DISCRIMINACIÓN LITOLÓGICA UTILIZANDO IMÁGENES ASTER Y ESPECTROSCOPIA TÉRMICA EN EL ÁREA DE CHAPARRA - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA.

Moisés Cutipa[1], Yngrid Orozco[1], Hugo Zárate[1], Katherine Gonzales[1], Juan Casas[1]
Alan Santos[2]

[1]INGEMMET, Av. Canadá 1470 San Borja, Lima, mcutipa@ingemmet.gob.pe, yorozco@ingemmet.gob.pe, hzarate@ingemmet.gob.pe,kgonzales@ingemmet.gob.pe,jucasas@ingemmet.gob.pe, asantos@ingemmet.gob.pe

RESUMEN

En el cuadrángulo de Chaparra ubicado en la provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, se encuentran presentes rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas de origen tanto marino como continental. Las diferentes litologías que se observan en ésta área han podido ser discriminadas con la ayuda de la teledetección, por lo que se utilizaron 03 imágenes satelitales del sensor ASTER, subsistemas SWIR y TIR, para la discriminación litológica. Las composiciones color RGB: 11, 6,2 y composiciones color de ratios RGB: 8/5,5/4,7/8, así como índices de Sílice, Carbonatos y Máficos, muestran una correlación de tonalidades que han permitido discriminar en su mayoría las grandes unidades litológicas. Asimismo se obtuvo una buena correlación entre las firmas espectrales (emisividad) de las muestras obtenidas en campo, medidas con el espectrómetro FTIR-102 (D&P Instrumets) en laboratorio, y las firmas espectrales del Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL).Se logró identificar unidades asociadas a intrusivos ácidos (monzogranitos) no descritos anteriormente en el mapa geológico a escala 1:100,000 con el que se contaba previamente. Estos productos satelitales ASTER vienen siendo usados para los trabajos pre y post campo, en la Actualización de la Carta Geológica Nacional, en particular en el área de Chaparra donde vienen trabajando los proyectos del INGEMMET.

INTRODUCCIÓN

El sensor ASTER posee 14 bandas, cuyo rango espectral va desde0.5-0.9µm a 1.5µm, 3 bandas en el espectro visible (VNIR) con 15 metros de resolución espacial, 6 bandas en el infrarrojo de onda corta SWIR (entre 1.6 - 2.5µm) a 30 m y 5 bandas en el rango infrarrojo térmico TIR (entre 8.1 –11.6µm) a 90m. Una de las aplicaciones de estas imágenes, es la discriminación entre unidades litológicas por el contenido variable de sílice, silicatos, minerales félsicos y carbonatos, principales elementos formadores de corteza, cuyas características espectrales están relacionadas a las vibraciones fundamentales de los aniones SiO, CO y a la estructura mineralógica. El aporte de los datos ASTER permite ampliar el conocimiento de la distribución de los cuerpos intrusivos, la discriminación de unidades litológicas y el cartografiado geológico en general.

OBJETIVOS

El objetivo de nuestra investigación es hallar la relación entre las unidades litológicas y la respuesta espectral obtenida por el sensor ASTER mediante composiciones RGB y cociente de bandas, para asociar las tonalidades de color a los diferentes tipos de litología, y complementarlo con medidas de emisividad tomadas con el espectrómetro FT-IR 102 de las muestras colectadas en campo para validar los resultados.

UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área se encuentra ubicada en la faja costera de la provincia de Caravelí, departamento de Arequipa. Limita por el norte con el paralelo 16 de latitud Sur, y por el sur, con la línea litoral del pacifico; por el Este y Oeste con los meridianos 73° 30’ y 74° 03’ de longitud Oeste. Esta región corresponde a una vasta extensión que va desde la ribera del mar hasta 1,800 m.s.n.m. de la vertiente del pacífico Sur. El área está conformada por 3 unidades geomorfológicas: la cordillera de la costa, la planicie costera y el flanco oeste de la Cordillera Occidental.

MARCO GEOLOGICO

En el área de estudio afloran rocas metamórficas muy antiguas pertenecientes al Complejo Basal de la Costa (gneis y esquistos) con edades que van desde el Paleoproterozoico al Neoproterozoico. En la parte media occidental del cuadrángulo se exponen rocas intrusiva de la S.U. Tiabaya de composición diorítica, tonalítica y monzonítica de edad Cretácica superior, seguida por las secuencias volcano-sedimentarias de la formación Chocolate del Jurásico inferior que presentan metamorfismo, suprayaciendo a estas unidades en discordancia se encuentran facies sedimentarias de conglomerados de la formación Moquegua del Paleógeno, seguidas de facies piroclásticas del Mioceno.

METODOLOGÍA

La metodología consistió en la generación de combinaciones color RGB con las bandas del subsistema SWIR y TIR de las imágenes ASTER para la interpretación de la litología y su correlación con el mapa geológico de INGEMMET disponible a escala 1:100,000. Luego se realizó el análisis espectral de las firmas espectrales de emisividad adquiridas con el espectrómetro FT-IR 102 de las muestras colectadas en campo. Este análisis se realizó entre las firmas espectrales de campo con las firmas disponibles del JPL.

PROCESAMIENTO DE DATOS ASTER

Se procesaron 03 imágenes satelitales del sensor ASTER (AdvancedSpaceborneThermalEmission and ReflectionRadiometer) en nivel L1A, subsistemas SWIR (bandas de la 4 a la 9) TIR (bandas de la 10 a la 14), usando el software ENVI 5.0 (de EXELIS). Las bandas del TIR fueron calibradas a radiancia usando los parámetros propios del sensor (ASTER). Debido al paso del tiempo y a la degradación del sensor, se efectuó una recalibración de las bandas de radiancia en función de la fecha de toma y la versión radiométrica de la escena, para así obtener la radiancia corregida de la imagen y llegar a obtener la emisividad.

La última corrección realizada fue debido a la saturación de la banda 13 (Ninomiya et al., 2005), que se apoya en el principio de emisión de un cuerpo negro (Ley de Planck).

Se aplicaron los índices de cuarzo, carbonatos y contenido de sílice, respectivamente.

QI (*QuartzIndex – Índice de Cuarzo*) $$QI = \frac{b11 \times \mathrm{b11}}{b10 \times \mathrm{b12}}$$

CI (*Carbonate Index – Índice de Carbonatos*) $$CI = \frac{b13}{b14}$$

MI (*MaficIndex – Índice Máfico*) $$MI = \frac{b12 \times b14^3}{b13^4}$$

Luego de corregida la imagen, se realizaron las siguientes combinaciones de bandas para la interpretación litológica:

- Composición color de los índices de contenido: RGB:Qi,Ci,Mi.
- Composición color RGB: 11,6,2
- Composición color de ratios RGB: 8/5,5/4,7/8.

MEDIDAS CON ESPECTRÓMETRO FT-IR Modelo 102

Se realizaron mediciones de emisividad con el espectrómetro FT-IR modelo 102 (el cual mide emisividades en el rango: 7–14 µm) a las muestras colectadas en campo,en el Laboratorio de Teledetección de INGEMMET, con el objetivo de crear una librería espectral de emisividades para la zona de estudio y correlacionarlas con las firmas obtenidas de las imágenes ASTER (Figura 1)

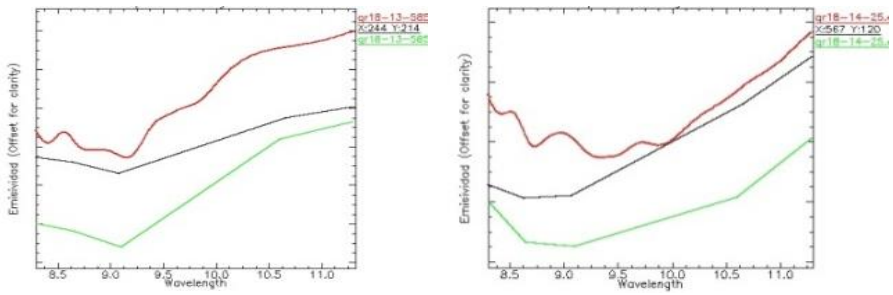

Fig. 1. *Comparación de las firmas espectrales de la imagen ASTER (negro), los espectros de emisividad colectadas con espectrómetro FT-IR modelo 102 (rojo) y remuestreada a la resolución ASTER (verde).*

ANALISIS DE DATOS ESPECTRALES DE CAMPO

Las firmas espectrales de las tres muestras colectadas en campo presentan mínimos de emisividad amplios, llamadas bandas de absorción, que son asociadas al contenido de sílice (Floyd, 1999).

Estas firmas espectrales de emisividad de las muestras de campo fueron correlacionadas con las firmas del JPL que vienen incluidas en las librerías del software ENVI 5.1, tal como se muestra en la figura 2-A, 2-B y 2-C.

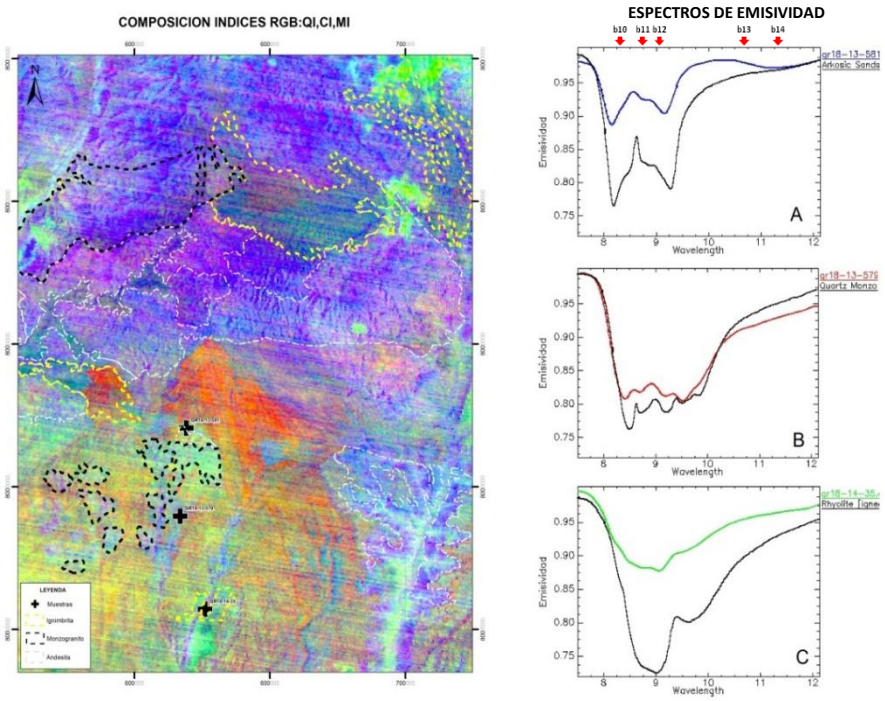

Fig. 2. *Izquierda: Composición color de Índices RGB:QI,CI,MI ASTER. A), B) y C) Firmas espectrales de emisividad obtenidas de las muestras de campo con espectrómetro FT-IR 102.*

- La firma espectral de la muestra GR18-13-581(figura 2-A), presenta bajas emisividades en las bandas 10 (8.125 µm) y 12 (8.925 µm), un máximo relativo en la banda 11 (8.475 µm) y altas emisividades en la banda 13 (10.25 µm) y 14 (10.95 µm) lo cual es típico de rocas con alto contenido de sílice (Ninomiya et al., 2005). En la figura 2-A se muestra la correlación de esta muestra con la firma de una arenisca arcósica obtenida del JPL.
- La firma espectral de la muestra GR18-13-579(figura 2-B), muestra menor contraste de emisividad de las bandas 10, 11 y 12(8.125 µm al 8.925 µm) con lo cual indica un menor contenido de sílice debido a una disminución en la absorción de SiO y corresponde a una monzonita cuarzosa.
- La firma espectral de la muestra GR18-14-35 (figura 2-C), indica también presencia de sílice y corresponde a una riolita.
- Las diferencias de amplitud en los rasgos de absorción se deben al efecto del tamaño de grano de la muestra, donde una amplitud mayor está asociada a un tamaño de grano más fino.

RESULTADOS

- Las secuencias volcano-sedimentarias de la formación Chocolate se muestran en tonalidades de color rojo a guinda (a) en la composición RGB:11,6,2 (figura 3-I).
- La secuencias de flujos piroclásticos de la formación Huaylillas se muestran en colores verdes claros (b) en composición RGB 11,6,2 (figura 3-I) y en color naranja (b) en composición RGB: 8/5,5/4,7/8, (figura 3-II). Siendo esta última composición donde mejor se definen sus límites.
- Las rocas intrusivas de la Super Unidad Tiabaya, en la composición RGB: 8/5,5/4,7/8 se resaltan en tonalidades azules a morados (c) (figura 3-II), mientras que en la composición RGB 11,6,2 (figura 3-I), se diferencia los monzogranitos en tonalidades rosáceos (c) en comparación de los que se encuentran en la parte norte de tonalidades rojos claros (d) que corresponden a dioritas y tonalitas. Se han identificado también nuevos afloramientos (c) (figura 3-II), que no fueron cartografiadas previamente en el mapa geológico disponible (figura 3-III).

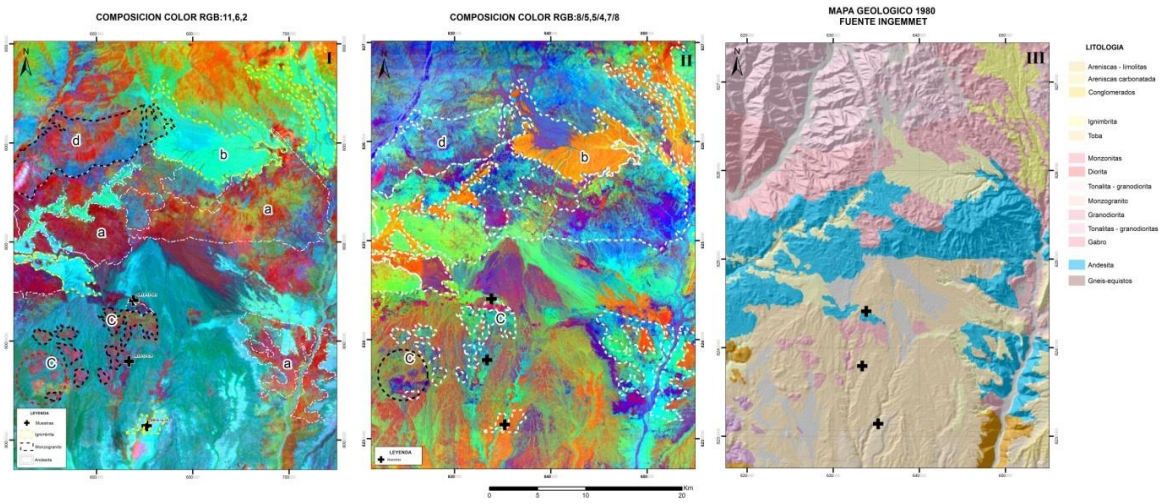

Fig. 3 *I: Composición de bandas ASTER RGB: 11, 6,2, II: Composición de bandas ASTER RGB: 8/5,5/4,7/8, III: Mapa geológico de INGEMMET, escala: 1/100000.*

CONCLUSIONES

Las composiciones color RGB de las bandas de las imágenes ASTER, subsistemas SWIR y TIR son una herramienta útil para la discriminación de las grandes unidadeslitológicas, sedimentarias, volcánicas e ígneas. En particular, las composiciones color RGB que resultan de la combinación de las bandas de los subsistemas SWIR y TIR, han puesto de manifiesto diferencias evidentes a nivel de contenido de sílice de los afloramientos, como el caso de las monzonitas cuarzosas observadas en la composición de color RGB: 11,6,2 y RGB : 8/5,5/4,7/8, evidenciando asimismo la presencia de afloramientos que no han sido previamente cartografiados.

Apoyados con los datos de espectrometría de las muestras de campo, ha sido posible identificar las diferentes propiedades de las rocas por su contenido mineral, así como encontrar relaciones espaciales y espectrales entre las diferentes tonalidades de las imágenes ASTER con las muestras de campo.

REFERENCIAS

1. Abrams M., Hook S. Vs2: ASTER UserHandbook, Jet PropulsionLaboratory.Pg.26.
2. E. Olchauski 1980: Geología de los cuadrángulos de Jaqui, Coracora, Chala y Chaparra Boletin N°34 Serie A. Carta Geológica Nacional INGEMMET.
3. Floyd F. Sabins 1999: Remote sensing for mineral exploration.
4. Gupta Ravi 2002: Remote Sensing Geology Pg. 48.
5. YoshikiNinomiya,Bihong Fu, Thomas J. Cudahy 2002: Detecting lithology with Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) multispectral thermal infrared ‘‘radiance-at-sensor’’ data.
6. YoshikiNinomiya,Corrie, R. 2005: Applying advanced spaceborne thermal emission and reflectionradiometer (ASTER) spectral indices for geological mappingand mineral identification on the tibetan plateau.