

# Mapeo de minerales utilizando datos ASTER y análisis espectral en el distrito de Yura, Arequipa, Perú

Christian Vargas Gonzáles

Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial - CONIDA  
Luis Felipe Villaran 1069 San Isidro Lima – Perú  
cvargas@conida.gob.pe

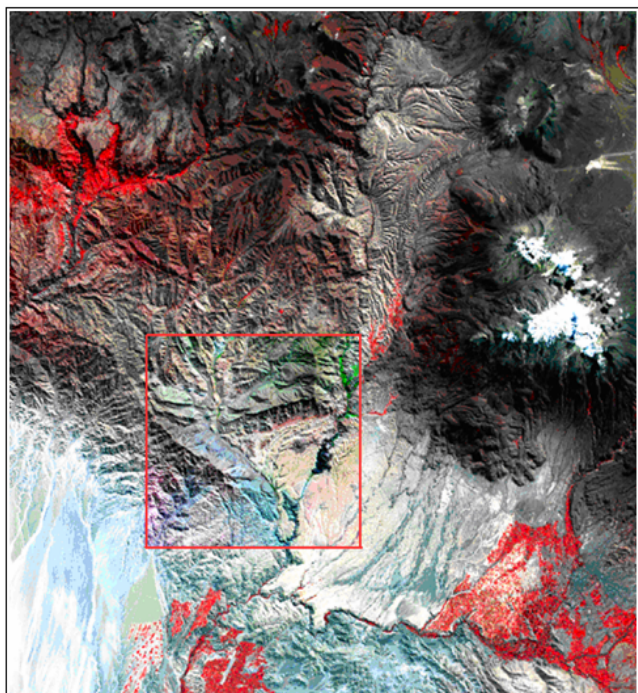
**Abstract.** The area of study is located on Yura's district, department of Arequipa, Perú. The maining goal on this work its showing the utility of Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance (ASTER) data, spectral analisys on minerals mapping like alunite, kaolinite, illite, smectite and compraing results from the Spectral Angle Mapper (SAM), Matched Filtering (MF). This work describe steppings to mapping minerals with ASTER data, at first the pre-processing of ASTER image, fundamental step to obtain reflectance to get an apparent reflectance image, with theses we can compair the spectral signature image vs signature spectral of USGS, after that we proceed to processing ASTER data where the combinations bands, ratio and indexes are using to get the first image interpretation, finally aplly the common tecniques used to processing hyperspectral data whit the purpose the extract spectral signature from pixels spectrally purest to the extraction of signaturas spectral only for sub-systems SWIR, it resgister 6 infrared short wave bands information (1.600-2.430). The signatures extracted from the images are compaired with spectral libraries from USGS, the best matching are used for minerals mapping getting two results the first with SAM and the second with MF booth are compaired to evaluate the quality results.

**Keywords:** image processing, mineral mapping, remote sensing, ASTER, spectral analysis, spectral angle mapper, matched filtering.

## 1. Introducción

El sensor ASTER a bordo del satélite TERRA presenta una órbita heliosincrónica a una distancia de 705 kilómetros, con una resolución temporal de 16 días, un ancho de barrido de 60 Km<sup>2</sup>. ASTER está compuesto por tres subsistemas, VNIR, SWIR y TIR; El subsistema VNIR obtiene imágenes del visible e infrarrojo cercano (0.52-0.86 µm) en tres bandas con una resolución espacial de 15 metros, además tiene una banda adicional que permite visión estereoscópica y la generación del Modelo Digital de Terreno de cada escena.

El subsistema SWIR registra la información en 6 bandas del infrarrojo de onda corta (1.600-2.430 µm) con una resolución espacial de 30 metros. El subsistema TIR obtiene datos en 5 bandas en la región del infrarrojo térmico (8.125-11.65 µm) con una resolución espacial de 90 metros. Las características espectrales del sensor ASTER fueron diseñadas especialmente para aplicaciones geológicas. Permite la discriminación litológica, el mapeo de estructuras geológicas y la identificación de áreas de alteración hidrotermal y permite analizar las características de absorción de distintos minerales, lográndose obtener un mapeo detallado de minerales como la caolinita, alunita, illita, clorita, epidota, jarosita, dickita, sericita, otros.



En este trabajo se muestra una metodología para el uso de datos ASTER en el mapeo de minerales utilizando firmas espectrales de la USGS (usgs\_min y igcp\_4).

El área de estudio se encuentra en el distrito de Yura, Arequipa – Perú y la Geología Regional del área consta de rocas cuyas edades varían desde el precambiano hasta el reciente, comenzando con las del complejo basal que son las más antiguas y consisten en varios tipos de Gneis, Anfibolita y pequeños stocks de granito potásico.

En el área no se han encontrado rocas paleozoicas ni triásicas y la secuencia volcánico – sedimentaria del liásico descansa en discordancia angular sobre el complejo basal.

En el grupo Yura, se han diferenciado los miembros puente, Cachios, Labra, Gramadal y Hualhuani, comprendidos en el jurásico superior y posiblemente el neocomiano, correspondientes a facies oscilantes de marinas a epicontinentales.

Las condiciones marinas se acentuaron progresivamente desde el cretáceo medio, alcanzando su mayor desarrollo y extensión en el coniaciano, depositándose en la formación Murco y Arcurquina; y por último, como efecto de un mar en regresión, el yeso de la formación Chilcane que puso fin a la sedimentación marina del área.

Después de la emersión originada por el primer movimiento andino se depositaron las capas rojas del terciario inferior que corresponden a la formación Huanta y Sotillo.

El grupo Tacaza está compuesto por rocas volcánicas y sedimentarias yace en discordancia angular sobre la formación Huanta.

En el Terciario Superior se depositaron las formaciones Millo y el volcánico Sencsa, a la vez que ocurrieron varias fases de erosión llegando a comienzos del cuaternario, donde se inició un inmenso vulcanismo que dio lugar a los volcánicos Chila y Barroso.

La glaciación no parece haber sido muy activa en la región; y los depósitos recientes, están formados por material aluvial y eólico.

Las Rocas Intrusivas constituyen esencialmente el batolito de la cordillera heladeras; y en él, por su composición y relaciones de intrusión, se han diferenciado 6 unidades a las que se han denominado como: Tonalita, Torconta, Gabro-diorita, Tonalita, Laderas, grupo Vitor, Granodiorita y Diques de cuarzo, aptitas y pegmatitas.

En el área han ocurrido por lo menos 2 episodios mayores de deformación estructural. El primero, entre el Cretáceo Tardío y comienzos del Terciario, y el segundo, de menor intensidad, en el Eoceno superior. Posteriormente se produjeron otros más débiles en el Terciario Medio Superior (Vargas, 1962).

## **2. Metodología de Trabajo**

### **2.1 Pre – Procesamiento**

Se utilizó la imagen ASTER tomada el 23 de noviembre del 2001, el producto que se utilizó es el L1b, este tipo de producto se caracteriza por tener los coeficientes de corrección radiométrica y geométrica aplicados a la imagen.

ASTER presenta algunas deficiencias en la captura de datos, una de ellas es el denominado Crosstalk, que causa una falsa absorción en la banda 8 y elimina picos de absorción en la banda 5, este problema puede causar errores de interpretación.

La conversión de ND a radiancia se hizo utilizando la fórmula para calibrar los datos ASTER L1b (JPL, ASTER Handbook):

$$\text{Radiancia} = (\text{ND value} - 1) \times \text{Unit conversión Coefficient.}$$

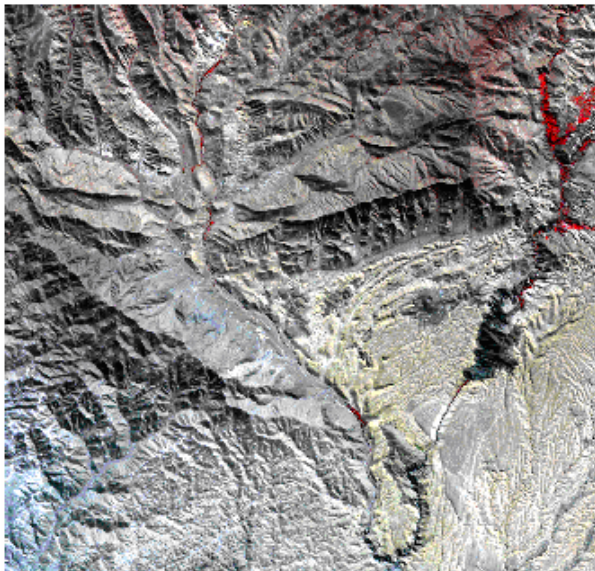
Se integraron los subsistemas VNIR y SWIR a una resolución espacial de 30m, a los que se hizo la corrección atmosférica, obteniéndose una imagen en valores de reflectancia

aparente. Este paso es fundamental para poder comparar las firmas espectrales de la imagen vs las firmas de la USGS a la que se le hizo un recorte de la zona de interés.

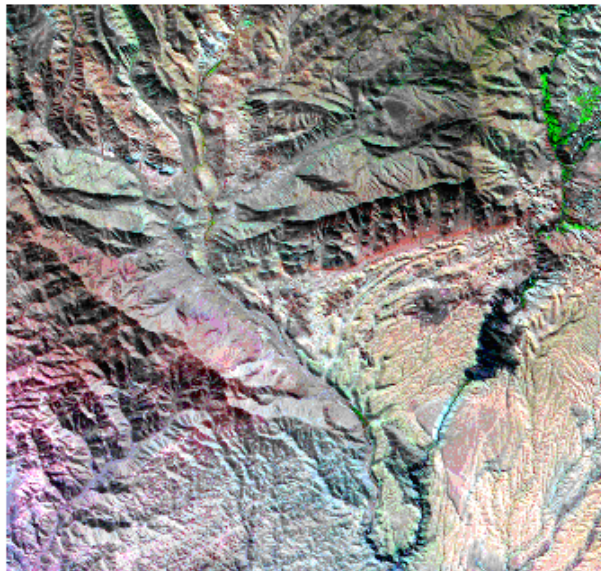
## 2.2 Procesamiento

### *Combinaciones de Bandas y Ratios*

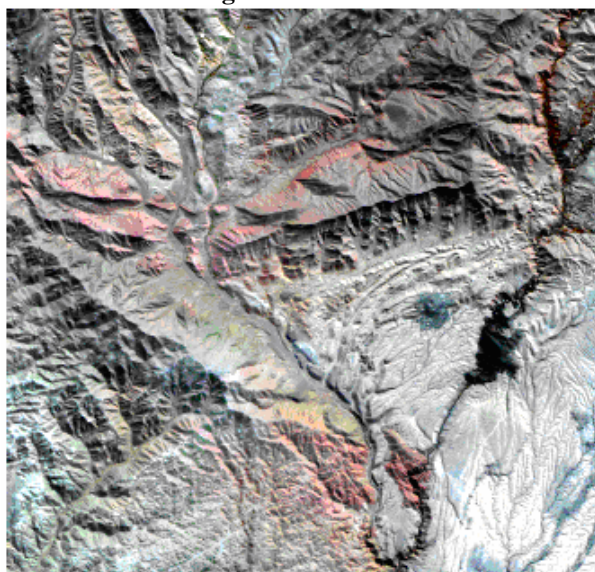
Para hacer una primera interpretación del área de interés se utilizaron las siguientes combinaciones entre bandas: RGB 321 (Fig.1), la que nos permite ver los óxidos de color amarillento y la vegetación se presenta con un color rojo, la combinación RGB 631 (fig.2) que es equivalente a la RGB 742 de LANDSAT es conocida con el nombre de discriminador litológico, debido a su capacidad de resaltar tipos de litología, la otra combinación usada fue la RGB 469 (Fig.3), que nos muestra en tonos rosados los materiales que presentan absorción entre los rangos 2.145 – 2.225  $\mu\text{m}$ . El cociente que se utilizó para resaltar las zonas de alteración es Ratio 4/5,4/6,4/7. (Fig.4).



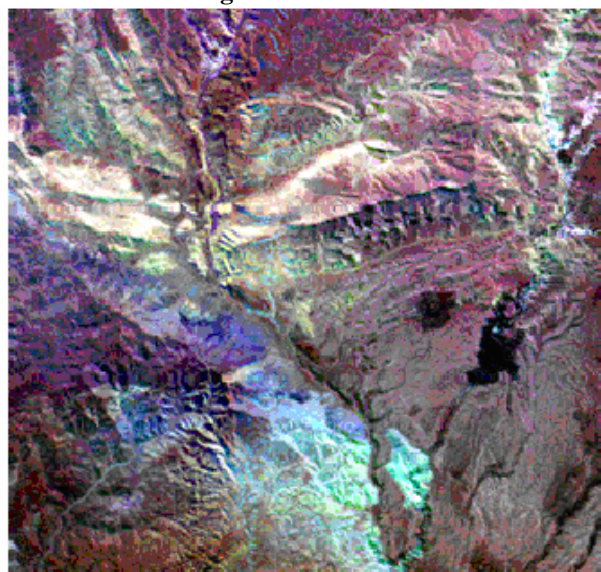
**Figura 1.** RGB 321



**Figura 2.** RGB 631



**Figura 3.** RGB 469

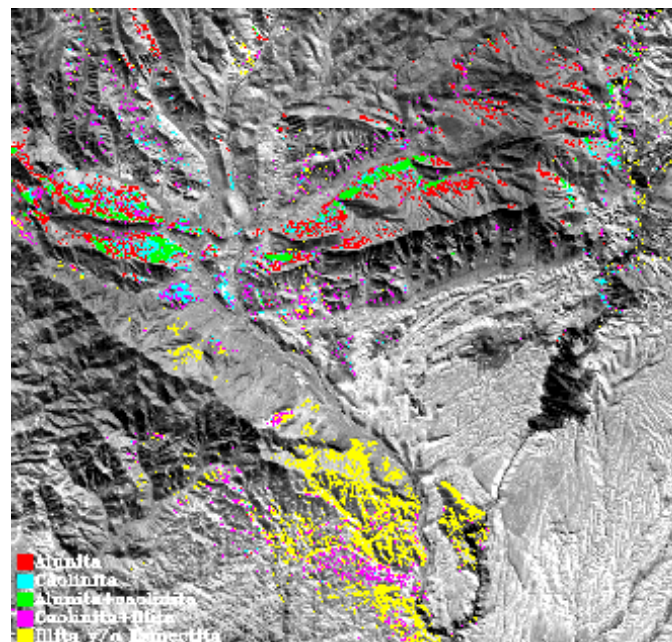


**Figura 4.** Ratio 4/5,4/6,4/7

### ***Procesamiento de datos ASTER utilizando técnicas hiperespectrales.***

Esta parte del trabajo consistió en aplicar las técnicas que se utilizan comúnmente en el tratamiento de datos hiperespectrales como AVIRIS, HYPMAP o HYPERION.

El flujo del trabajo consistió en la reducción espectral de los datos, se utilizó el método Minimum Noise Fraction el cual reduce la dimensión de los datos y segrega el ruido de las imágenes, luego se procede a la reducción espacial de los datos, para esto se utiliza la técnica Pixel Purity Index, que nos da como resultado una imagen donde se resaltan los píxeles espectralmente más puros a partir del cual se hace la extracción de firmas espectrales, las que fueron guardadas en una librería espectral, para ser comparadas con las firmas espectrales de la USGS, utilizando la técnica de remoción del continuo, se pudieron identificar minerales de Alunita, caolinita, illita, esmectita y las mezclas espectrales Alunita + caolinita, caolinita + illita, las que fueron usadas para la clasificación de minerales utilizando el Spectral Angle Mapper (Fig.5) y el Matched Filtering, el primero consiste en determinar la similitud entre dos espectros, uno el del píxel de la imagen y el otro el patrón espectral del mineral de interés y el Matched Filtering te muestra la abundancia del endmembers definido por el usuario usando un parcial unmixing.



**Figura 5.** Clasificación utilizando el SAM

### **3. Resultados y discusión**

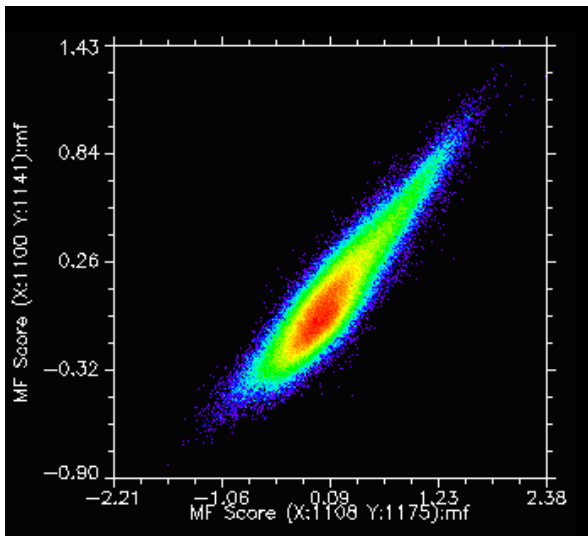
Las combinaciones entre bandas nos permitieron hacer una primera interpretación de los distintos tipos de cobertura existentes en el área de interés.

La combinación de ratios RGB: (b4/b5), (b4/b6), (b4/b7), muestra de colores blanquecinos las áreas con presencia de alunita, caolinita y alunita + caolinita y de color celeste verdoso las áreas de illita y/o esmectita.

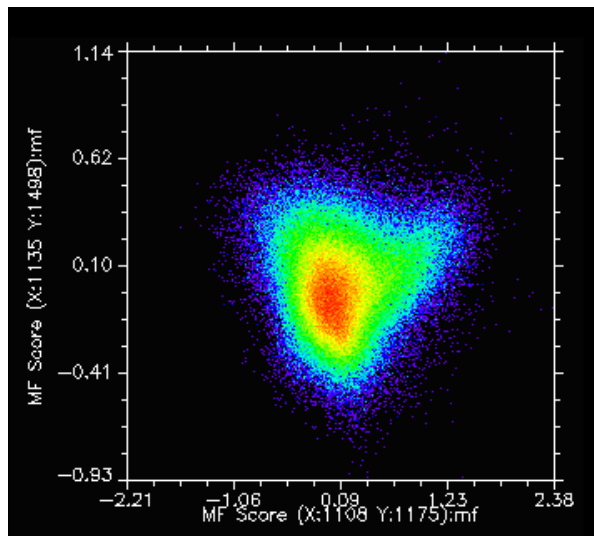
Los métodos de clasificación supervisada Spectral Angle Mapper y el Matched Filtering, nos permitió hacer una clasificación detallada de los minerales.

Los resultados del mapeo con el método Matched Filtering en el caso de la alunita y alunita + caolinita presentó mucha correlación entre si (Fig.6), caso contrario sucedió con los resultados de illita y/o esmectita + alunita (Fig.7).

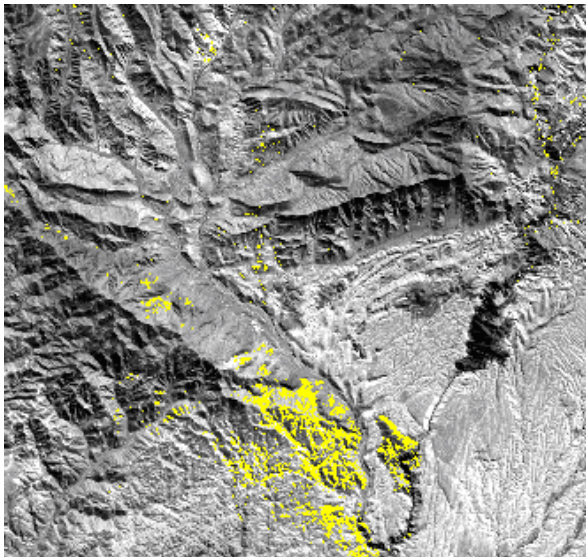
Los resultados de la illita y/o esmectita con el Spectral Angle Mapper (Fig.8) y el Matched Filtering (Fig.9) son muy similares.



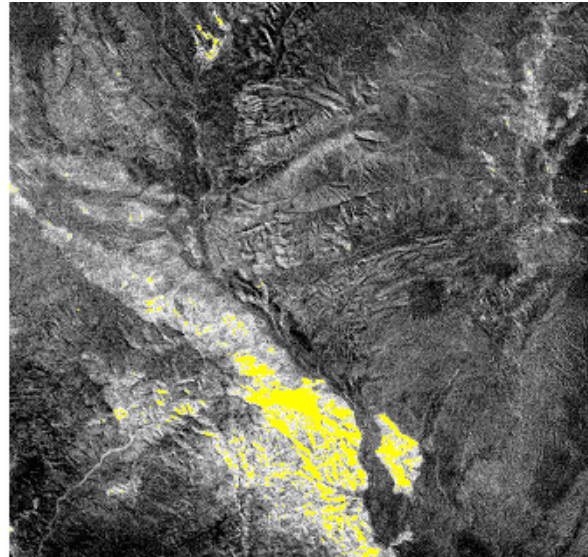
**Figura 6.** Correlación de la alunita vs alunita+caolinita



**Figura 7.** Correlación de la illita vs la alunita



**Figura 8.** Mapeo de Illita y/o Esmectita con el SAM



**Figura 9.** Mapeo de Illita y/o Esmectita con el MF

#### 4. Conclusiones:

La resolución espectral del subsistema SWIR del ASTER permitió la identificación de minerales, gracias a las características de absorción que tienen estos en la longitud de onda del infrarrojo medio.

La combinación de ratios RGB: (b4/b5), (b4/b6), (b4/b7) permiten identificar minerales característicos de las alteraciones argílicas, como la alunita, caolinita, esmectita e illita

Las técnicas utilizadas comúnmente en el análisis de datos hiperespectrales pueden ser adaptadas a datos multiespectrales.

El Spectral Angle Mapper permitió identificar alunita, caolinita y alunita + caolinita, illita + caolinita e illita y/o esmectita.

La clasificación con el método Matched Filtering presentó una alta correlación al mapear la alunita vs alunita + caolinita.

Queda como tarea ir a campo para comprobar los resultados obtenidos con el Spectral Angle Mapper (SAM) y el Matched Filtering (MF)

## 5. Referencias.

JPL. ASTER Spectral Library Version 1.2. Disponible en <<http://speclib.jpl.nasa.gov>>

Hook, M.A.S.; Ramachandran, B. **ASTER User Handbook Version 2**. Pasadena: JPL/EROS Data Center/NASA, 1999. Disponible en: <[http://asterweb.jpl.nasa.gov/content/03\\_data/04\\_documents/aster\\_user\\_guide\\_v2.pdf](http://asterweb.jpl.nasa.gov/content/03_data/04_documents/aster_user_guide_v2.pdf)>. Acceso en: 21.set. 2006.

Ducart, D. F. Caracterización da alteração hidrotermal associada às ocorrências auríferas de Los Menucos, Argentina, por meio de técnicas de sensoramento remoto e espectroscopia de reflectancia. 2004. 88 p. UNICAMP

Kruse, F.A.; Perry, S.L. Regional Mineral Mapping By Extending Hyperspectral Signatures Using Multispectral Data Aerospace Conference, 2007. IEEE. Versión 4 ,p.14

Perez, D. J.; Azcurra. D.; D'Odorico, P.; Sequeria. N. Mapeo de Alteración Hidrotermal con datos ASTER, en la región de La Coipa, Cordillera Frontal (31°45'S), Provincia de San Juan, Argentina. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Florianópolis, Brasil, abril 2007, INPE, p.2095-2102. CD-ROM. Online, disponible en: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.14.25/doc/2095-2102.pdf>>

Rowan, L. C.; Mars, J. C. Lithologic mapping in the Montains Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data. Remote Sensing of Environment. v.8, p. 350-366.

Rowan, L.C.; S.J. Hook; M.J. Abrams; and J.C. Mars. Mapping hydrothermally altered rocks at Cuprite, Nevada, using the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), a new satellite-imaging system. 2003. Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists, v.98, n.5, p. 1019-1027.

Vargas, L.; Geología del Cuadrángulo de Arequipa. 1962. INGEMMET