas, y de acuerdo con la experiencia acumulada en la literatura de que esta materia prima se caracteriza por presentar elevados contenidos de potasio y en investigaciones realizadas previamente sobre la evaluación de otro tipo de materia prima para tales fines donde se obtuvieron resultados favorables, se consideró un valor mínimo permisible de 4.0% de K_2O , a partir del cual se estima como valor útil para ser utilizado como fuente de potasio para los fertilizantes

órgano-naturales de liberación lenta. Inferior a este valor, desde 1.32 %, se consideró para las tobas enriquecidas en potasio, estudiadas previamente.

En la tabla 2 se muestran los valores de potasio, relacionados a muestras de trabajos pretéritos y actuales, y donde se cumple la condición estimada para dicho parámetro y su vinculación con las unidades litoestratigráficas, lo cual pudiera ser objeto de futuras investigaciones relacionadas con la temática, en áreas de interés donde se encuentre localizada la materia prima.

Tabla 2. Resultados de análisis químicos y descripción de las muestras analizadas.

Muestra	Nombre	Formación	K_2O (%)	Autor
55568	Traquibasalto (lavobrecha)	Contramaestre	3.9	Zelepuguin V.
55586-1	Traquiandesita (traquita)	Contramaestre	4.82	Zelepuguin V.
28231	Lavobrecha traquiandesita	Camujiro	4.2	Zimmermann A.
11359	Traquiandesita basalto	Camujiro	5.04	Kolb U., Piñero E.
55610	Traqui-riolita	La Sierra	4.95	Zelepuguin V.
55617	Traqui-riolita	La Sierra	9.31	Zelepuguin V.
56084	Traquiandesita	La Sierra	3.8	Zelepuguin V.
56084-1	Traqui-riolita	La Sierra	4.43	Zelepuguin V.
56086	Traqui-riolita	La Sierra	4.25	Zelepuguin V.
150179	Lavobrecha traquidacítica	Piragua	3.97	Iturralde M.
602151	Traquita	Camujiro	6.2	Piñero E.
601617	Traquiandesita	Camujiro	4.66	Piñero E.
602789	Lavobrecha traquiandesit.	Camujiro	4.65	Piñero E.
602492	Traquiandesito-basalto	Camujiro	4.65	Piñero E.
601959	Traquiandesito-basalto	Camujiro	4.5	Piñero E.
602135	Traquiandesita	Camujiro	9.55	Piñero E.
602652	Traquibasalto	Camujiro	4.84	Piñero E.
JH-138-A	Traquita	Camujiro	6.92	-
KN-942-B	Traquiandesita	Camujiro	5.68	-
KN-942-D	Traquiandesita	Camujiro	6	-
KN-967-A	Traquita	Camujiro	11.6	-
RR-1207-A	Traquita	Camujiro	9.2	-
LI-152-A	Traquita	Camujiro	10.8	-
LI-150-B	Traquiandesita	Camujiro	5.3	-
PM-1566-B	Traquidacita	Camujiro	5.2	-
EP-1638-A	Lava traquidacítica	Piragua	4.16	-
PM-15132-A	Traquidacita	Piragua	4.94	-
C3-8731 E	Traquiriolita	Caobilla	4.42	-

C10-543	Traquita	Contramaestre	8.47	Tchounev D.
169	Traquiandesita	Contramaestre	4.65	Tchounev D.
257	Traquidacita	Contramaestre	5.6	Echevarria B.
261	Traquiandesita	Contramaestre	4.3	Echevarria B.
300 A	Traquita	Contramaestre	6.9	Echevarria B.
302 C	Traquiandesita	Contramaestre	4.1	Echevarria B.
C-9	Traquiandesita	Guáimaro	8.20	González V.
Zc-31	Traquiandesita	Guáimaro	11.31	-
C-10482	Traquiriodacita	Guáimaro	6.35	-
56074	Traquiandesita	Guáimaro	3.98	-
56073	Traquidacita	Guáimaro	5.61	-
C-6	Basalto amigdaloidal (traquibasalto por AQ)	Martí	736	González V.
C-8	Basalto amigdaloidal (traquiandesita por AQ)	Martí	5.46	González V.
C-10	Basalto amigdaloidal	Martí	5.52	González V.
Zc-30	Traquiriolita	Martí	5.62	-
55464	Traquibasalto	Martí	6.95	González V.
56116-2	Traquibasalto	Martí	4.12	González V.
367/86	Traquibasalto	Martí	4.51	-
C-16	Andesita (traquita alcalina por AQ)	Camujiro	9.32	González V.
55586	Traquiandesita (traquita)	Camujiro	5.27	-
C-2	Andesita basalto (andesita por AQ)	Piragua	4.68	González V.
C-3	Andesita basalto (traquiandesitas por AQ)	Piragua	4.45	González V.
C-13	Andesita sericitizada (traquidacita por AQ)	La Sierra	6.71	González V.
C-24	Riolita	La Sierra	4.83	González V.
C-26	Riolita	La Sierra	8.17	González V.
56092	Traquiandesita	La Sierra	5.39	-
55454-1	Traquiandesita	La Sierra	8.8	-
Zc-7	Traquiandesita	La Sierra	6.93	-

Radiometría pedestre

Se realizaron mediciones radiométricas pedestres en varios de los puntos posibles perspectivas, obteniéndose valores que fluctúan entre 2 y 16 $\mu\text{r/h}$ (Tabla 3).

Al correlacionar los valores procedentes de la lectura de la radiometría pedestre en ($\mu\text{r/h}$) con los contenidos de potasio determinado por análisis químicos (Tabla 3), se asocia para las rocas

traquíticas que cuando el potasio es inferior a 4%, la radiometría varía de 2-9 ($\mu\text{r/h}$), esto es considerado un dato discriminante en la evaluación de dicha materia prima. Los resultados de este parámetro para otras litologías presentes en el área investigada como son las tobas y que fueron objeto en investigaciones previas muestran que cuando los valores de potasio son superiores a 1.4%, la radiometría fluctúa entre 5-8 $\mu\text{r/h}$. Esto permite definir la vinculación de los datos determinado de

ambos parámetros (químicos y radiometría) de acuerdo al tipo de litología.

Tabla 3. Valores radiométricos pedestres medidos en los puntos de muestreo.

Nombre por petrografía	Radiometría ($\mu\text{r/h}$)	K ₂ O (%)
Basalto (andesito basalto alcalino por AQ)	7	3,6
andesito basalto	10	4,68
andesito basalto (traquiandesita por AQ)	10	4,45
toba soldada (ignimbrita)	8	4,17
roca clinopiroxeno granatífera	5	0,71
basalto amigdaloidal	10	7,36
basalto amigdaloidal	5	2,31
basalto amigdaloidal (traquiandesita por AQ)	11	5,46
andesita sericitizada (traquiandesita por AQ)	15	8,18
basalto amigdaloidal	8	5,52
grainstone	4	1,16
toba litocristalovítrea	10	4,07
andesita sericitizada (traquidacita por AQ)	15	6,71
toba vitrocrystalolítica	14	1,47
andesita (traquita alcalina por AQ)	12	9,32
riolita (pantelerita por AQ, sinónimo de riolita alcalina)	8	3,1
roca carbonato cuarzo feldespática	5	1,29
riolita	12	4,83
andesita	10	3,29
riolita (pantelerita por AQ, sinónimo de riolita)	16	8,17
toba vitrocrystalolítica media a ácida	5	1,51
andesita	9	3,59
andesita	6	3,08

Con el fin de ilustrar la relación entre ambas variables, se observa en la figura 4, un comportamiento o relación directamente lineal entre la lectura de la radiometría pedestre y los contenidos de potasio donde a partir de 4 $\mu\text{r/h}$, como valor mínimo permisible para este parámetro,

empieza a aparecer el contenido de potasio mínimo útil (1.32%) (Círculo en rojo), para las tobas, establecido en investigaciones previas y para las de la formación Piragua, lo cual valida la relación determinada.

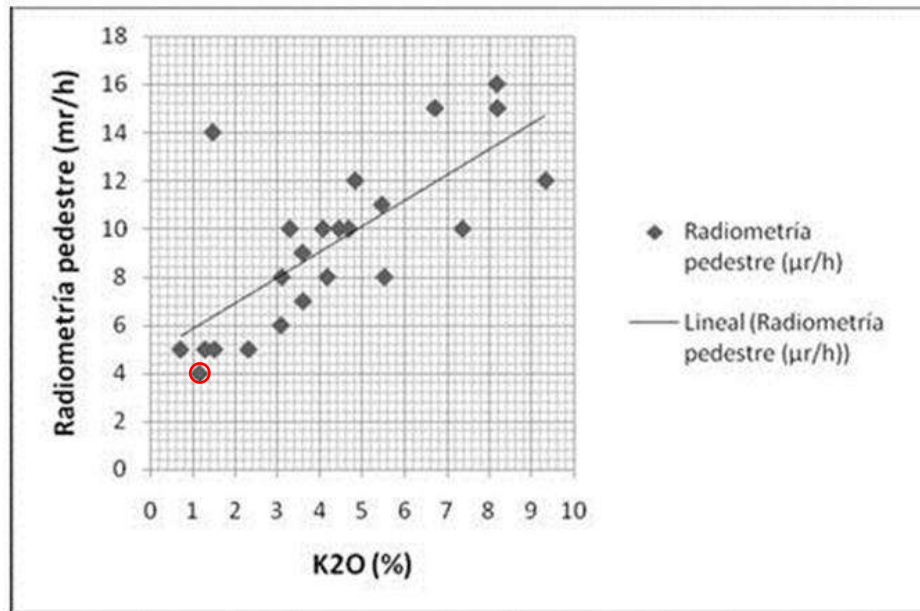


Figura 4. Comparación entre el valor de K₂O (%) determinado por análisis químico de algunas de las muestras y las lecturas de la radiometría pedestre (μr/h) medida en el campo para ambas litologías.

Consideraciones generales sobre los resultados de análisis químicos y petrográficos

Del análisis vinculado entre las propiedades químicas respecto al contenido de potasio y petrográficas, se puede inferir que las litologías descritas (traquiandesitas, traquibasalto, traquiandesita-basalto, riolitas, andesitas, basalto, andesita-basalto, traquidacita, traquiriodacita, traquiriolita) son rocas con un contenido de álcalis entre 5-11%, teniendo una marcada tendencia a la serie potásica principalmente por lo que normalmente deben presentar un alto contenido de potasio, corroborado en los resultados obtenidos donde llegan hasta 11.6%.

Según las descripciones petrográficas y los análisis de Rx, el valor sobre el contenido de potasio obtenido de los análisis químicos es mayor en aquellas muestras donde están presentes fenocristales de feldespato del tipo ortoclasa, alteraciones de sericita y, ocasionalmente, aparece la biotita (ejemplos en Figura 5). Éstos pueden constituir los principales portadores del potasio, lo que demuestra que la fuente de potasio en la región de estudio proviene tanto de minerales primarios como de minerales por alteración donde estos últimos están asociados por cercanía, a las zonas de intrusión de los granitoides.

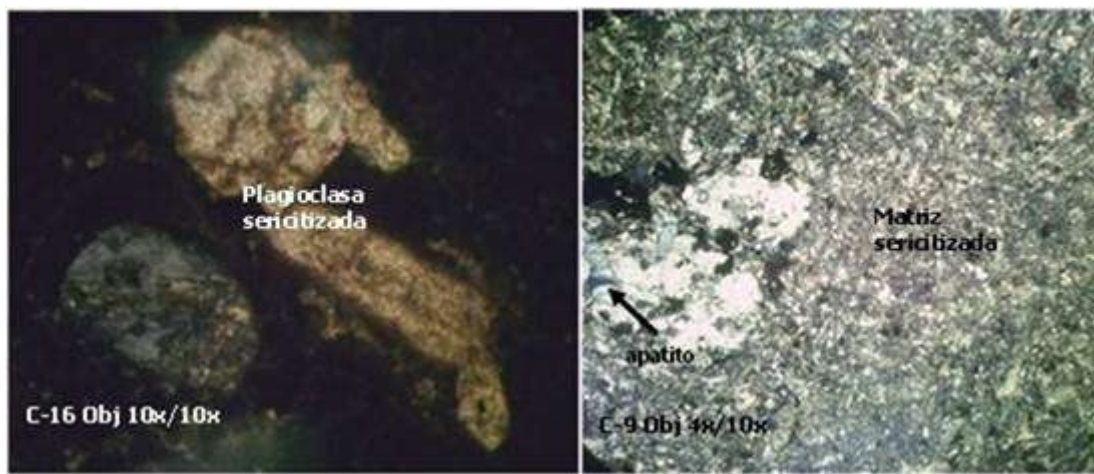


Figura 5. Fotos al microscopio de las muestras analizadas mostrando minerales presentes.

Análisis mineralógico

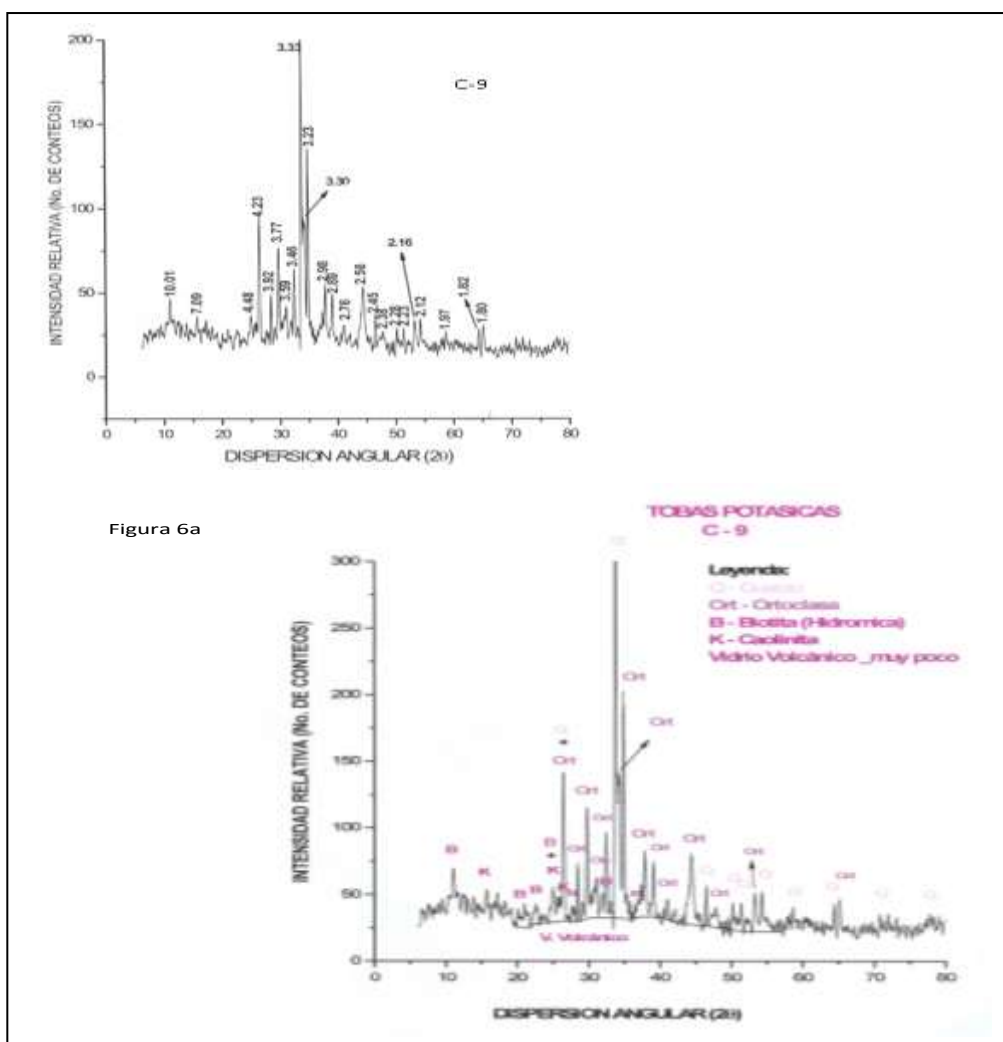
Según el análisis mineralógico efectuado a varias muestras distribuidas entre las formaciones geológicas de interés, se determinó que el mineral portador de potasio empieza a aparecer en la fracción <0.2 mm. La presencia de fenocristales de ortoclasa como feldespato potásico y de sericita, además de biotita, son los principales influyentes sobre el contenido de potasio.

Análisis de Fase (Rx)

El análisis se realizó por el método de polvos difractométrico de Difracción de Rayos-X. De la interpretación de las muestras analizadas se concluyó que presentan las siguientes asociaciones

de minerales de arcilla: (1) contenidos significativos de arcilla del grupo de las micas hidratadas (biotita), (2) poca esmectita del tipo montmorillonita y (3) caolinita en menos proporción (Figura 6). Además, se constató como aspecto de interés que el elemento portador del potasio lo constituyó el feldespato (ortoclasa) y la arcilla biotita.

En la composición sustancial de las muestras analizadas se identificaron minerales de plagioclasa del tipo albita y cuarzo. Presencia de una zeolita, no muy común en los yacimientos cubanos de zeolitas, conocidos con el nombre mineralógico de natrolita, acompañados de poca cantidad de vidrio volcánico, constituyendo la fase principal de naturaleza amorfa presente en los materiales vítreos



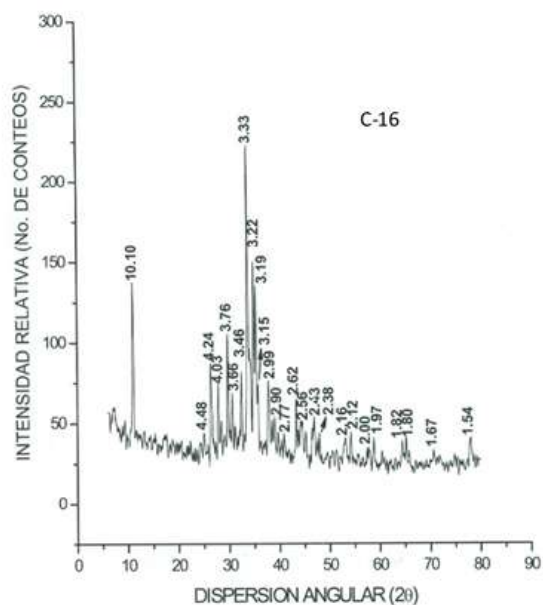
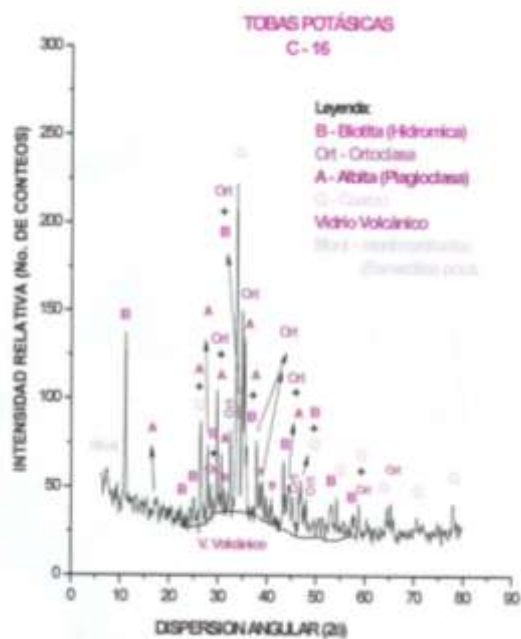


Figura 6b



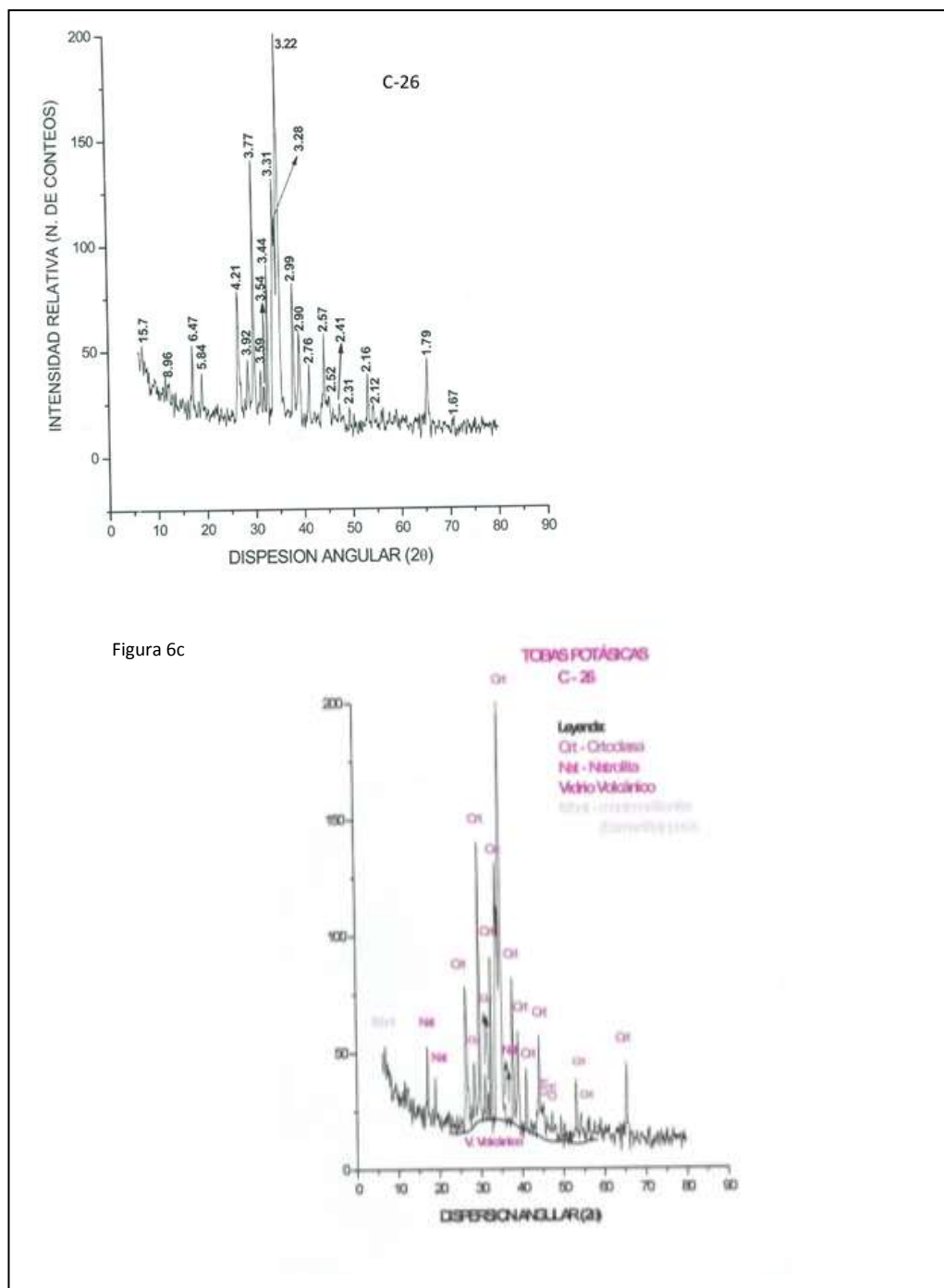


Figura 6. Difractogramas de las muestras analizadas. En los máximos de difracción se señalan las distancias interplanares de cada uno.

Influencia de los elementos nocivos

Para la determinación de la posible influencia de los elementos nocivos, se emplearon los mapas geofísicos de los canales de torio (figura 7) y uranio (figura 8) (Mondelo *et al.*, 2011), con el propósito de discriminar la posible relación o no de anomalías de estos minerales radioactivos en los puntos de muestreo, principalmente en aquellas a ser utilizadas en las pruebas de uso, y su influencia en el crecimiento de los cultivos. Con el ploteo de las muestras en dichos mapas y a partir de un análisis visual, se corroboró la **no** coincidencia de valores anómalos de estos elementos con las muestras tomadas, fundamentalmente con aquellas a ser empleadas en la preparación de las formulaciones para los cultivos, solo en muy pocas muestras y

para ambos canales coinciden con el valor de 2ppm y muy aisladamente para 4 ppm.

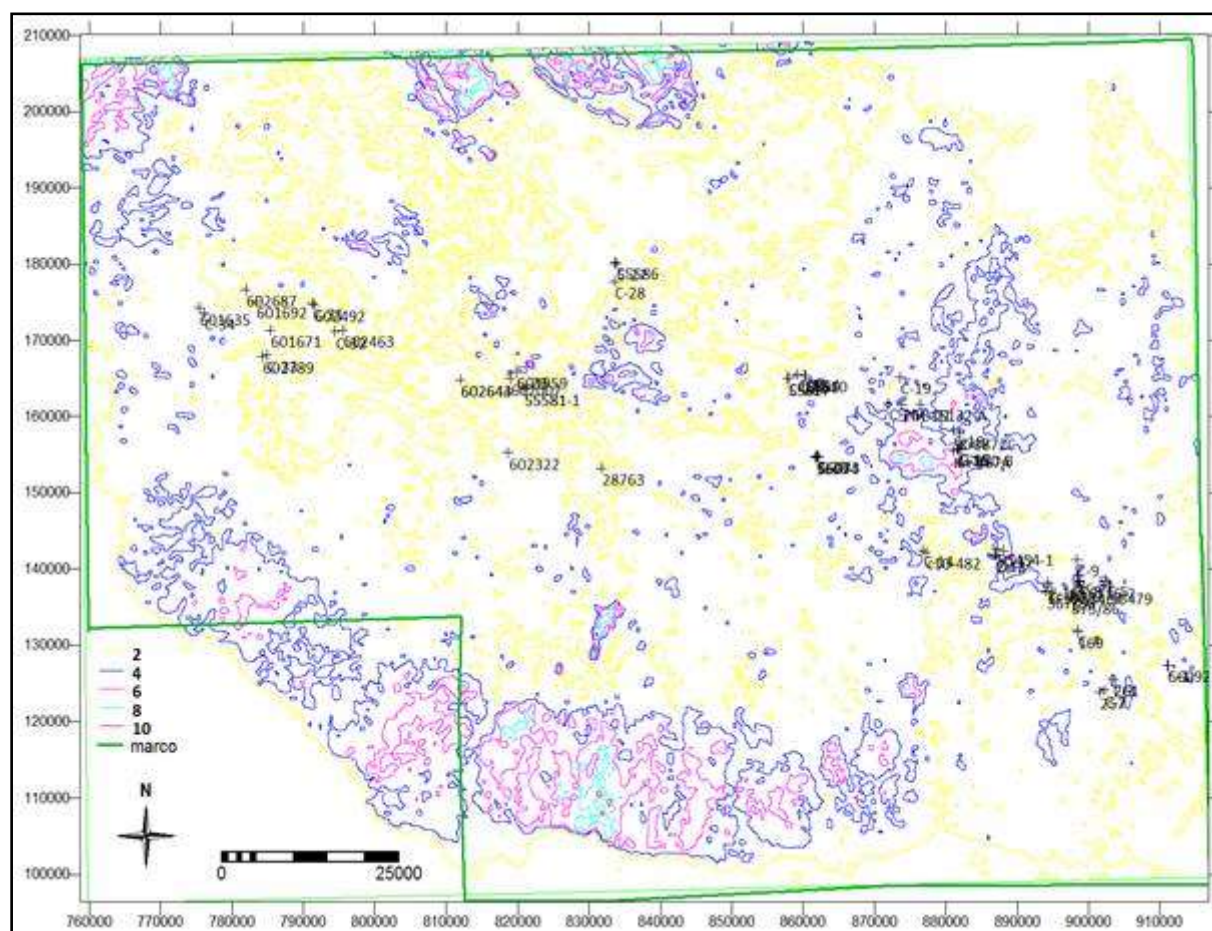


Figura 7. Mapa del canal de torio con los puntos plateados.

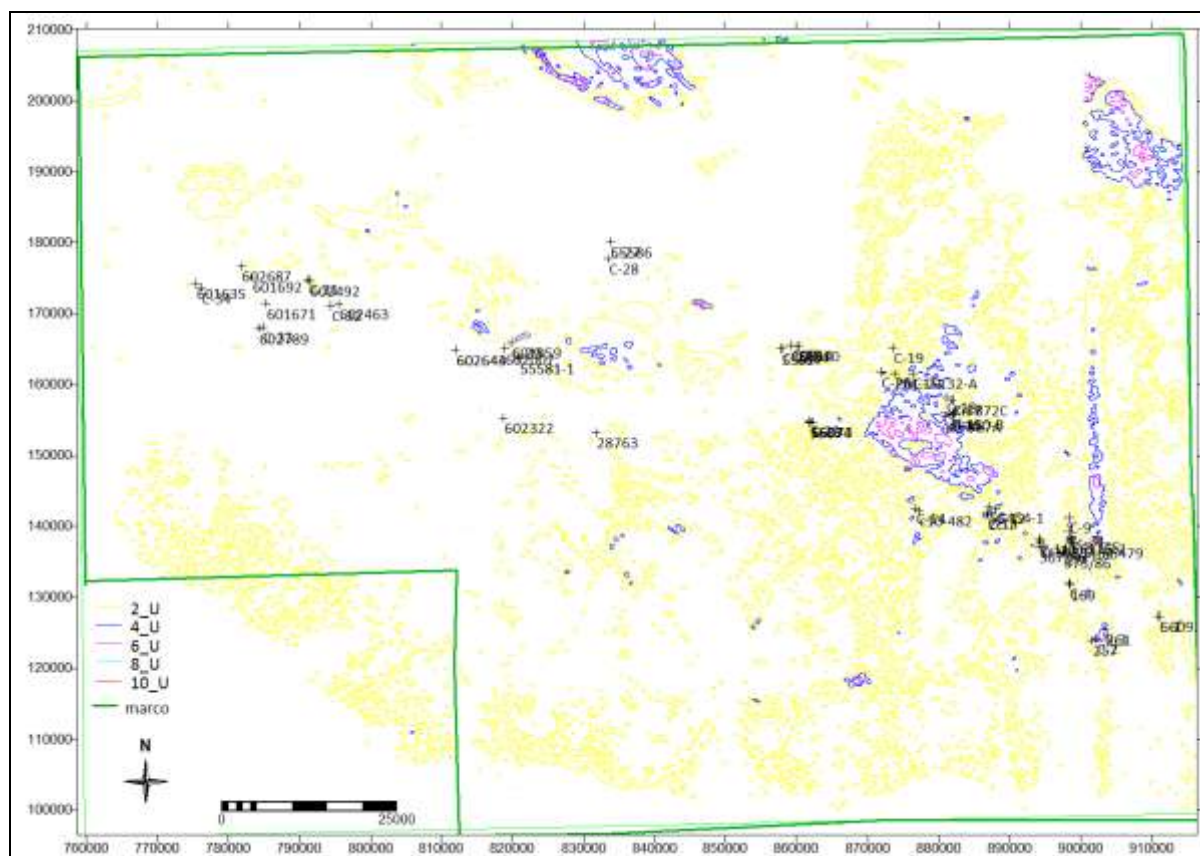


Figura 8. Mapa del canal de uranio con los puntos plotados.

Pruebas de uso

Las muestras evaluadas para la prueba de uso (figura 9) se definieron en aquella que presentaron los valores más altos del contenido de potasio y de radiometría (superiores a 4 $\mu\text{r/h.}$), de los puntos de campo así como de aquellos tomados de referencia de los trabajos pretéritos. Se caracterizaron

previamente desde el punto de vista químico, petrográfico y mineralógico como se describen en la tabla 4, posteriormente se prepararon diversas formulaciones que fueron aplicadas a cultivos de maíz y sorgo, como indicadores, y a col china, sembrados en canteros orgánicos.



Figura 9. Fotos de las muestras evaluadas para las pruebas de uso

Tabla 4. Descripción y caracterización de las muestras utilizadas en la preparación de las formulaciones para los fertilizantes órgano-minerales.

No. Mtra.	Pto. referencia	Coordenadas Cuba Norte		Descripción	Nombre por petrografía	K ₂ O (%) (trabajos previos)	K ₂ O (%) (análisis actual)	Radiometría pedestre (μr/h)	Fm. Geológica
		X	Y						
C- 9	Z-C-31	898437, 13	141178, 00	Traquita-Andesita-Basalto	Traquiandesita (traquiandesita por AQ)	11.31	8.18	15	Guáimaro
C- 16	Kn 967-A	881735, 91	155592, 09	Andesita	Andesita (traquita alcalina por AQ)	11.6	9.32	12	Camujiro
C- 26	55617	858002, 21	164968, 40	Riolita	Riolita	9.31	8.17	16	La Sierra

Las pruebas de uso se realizaron en macetas de viveros en los municipios La Lisa (cultivo de maíz) y el Cotorro (cultivo de sorgo), además

de la col china. Este último cultivo fue plantado directamente en el cantero como se aprecia en la Figura 10.



Experimentos con Maíz
(Lisa)



Experimentos con Sorgo
(Cotorro)



Col china

Figura 10. Fotos de los cultivos ensayados

En los experimentos realizados se obtuvieron resultados altamente satisfactorios, destacándose los de la muestras C-16, la cual, a partir del desarrollo foliar y radicular logrado, es la que presenta mejor respuesta agronómica y en la solubilización del potasio (0.17 Meq/100g) en el tiempo. Las diferencias mostradas en los parámetros básicos analizados se relacionan con la composición petrográfico-mineralógica y química de las muestras.

Validación del contenido de potasio

Con el propósito de validar el valor del contenido de potasio determinado por análisis químico principalmente en las muestras empleadas en las pruebas de uso por ser las de mayor valor y donde están certeramente presentes los posibles minerales portadores del potasio, como se aprecia en la figura 11, así como determinar la presencia y concentración de los elementos principales, se procedió a su determinación con el empleo de los métodos de microscopía electrónica de Rx y fluorescencia de Rx.

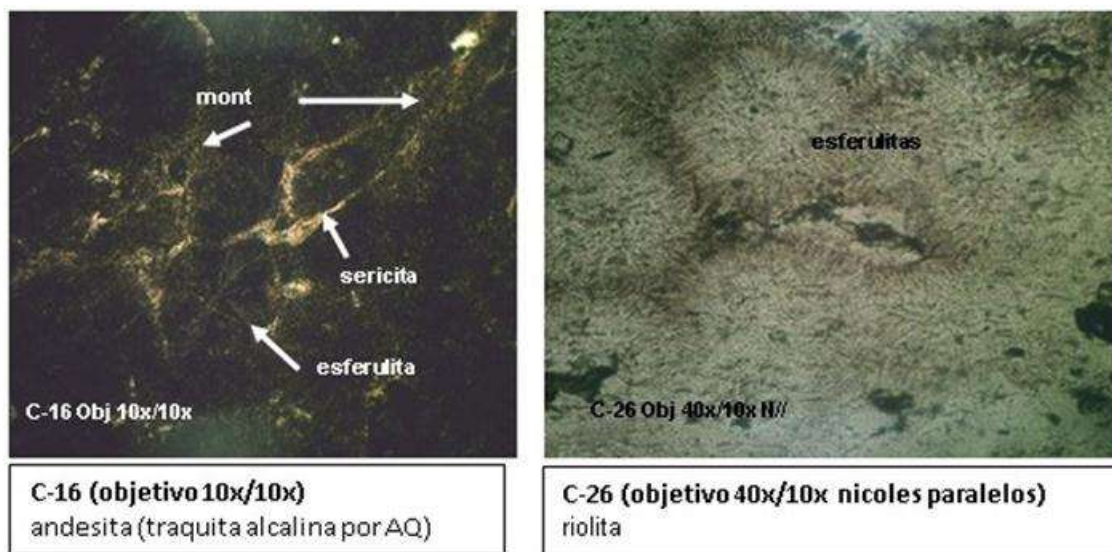


Figura 11. Fotos provenientes de secciones delgadas que muestran los minerales analizados en cada muestra,

Del por ciento de concentración de la composición elemental, tanto en la Tabla 5 como en los espectros obtenidos según los análisis de Microscopía electrónica de barrido de Rx (Figura 12- (a-muestra C-9, b-muestra C-16 y c-muestra C-26)), se aprecia que la muestra C-16 es la que presenta un mayor

contenido de potasio (K_2O), lo que corrobora los resultados obtenidos con respecto a su caracterización química. A su vez, esta muestra valida un mayor crecimiento en las pruebas de uso, a la que siguen en orden de prioridad las muestras 26 y 9.

Tabla 5. Por ciento de concentración de los principales elementos.

Spectrum Label	C	N	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Fe	Cu	Zn	Total
C 9	43,56	-	34,22	0,39	0,23	4,77	11,03	-	2,2	0,62	-	0,93	1,3	0,75	100
C 9 a	25,1	-	46,18	0,36	0,6	6,47	11,74	-	2,96	4,14	-	2,45	-	-	100
C 9 b	19,43	4,78	46,18	0,17	0,36	5,71	11,75	2,73	3,22	4,77	-	0,88	-	-	100
C 16	24,98	-	42,79	0,38	0,55	5,78	16,2	0,27	6,11	0,42	-	2,17	-	-	100
C 16 a	7,94	-	49,25	0,42	1,15	7,74	22,16	0,33	7,83	0,6	0,61	1,98	-	-	100
C 16 b	16,06	-	46,47	0,75	1,06	7,23	18,68	0,17	6,81	0,62	0,41	1,74	-	-	100
C 26	29,79	-	42	1,17	0,07	4,96	16,93	-	4,84	-	-	0,23	-	-	100
C 26 a	37	-	37,99	0,9	0,1	4,18	14,37	-	4,61	-	0,24	-	0,61	-	100
C 26 b	45,69	-	38,55	0,71	-	3,07	9,53	-	2,36	-	0,09	-	-	-	100
Máximo	45,69	4,78	49,25	1,17	1,15	7,74	22,16	2,73	7,83	4,77	0,61	2,45	1,3	0,75	-
Mínimo	7,94	4,78	34,22	0,17	0,07	3,07	9,53	0,17	2,2	0,42	0,09	0,23	0,61	0,75	-

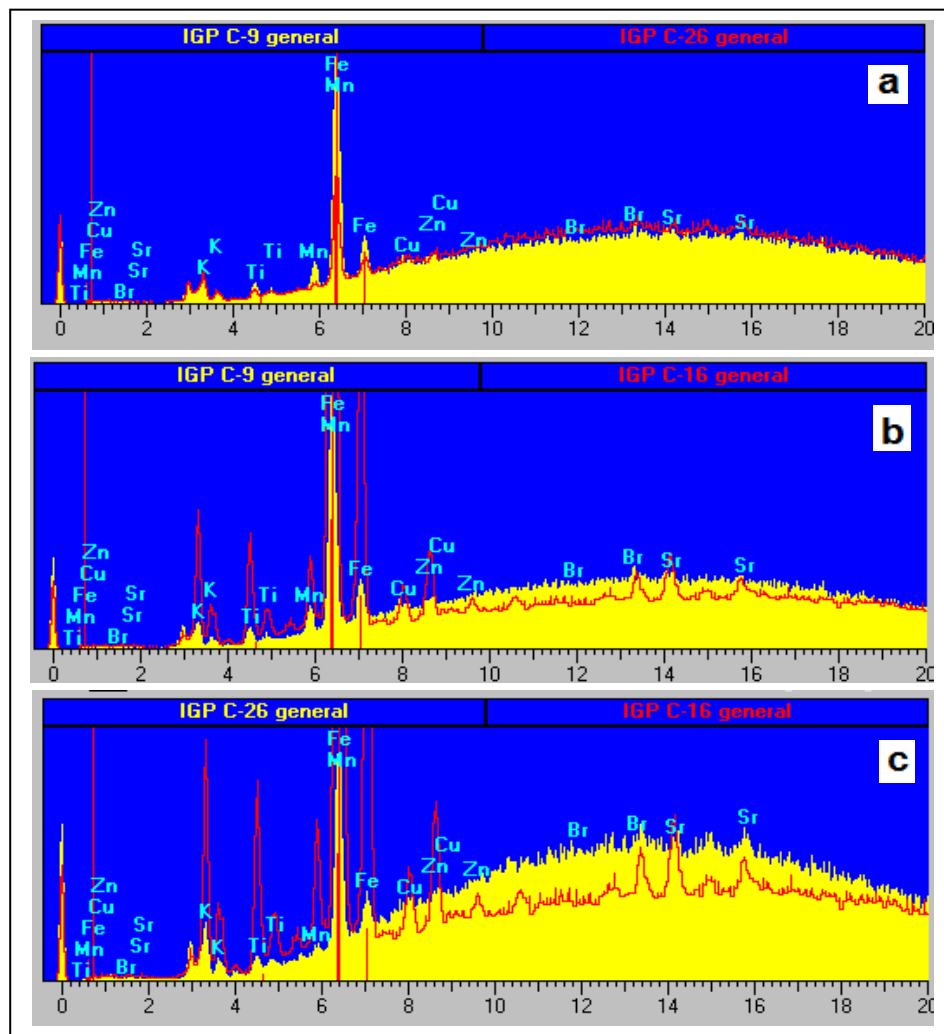
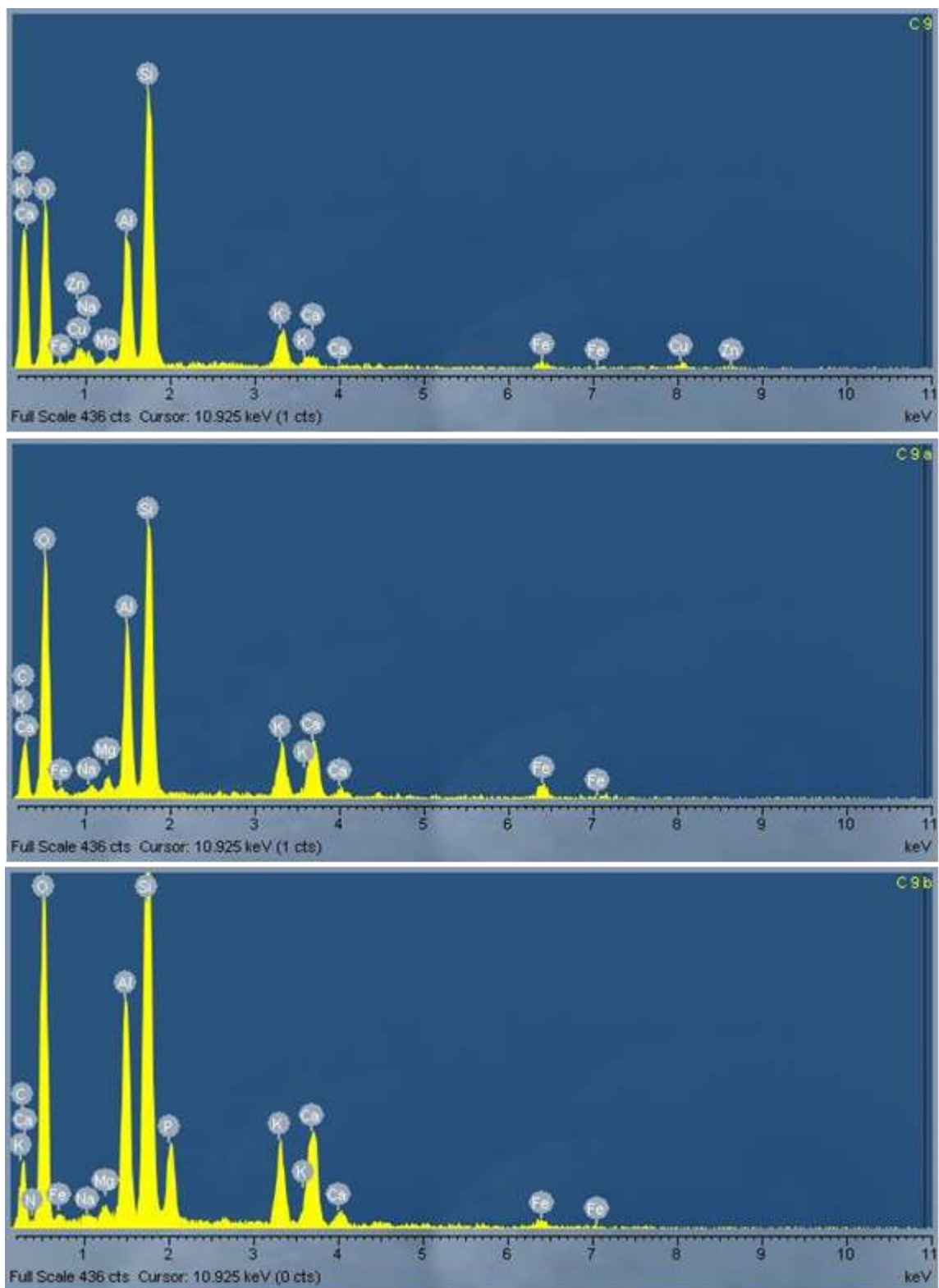
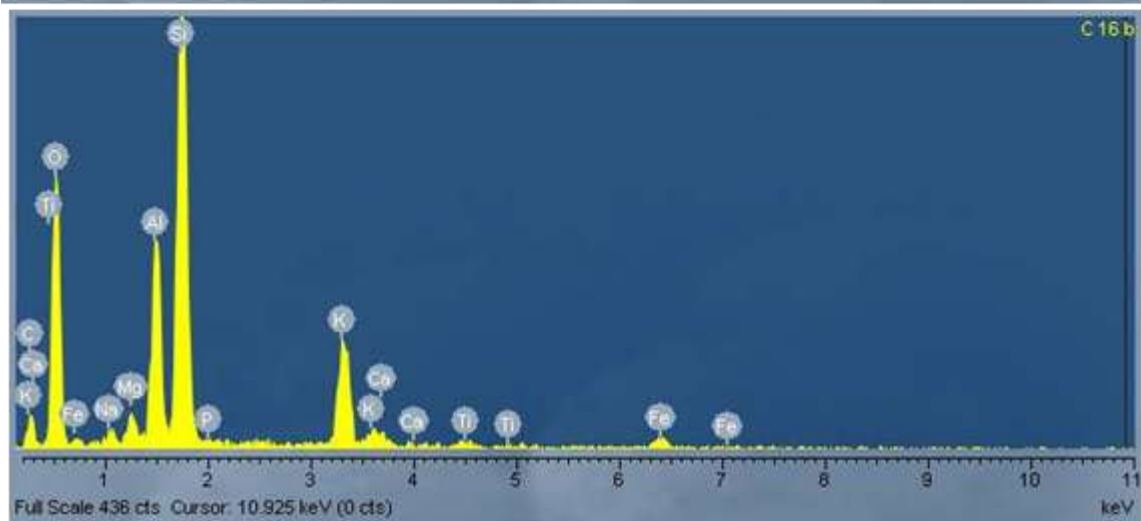
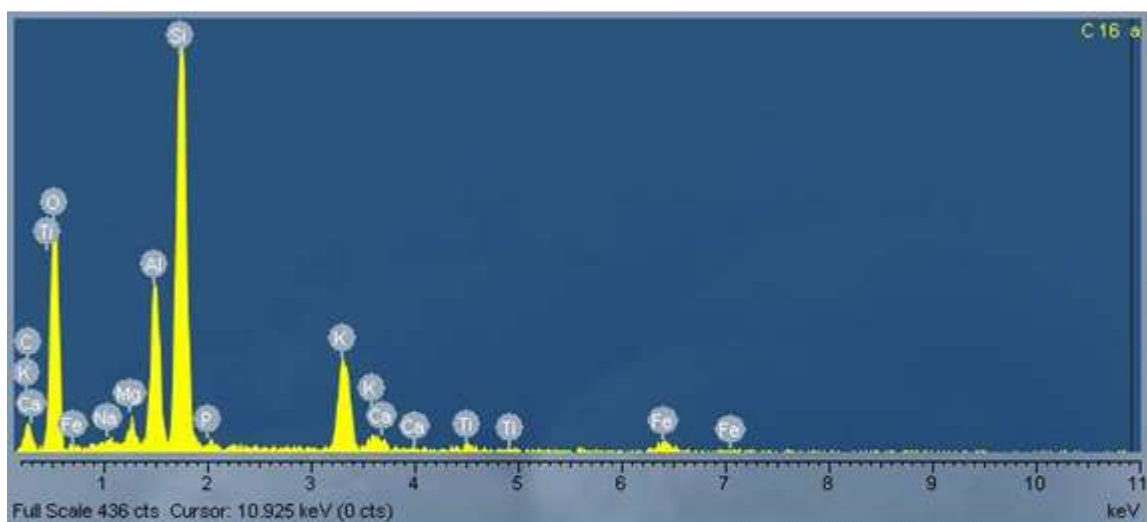
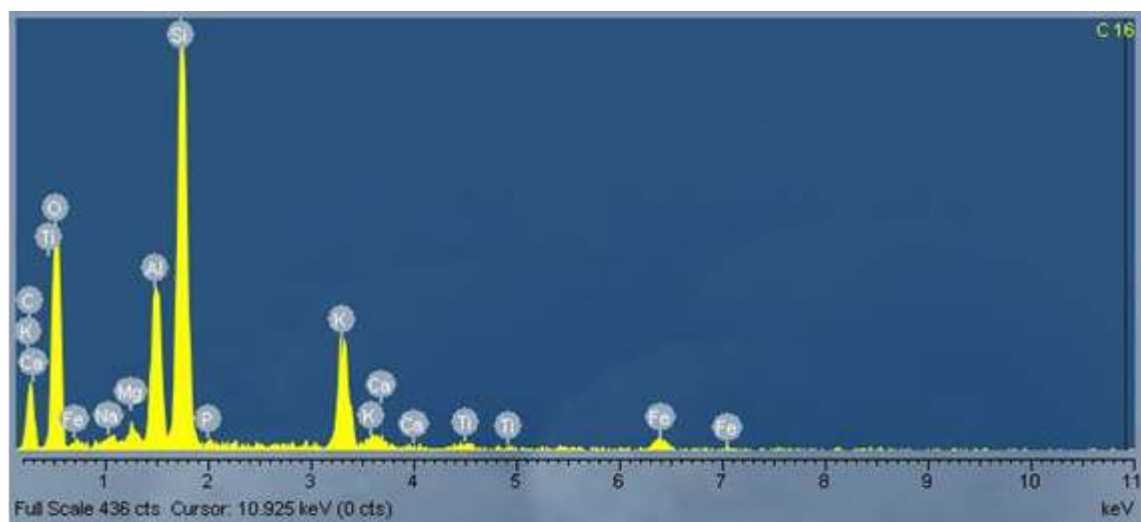


Figura 12. Figura 12 (a, b, c). Espectros de concentración de los principales componentes obtenidos por Microscopía electrónica de barrido de Rx.

De los espectros obtenidos por el método de fluorescencia de Rx a partir de varias mediciones realizadas a las muestras y como se observa en la figura 13 (a-muestra C-9, b-muestra C-16 y c-muestra C-26) para cada una de las muestras, lo picos más altos resaltan la presencia de los principales componentes

analizados y su concentración en varias de las mediciones realizadas, donde se validan los resultados obtenidos de los análisis químicos y se ratifica la existencia y contenido elevado del elemento en las muestras según lo descrito en la tabla 5.





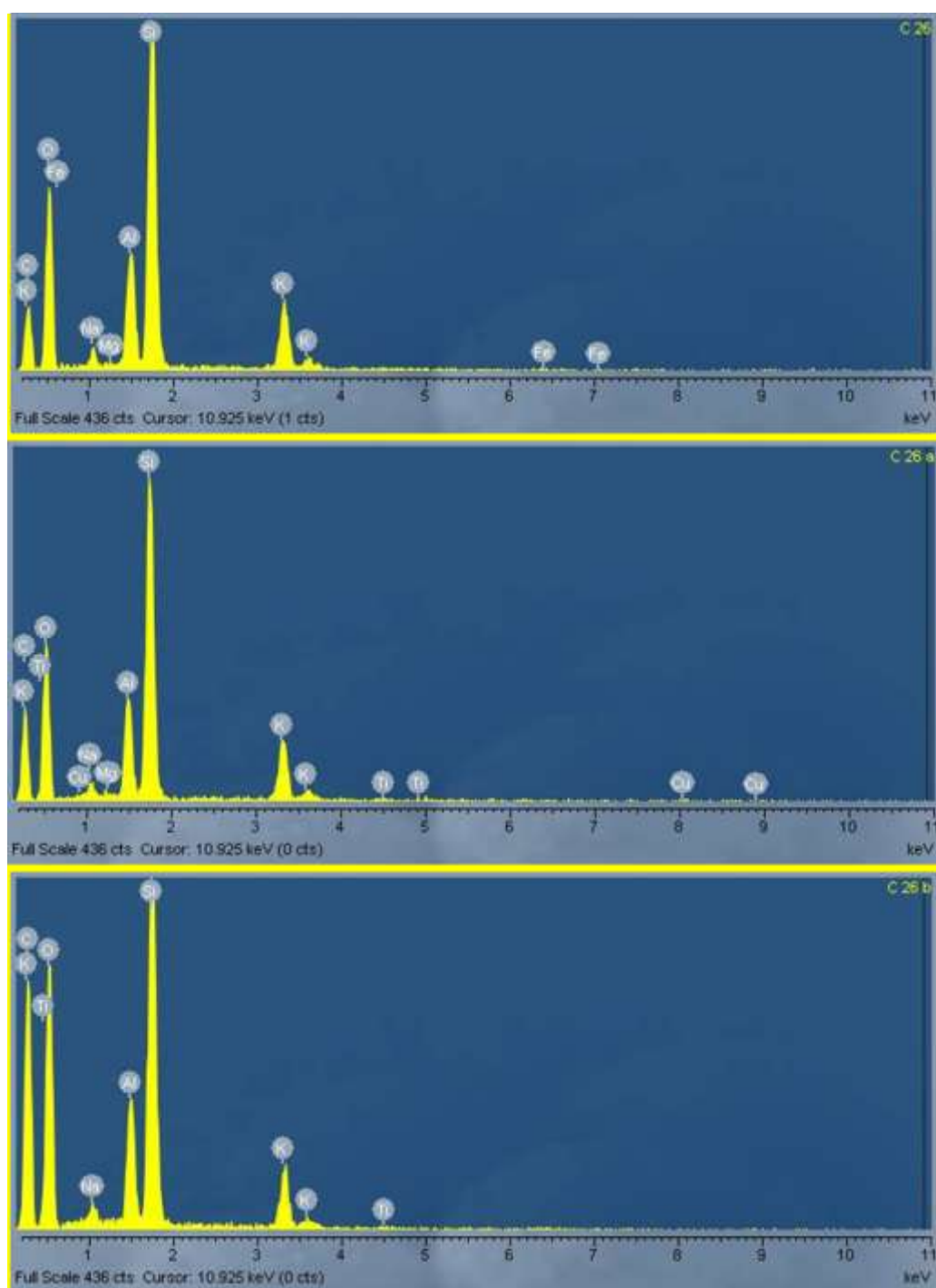


Figura 13-a-b-c. Espectros de concentración de los principales componentes obtenidos por Fluorescencia de Rx.

CONCLUSIONES

1. Se constata, por primera vez en Cuba, la presencia de un nuevo tipo de materia prima mineral útil como fuente de potasio para los fertilizantes órgano-minerales de liberación lenta, localizada en la región del Arco Volcánico Cretácico de Camagüey. Es importante resaltar el mayor contenido de K_2O (%) encontrado en estas rocas en comparación con el de las tobas estudiadas previamente en otras regiones de Cuba.
2. Tecnológicamente dichas litologías presentan una alta dureza, cuestión importante a tener en cuenta en su proceso de beneficio.
3. Se determinaron altos contenidos de potasio en traquiandesitas, traquibasalto, traquiandesita-basalto, riolitas, andesitas, basalto, andesita-basalto, traquidacita, traquiriodacita, traquiriolita, y tobas, arrojando resultados muy positivos en las

pruebas de uso las traquiandesitas (muestra C-9 K_2O 8.13%), andesita (muestra C-16 K_2O 9.33%) y riolita (muestra C-26 K_2O 8.14%).

4. Las fuentes de potasio evaluadas para fertilizantes naturales pertenecen a las rocas vulcanógeno-sedimentarias del Arco Cretácico, asociadas a las litologías estudiadas de las Formaciones Guáimaro, Camujiro, Martí, La Sierra y Piragua.
5. Como minerales portadores de potasio se determinaron, principalmente, la ortoclasa como feldespatos potásicos, la sericita y la biotita.
6. El análisis mineralógico mostró que el mineral portador de potasio se encuentra en la fracción <0.2 mm.
7. Los sectores más perspectivas se ubican en orden de prioridad en la zona OESTE, CENTRO y ESTE del arco volcánico de la región siendo esta última la de mayor interés para futuros estudios.

BIBLIOGRAFIA

- Batista González, R.; Sosa Sayas, R. D.; García Saborit, M. A.; González, E. y otros. 2000. INFOYAC. Sistema Informativo para Los Recursos Minerales de Cuba. La Habana, Cuba: Instituto de Geología y Paleontología (IGP).
- Belmustakov y otros. 1981. Informe del levantamiento geológico de las provincias Ciego de Ávila, Camagüey y Oeste de Las Tunas, a escala 1:250 000 T-I, Instituto de Geología y Paleontología (IGP) de la Academia de Ciencias de Cuba, (inédito), La Habana, 430 p.
- Capote, C.; Santa Cruz Pacheco, M.; González, D. y otros. 2005. Generalización Ciego-Camagüey -Las Tunas. Instituto de Geología y Paleontología (IGP), La Habana, Cuba.
- Castroviejo Bolibar, R. 1998. Fundamentos de Petrografía. Universidad Politécnica de Madrid. ISBN 84- 86189-64-0.
- Furrazola Bermúdez G.F., Núñez Cambra K. E. 1997. Estudios sobre Geología de Cuba. Compilación. CNDIG. IGP, La Habana, 345-356p.

- González E.M.; González V.; Rivada R.; García M.; Batista R.; Stout R.; González D.; Febles, JA; Jordán, R. 2006. Modelación de Ocurrencias de Tobas potásicas y sus perspectivas en la región Occidental de Cuba. IGP.
- González Acosta V., González Rodríguez E. M., Velázquez Garrido M., Gómez Narbona L., 2011, Evaluación de las traquitas y tobas potásicas de Camagüey, útiles como fuente de potasio para los fertilizantes naturales. Informe final I+D 612960 (Inédito), Instituto de Geología y Paleontología (IGP), La Habana.
- González García, R. A., Recio Herrera, A. M., Furrazola- Bermúdez, G., Delgado Damas, R., Triff Oquendo, J., 1994, Léxico Estratigráfico de Cuba. Comisión del Léxico Estratigráfico de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología (Inédito), La Habana, Cuba, 562 p.
- González Rodríguez E. M.; Velázquez Garrido M.; Gómez Narbona L.; González Acosta, V. 2010. Evaluación de las tobas potásicas de la región central de Cuba,

- útiles como fuente de potasio para los fertilizantes naturales. (Informe final I+D 274). Instituto de Geología y Paleontología (IGP), La Habana, Cuba
- Informe técnico físico-químico criminalístico identificativo de sustancia. 2011. Laboratorio Central de Criminalística, La Habana, Cuba
- Mondelo Diez, F.; Sánchez Cruz R.; Pardo Echarte, M. 2011. Informe sobre los resultados del TTP 617965 Sistematización de la Información Geofísica en los estándares del SIGEOL. (Resultados parciales). Instituto de Geología y Paleontología (IGP), La Habana, Cuba.
- Narbona Gómez L.; García Saborit, M. 2008. Materiales primarios de campo. Vincent Iturralde, M. 1996, Arcos Volcánicos. Ofiolitas y Arcos volcánicos de Cuba.
- Zelegeguin, V.; Díaz De Villalvilla Lilavatti; Fonseca E. 1986, Petrología de las rocas vulcanógenas y vulcanógenas-sedimentarias de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología (IGP), La Habana, Cuba.