Empleo del landsat 7 tm en el reconocimiento de depósitos minerales industriales

Virginia González Acosta*[(1)] y Demetrio Roquionil Rodríguez [(2)]

[(1)]Instituto de Geología y Paleontología. Vía Blanca No.1002 y Línea del Ferrocarril. San Miguel del Padrón. CP 11000.La Habana, E mail: vga6902@gmail.com
[(2)] Jubilado

Recibido: octubre 2016	Aceptado: julio 2017

Resumen
Lograr una diferenciación espectral de las diferentes materias primas minerales industriales estudiadas, tales como: calizas, areniscas y bentonita y su empleo como de patrones de reconocimiento para la clasificación sobre la imagen, fue el propósito de este estudio. Se trabajó con datos satelitales provenientes del LandSat 7 TM, año2000, georreferenciadas al sistema nacional. Se extrajo la firma espectral desde la imagen a partir de un punto de coordenada conocido perteneciente a un afloramiento de la materia prima, se caracterizaron las curvas espectrales obtenidas y se relacionaron con las descripciones o propiedades geológicas. Dichos puntos se emplearon como patrones de reconocimiento y se utilizaron para el mapeo por el método del ángulo espectral. Se demostró que la firma espectral de cada materia prima, es un rasgo que se puede utilizar en la clasificación de imágenes satelitales, utilizadas en la generación de mapas de distribución espacial.

Palabras clave: caliza, areniscas, bentonita, LandSat 7 TM, Cuba

The use of landsat 7 tm sattelite images in the recognition of industrial mineral deposits

Abstract
To achieve a spectral differentiation of the different industrial mineral raw materials studied, such as limestones, sandstones and bentonite and their use as recognition patterns for classification on the image, was the purpose of this study. It worked with satellite data from LandSat 7 TM, year 2000, georeferenced to the national system. The spectral signature was extracted from the image from a known coordinate point belonging to an outcrop of the raw material, the spectral curves obtained were characterized and related to the descriptions or geological properties. These points were used as recognition patterns and were used for mapping by the spectral angle method (SAM). It was demonstrated that the spectral signature of each raw material is a feature that can be used in the classification of satellite images, used in the generation of spatial distribution maps.

Key words: limestone, sandstone, bentonite**,** LandSat 7 TM, Cuba

1. Introducción

La aplicación de los métodos de teledetección o tele observación han alcanzado un gran desarrollo tecnológico en el de cursar del tiempo. Numerosas han sido las generaciones de satélites creados para diferentes fines, como: meteorológicos, exploración mineral, desastres naturales, mapeo geológico, etc. Estos han ido evolucionando desde los multiespectrales hasta satélites hyperespectrales de alta resolución espacial y espectral.

Se seleccionaron 4 tipos distintos de depósitos minerales industriales, teniendo en cuenta el uso para los que están destinados.

1. Bentonita – Managua: situado en el municipio Santiago de las Vegas y dista a 20 km. de La Habana, 7 km. por carretera a Managua y 4 km. del municipio Cotorro.
2. Caliza – La Colina: se ubica en el municipio San José de las Lajas y está a 16 km. al W del poblado de Jaruco y a 6 km. al NW de Tapaste, provincia Mayabeque.
3. Caliza - Camoa: se encuentra al SE del municipio de San José de las Lajas, provincia Mayabeque, cercano al yacimiento San José Sur.
4. Caliza – Cantera Blanca se localiza a 3 km de Baracoa, carretera Mariel - Cangrejeras y Baracoa – Bauta, provincia Artemisa.
5. Areniscas – Victoria II: ubicado a 3 km. al SW de Arango, municipio Guanabacoa, provincia La Habana.
6. Areniscas – Victoria III: localizado a 2 km. al SW de Arango, municipio Guanabacoa, provincia La Habana.

La ubicación de cada uno de los depósitos se puede ver resaltada en la siguiente figura, realizada a partir de una composición a color RGB (red-green-blue—por sus siglas en inglés) de las bandas 5, 3, 1, respectivamente.

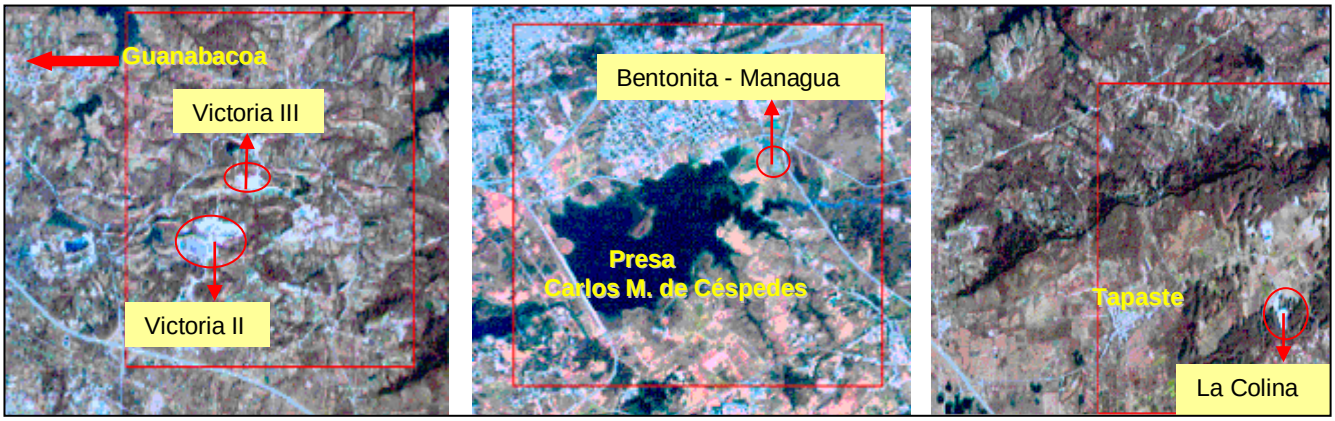


***Fig.1**. Composición a color de las bandas 5, 3, 1 (RGB)*

1.1Geología de los depósitos

Litológicamente, los depósitos se describen a continuación (Batista González et al 2001) (García Alonso et al 2001).

2. Materiales y métodos

Se emplearon imágenes satélites LandSat 7 TM, año 2000. Los números digitales de la imagen se convirtieron a valores de reflectancia para poder clasificar la imagen. El objetivo principal consistió en el reconocimiento sobre la imagen, de los sectores de estudio, utilizando la firma espectral extraída desde la imagen a partir de un píxel de coordenada conocido como se describe a continuación, según el lugar de afloramiento de la materia prima mineral. Dicha firma fue tomada como patrón de reconocimiento para la clasificación. Esto permitió hacer una caracterización espectral y obtener finalmente la imagen clasificada.

Materia prima (nombre del depósito)	**X Cuba Norte/Longitud W**	**Y Cuba Norte/Latitud N**	**No. Columna**	**No. Fila**
Caliza (La Colina)	387547.97 / 82 54 8.68	354787.90 / 23 11 0.28	5628	3132
Caliza (Camoa)	378777.0 / 82 10 55.41	350102.0 / 22 58 35.80	5365	3335
Caliza (Cantera Blanca)	340856.99 / 82 33 8.99	356535.11 / 23 15 3.73	4084	3333
Bentonita (Managua)	429441.13/ 82 18 41.8	356245.76/ 23 02 04.0	4895	3193
Arenisca (Victoria II)	418471.72/ 82 12 15.9	359665.10/ 23 03 53.4	5239	3025
Arenisca (Victoria III)	417290.51/ 82 11 34.3	360222.02/ 23 04 11.3	5273	3001

3. Resultados y discusión

Bentonita – Managua	Arcillas plásticas montmorilloníticas de color verde grisáceo, perteneciente a la Fm. Guevara, utilizada como materia prima mineral filtrante.
Caliza – La Colina	Calizas puras blancas y blandas tipo cretas, de granulometría media a gruesa, perteneciente a la Fm. Güines. Evaluada como fuente de carbonato de calcio.
Caliza (Camoa)	Calizas de color crema claro, grano fino a medio, duras compactas, la mayor parte del yacimiento es ocupada por calizas dolomitizadas, organógenas. Evaluada como árido de trituración.
Caliza (Cantera Blanca)	Compuesta por calizas organógenas puras, porosas, duras, recristalizadas, blancas. Usado para industrias varias.
Areniscas – Victoria II	Calcarenitas, gravelitas y areniscas de variada granulometría y color gris, perteneciente a la Fm. Peñalver, empleada como árido de trituración.
Areniscas – Victoria III	Areniscas de grano fino- grueso, grises, masivas, perteneciente a la Fm. Peñalver y usada como árido de trituración.

3.1. Establecimiento de patrones de reconocimiento. Caracterización espectral

Los patrones de reconocimiento se definieron a partir de la firma espectral del punto de coordenada conocido, dónde aflora la materia prima mineral.

En las figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se muestran la posición del píxel en la imagen, su número de fila, columna, coordenada geográfica, y la firma espectral correspondiente del punto.

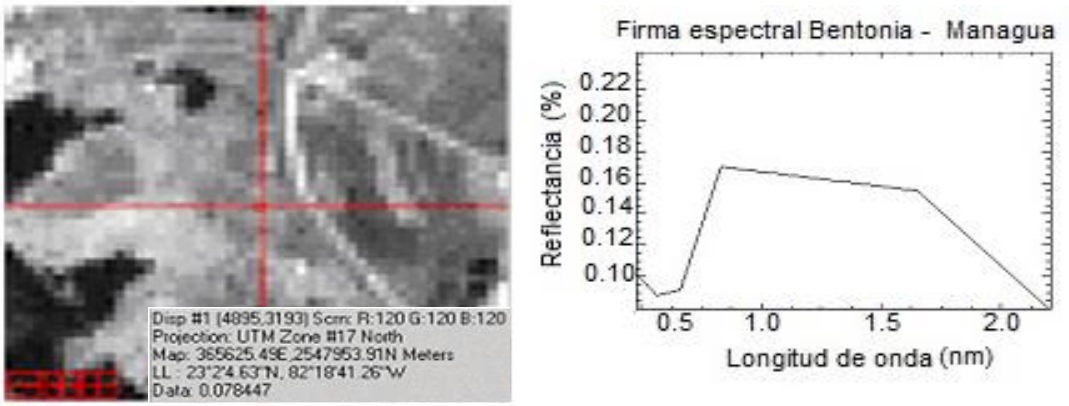


***Fig.2**. Bentonita – Managua*

La curva espectral se caracteriza por presentar un mínimo de valor de reflectancia de 0.10 %, con un albedo entre 0.16 – 0.18%. El rasgo de absorción presente a aproximadamente 0.5 – 0.7 µm de posición de longitud de onda, se corresponde con la presencia del Fe_2O_3 de 10.76 % para este depósito, dónde según la mineralogía el tipo de arcilla predominante es la montmorillonítica.

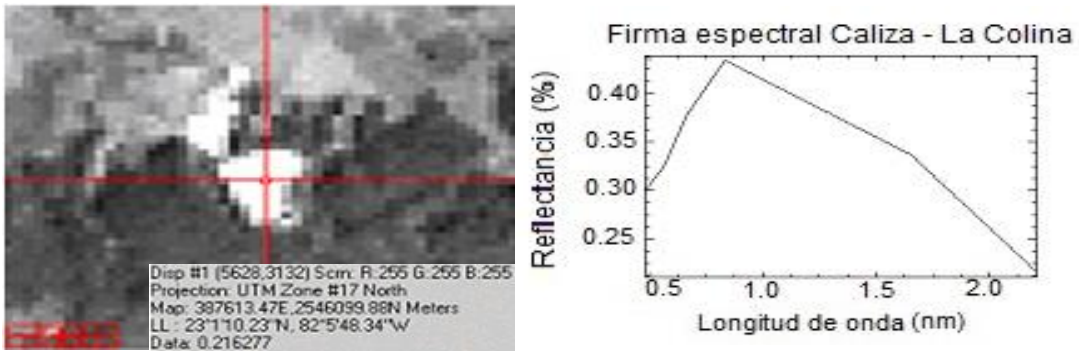


***Fig.3**. Caliza – La Colina*

La curva espectral se caracteriza por presentar un mínimo de reflectancia de 0.30 %, con un albedo superior a 0.40. El rasgo presente aproximadamente entre 0.5 – 0.8 µm de posición de longitud de onda, puede corresponder a la presencia de contenido de óxidos de hierro que siempre produce una característica de caída en la posición visible del espectro, como indica la composición química de esta materia prima mineral con contenidos de Fe_2O_3 de 0.7%.

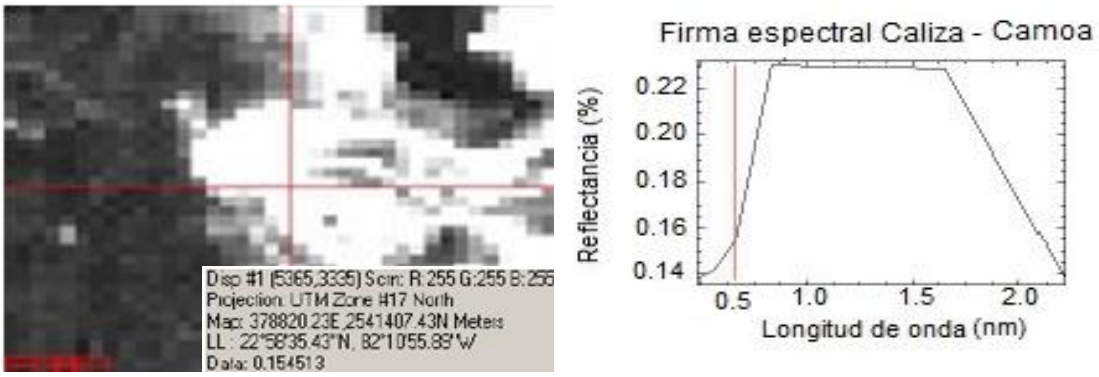


***Fig.4**. Caliza – Camoa*

Muestra un albedo de 0.23%, con un mínimo de 0.14%, además de los rasgos en la forma de la curva en diferentes posiciones de longitud de onda, fundamentalmente en la parte superior de la meseta. La diferencia puede estar dada en la variedad litológica de la cantera.

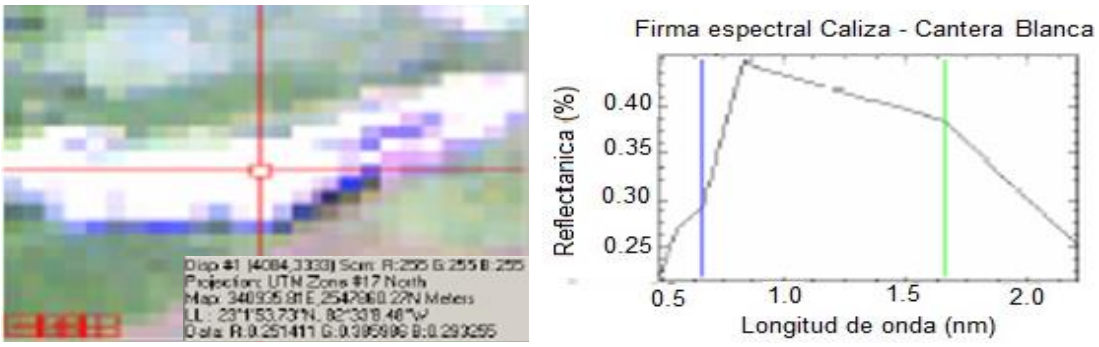


***Fig.5**. Caliza – Cantera Blanca*

Se observa un albedo de 0.43%, con un mínimo inferior a 0.25%, además de diferentes rasgos en la forma de la curva, en varias posiciones de longitud de onda, muy pronunciado principalmente entre 0.4 - 0.6%.

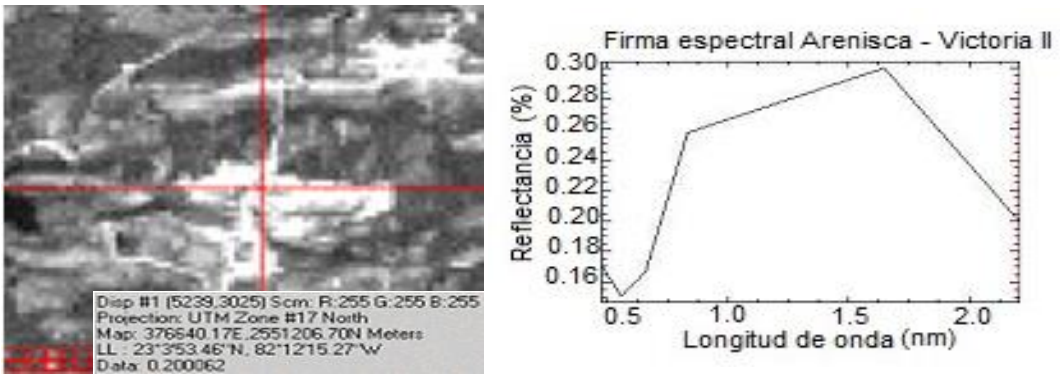


***Fig.6**. Arenisca - Victoria II*

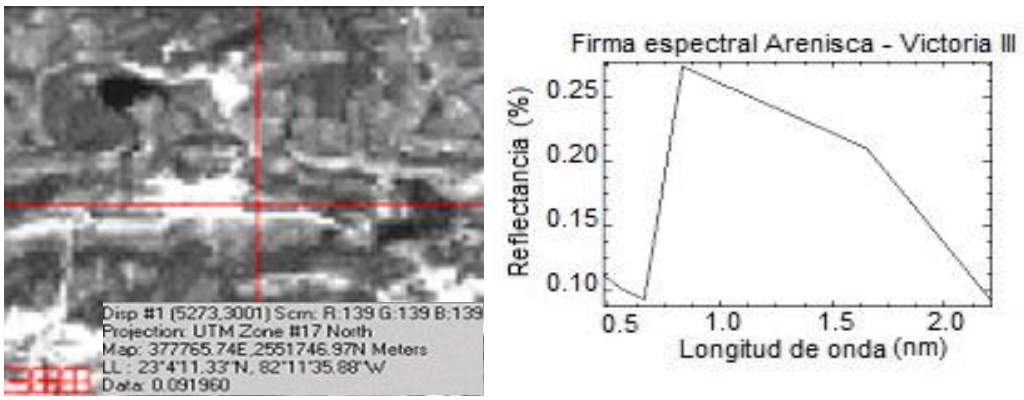


***Fig.7**. Arenisca - Victoria III*

Para el caso de las canteras de areniscas Victoria II y III, se puede observar en el gráfico la diferencia de las firmas espectrales, no solo en la forma, sino en sus respectivos valores mínimos de reflectancia. Tal disparidad debe

de estar condicionada por la granulometría, teniendo en cuenta la litología de la formación geológica a que pertenecen los depósitos que varía desde conglomerados hasta areniscas fina – gruesas, con intercalaciones de lutitas, dato a verificar en trabajos posteriores.

3.2 Clasificación espectral en la imagen

La clasificación de la imagen se realizó por el método de Mapeo del Ángulo Espectral (SAM, por sus siglas en inglés) (Kruse et all 1993). Se fundamenta en el cálculo de la similaridad espectral entre el espectro de un píxel y uno de referencia, expresada como el ángulo promedio entre los dos espectros calculado para cada canal, según la siguiente ecuación.

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{\sum_{i=1}^{N} t_i r_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} t_i^2 \sum_{i=1}^{N} r_i^2}} \right)$$

En esta técnica los espectros son tratados como vectores en el espacio, con igual dimensión al número de bandas. El resultado para cada pixel es una diferencia angular medida en radianes lo cual ofrece un estimado cualitativo de la presencia del rasgo de absorción presente y que puede estar relacionado con la mineralogía (Figura 9).

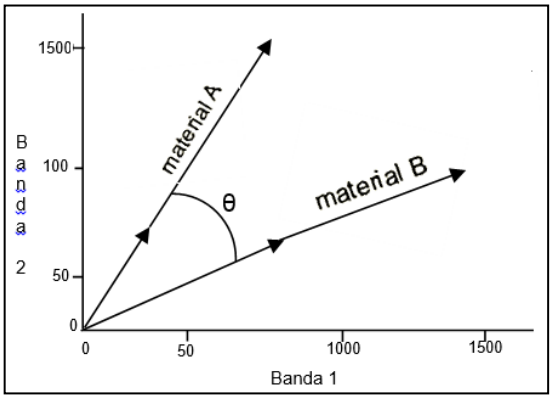


Fig.8*. Gráfica el concepto del S.A.M.*

Para la identificación de los datos sobre la imagen, se establecieron los espectros a partir de la firma espectral del píxel extraído de la imagen, y se crearon las librerías espectrales que funcionaron como patrones de reconocimiento. Posteriormente, en el proceso de clasificación sobre la imagen, cada tipo de materia prima mineral se dividió en una clase independiente y se determinó su distribución (*Fig.9)*

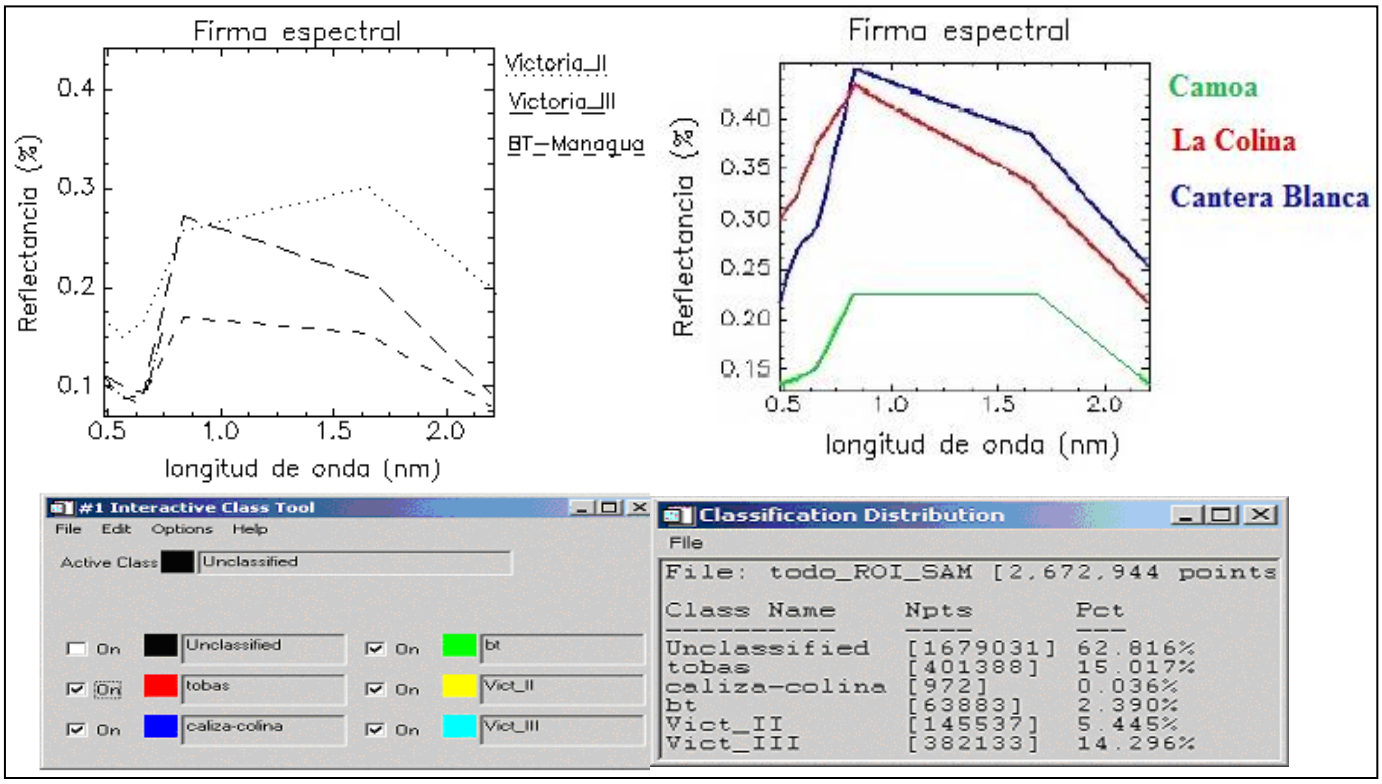


***Fig.9**. Firma espectral empleada para la clasificación de cada una de las materias primas Distribución de cada clase a clasificar*

En las siguientes figuras se observa la efectividad de los patrones utilizados para la cartografía espectral de los depósitos de minerales industriales, muestra no solo el píxel clasificado sino también el límite, de forma aproximada, del área de la cantera.

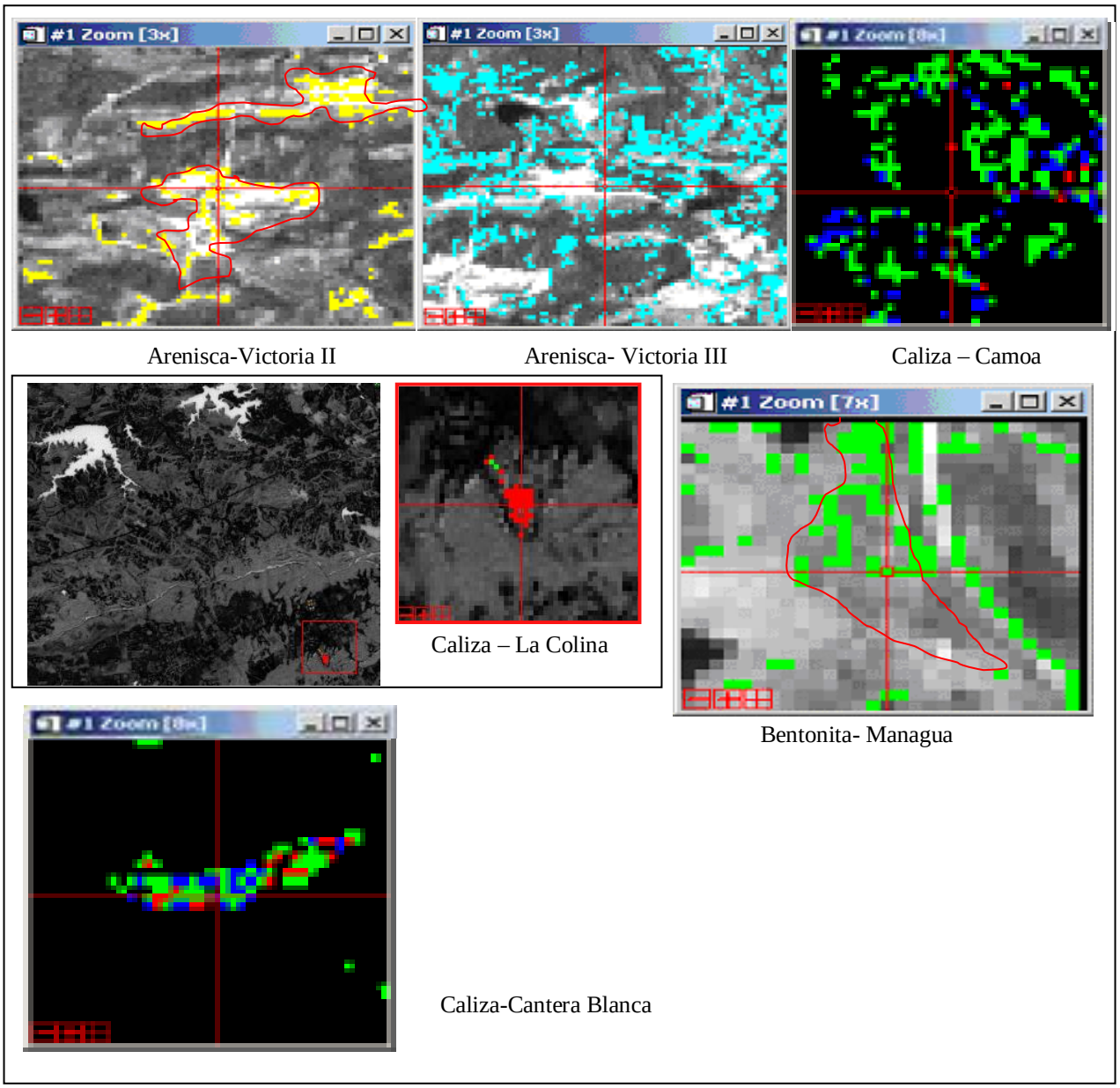


Fig. 10 *Imágen clasificada para cada tipo de materia prima según la cantera donde se encuentre*

Del procesamiento se puede observar que el píxel seleccionado para el mapeo, por el método del ángulo espectral y tratado a su vez como región de interés, constituye un patrón de reconocimiento en la clasificación de las materias primas minerales tratadas. A pesar de mapearse el píxel también se mapeó la cantera de los depósitos de bentonita, caliza y arenisca (Victoria II).En este último caso se aprecia que con el píxel proveniente de esta cantera, también se mapeó la cantera de arenisca Victoria III, sin embargo con el píxel de Victoria III no se mapea ni a Victoria II, ni a Victoria III. Esto reafirma y valida que el punto seleccionado en Victoria II es un rasgo para el caso de las areniscas, pues sirvió para ambas canteras constituidas de la misma materia prima mineral. Probablemente lo ocurrido en Victoria III sea debido a diferencias litológicas.

Conclusiones

-La aplicación de las técnicas de teledetección constituyen métodos que reportan ahorros considerables de tiempo y gastos financieros, si son comparados con los tradicionales, pues se puede tener un conocimiento geológico previo a las salidas al campo del área de estudio en cuestión.
-La utilización del píxel con coordenadas conocidas de donde aflore la roca en la cantera y en correspondencia con la resolución espacial de la imagen, puede ser considerado como patrón de reconocimiento en la cartografía de las materias primas estudiadas.
-El píxel utilizado en la cantera Victoria II constituyó un rasgo bastante eficiente en la cartografía de las areniscas, pues permitió contornear tanto este depósito como Victoria III, no ocurriendo así para este último.
-Los resultados pueden ser utilizados en la búsqueda de áreas perspectivas para cada materia prima mineral, creando premisas de aplicación de estas técnicas a ser aplicadas en nuevas investigaciones.

Recomendaciones

Introducir estas técnicas en nuestro país, a pesar de la dificultad para obtener el equipamiento e imágenes satelitales de alta resolución, que permitan realizar mediciones espectrales de campo y laboratorio, e ir creando bibliotecas espectrales de acuerdo a nuestras condiciones naturales y geológicas, para ser utilizadas en el mapeo litológico y/o pronóstico de áreas minerales.

Agradecimiento

Al Centro Nacional de Información Geológica del Instituto de Geología y Paleontología – Servicio Geológico de Cuba (IGP – SGC), por su revisión y corrección de estilo.

Referencias

Batista González, R. et al., 2001. Base de datos para los Recursos Minerales de Cuba (INFOYAC). IGP.

Clark, R.,1999. Spectroscopy or rocks and minerals and Principles of Spectroscopy. *John Wiley and Sons, Inc*.

Hunt, G., et al., 1970. Visible and Near-Infrared spectra of minerals and rocks: I Silicate Minerals. *Modern Geology*: pp 286.

Dora García et al, 2001. Generalización y actualización geológica de la Región Habana – Matanzas a escala 1: 100 000. Instituto de Geología y Paleontología (IGP). Inédito.

ENVI software, version 4.7

Kruse, F., A., Lefkoff, A. B., Boardman, J. W., Heidebrecht, K. B., Shapiro, A. T., Barloon, P. J. and Goetz, F. H. (1993): The spectral Image Processing System (SIPS)- Interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data. *Remote Sensing of Environment*, 44, 145-163.

Léxico estratigráfico, 1997. Instituto de Geología y Paleontología (IGP). Inédito.

Principles of Remote Sensing, (1999): ITC Text Book.

Rodríguez D., R. (2004): Acta de la demarcación topográfica de la concesión minera de explotación del yacimiento Camoa- MINFAR.

Acerca de los autores:

Virginia González Acosta: Ingeniera Geóloga graduada en la Universidad de Pinar del Río, en 1991. Ocupó varios cargos a diferentes instancias. Comienza a trabajar en el IGP en el 1996, ocupa cargo de investigador. Es Máster en Ciencias desde el 2001, graduada en el ITC, Holanda. Ha trabajado en más de 15 proyectos y participado en más de 20 eventos científicos nacionales e internacionales presentando numerosos trabajos relacionados con diversas temáticas. Obtuvo premios relevantes y destacados municipal y provincial en Fórum de Ciencia y Técnica, Medalla Forjadores del Futuro, 2003.Certificados mejor trabajador mensual, semestral, anual, del IGP. Vanguardia Nacional del Sindicato Nacional de Trabajadores de las Industrias Química, Minería, Energética, 2005.Vanguardia Municipal Sindicato Provincial de las Ciencias, 2007. Colaboradora en Venezuela.

Demetrio Roquionil Rodríguez: Geodesta de profesión. Durante su trayectoria laboral ejecutó esta labor. Ha brindado sus servicios en diferentes organismos, empresas, compañías mixtas. Colaborador en el Convenio Cuba-Venezuela, con su reconocido trabajo. Su trabajo siempre ha sido de calidad excelente. Actualmente jubilado