

# PROCESAMIENTO DIGITAL E INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DE IMAGEN ASTER DEL ÁREA ALTO CHICAMA, PROVINCIA DE HUAMACHUCO – NORTE DEL PERÚ

**Pedro Navarro**

*email: pnavarro@ingemmet.gob.pe*

**Erika Grández**

*INGEMMET, Av. Canadá 1470, Lima 41, email: egrandez@ingemmet.gob.pe*

## INTRODUCCIÓN

El área del Alto Chicama es una de las zonas de mayor auge económico en el futuro inmediato para la economía del país. Está previsto para el tercer trimestre del 2005 el inicio de las operaciones productivas del yacimiento aurífero de Callacuyán, que convertirá al Perú en el quinto productor mundial de oro. La explotación del depósito producirá en su primera década un promedio de 535 a 560 mil onzas/año (SNMPE, 2004).

El objetivo del presente es identificar litologías, estructuras, morfoestructuras volcánicas y zonas de alteración; basados en el procesamiento digital de una imagen satelital del área del Alto Chicama.

## DATOS

La imagen elegida para el procesamiento proviene del sensor ASTER, plataforma del satélite TERRA de órbita heliosincrónica, ubicado a 705 km de altitud y con un ancho de barrido de 60 km (Azcurrea *et al.*, 2003). Tiene 14 bandas entre la región espectral visible al termal infrarrojo, esto permite discriminar litologías y establecer minerales guías para identificar zonas de alteración hidrotermal. La imagen empleada es Nivel 1B (con corrección geométrica y radiométrica), fecha de toma: 30/08/2003

## UBICACIÓN

La zona de estudio se encuentra en las Provincias de Otuzco, Huamachuco y Santiago de Chuco, departamento de La Libertad, entre los 78°00', 78°30' O y 7° 45', 8°15' S. (figura 1).



**Figura 1. Ubicación del Área de Estudio.**

## ESTRATIGRAFÍA

Dentro del área de estudio, un 60% corresponde a afloramientos de rocas volcánicas. El restante lo comparten las secuencias sedimentarias e intrusivas. Las rocas más antiguas pertenecen a secuencias pelíticas de la Formación Chicama, cubiertas por depósitos sílico-clásticos y carbonatados del Grupo Goyllarisquiza, este a su vez subyace a la secuencia pelítica conglomerádica de la formación Huaylas (Cossío, 1964; Reyes, 1980).

Es muy probable que el tope de la Formación Chicama corresponda a la Formación Oyón, no cartografiada en la zona de estudios pero identificada en zonas aledañas. En la Formación Chimú es frecuente la ocurrencia de mineralización aurífera en las brechas de contacto (Gauthier *et al.*, 1999); así mismo, se han identificado varios yacimientos auríferos hospedados en esta formación tales como Callacuyán, La Arena, La Virgen, Maria Angola y Santa Rosa (Gauthier *et al.*, 1999; Montoya *et al.*, 1995; Montoya, 1999).

Los depósitos volcánicos pertenecen al Grupo Calipuy que consiste de numerosos episodios efusivos y explosivos que han contribuido con el emplazamiento de flujos de lava y variados depósitos piroclásticos, asociados a diferentes centros eruptivos. En el área de estudio se ha logrado reconocer los siguientes centros volcánicos: Quiruvilca, Alto Dorado, Pargarape, Paccha-Uromalqui, y Quesquenda. Así como parte de la caldera de Calamarca (figura 2).

## PROCESAMIENTO

Antes de realizar cualquier tipo de procesamiento se debe conocer las estadísticas generales de la imagen (tabla 1). Para lograr ello se hace uso del software elegido. Esta medida nos ofrece una valoración inicial sobre el carácter de cada una de las bandas y su grado de homogeneidad.

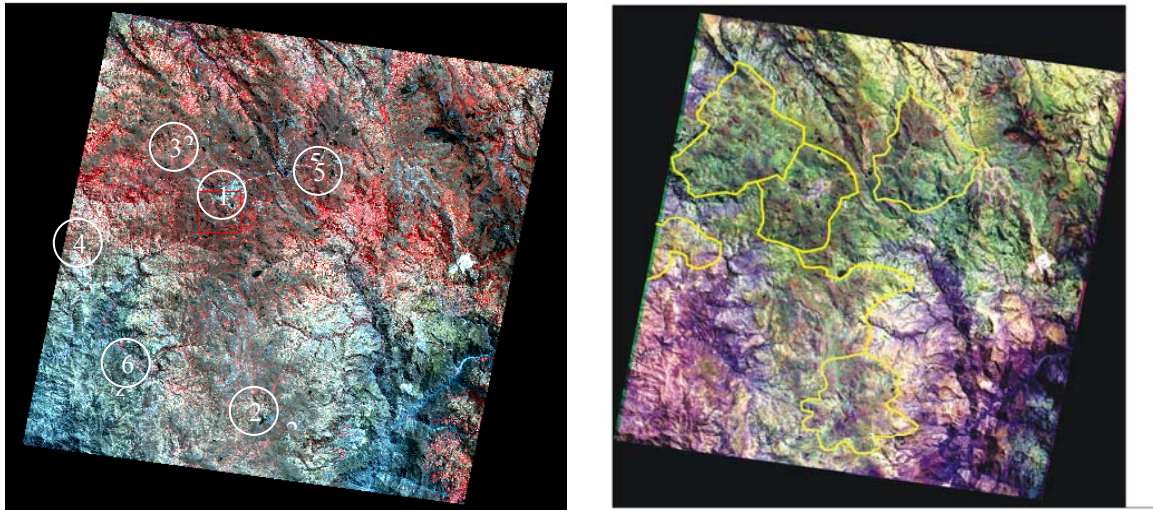
**Tabla 1. Estadísticas elementales de la imagen Aster en el VNIR y SWIR**

	<b>Banda</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Típica</b>
VNIR	1	255	0	73.13	36.74
	2	255	0	61.87	32.85
	3N	255	0	58.46	30.13
	3B	255	0	53.98	29.33
SWIR	4	231	0	63.85	32.08
	5	234	0	53.80	26.29
	6	255	0	57.41	28.48
	7	255	0	52.54	26.16
	8	255	0	53.84	27.20
	9	255	0	54.83	27.19

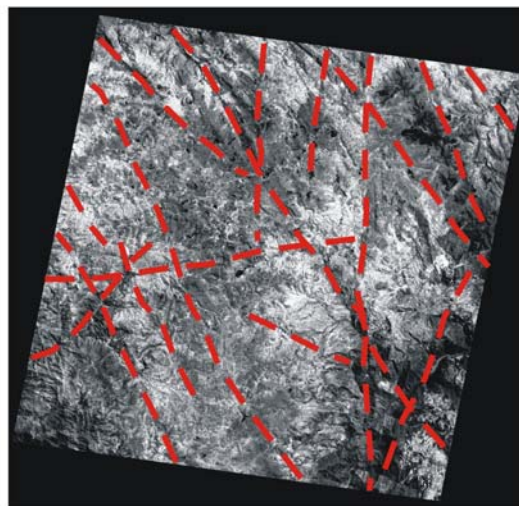
## DETERMINACIÓN DE LITOLOGÍAS

Para delimitar diferentes litologías se realizó la combinación de bandas 7,4,2 (figura 3). Se realiza la cobertura volcánica, lográndose determinar las morfoestructuras volcánicas indicadas en la figura 2.

Las diversas estructuras tectónicas y lineamientos son distinguibles al emplear la Banda 3 en tonos grises (figura 4).



**Figura 2. Ubicación de Centros Volcánicos Calipuy. 1: Quiruvilca, 2: Alto Dorado, 3: Pargarape, 4: Paccha-Uromalqui, 5: Quesquenda, 6: Calamarca. Combinación de bandas 3,2,1 (RGB) (izquierda). Figura 3. Delimitación de litologías y morfoestructuras volcánicas (derecha).**



**Figura 4. Demarcación de lineamientos estructurales.**

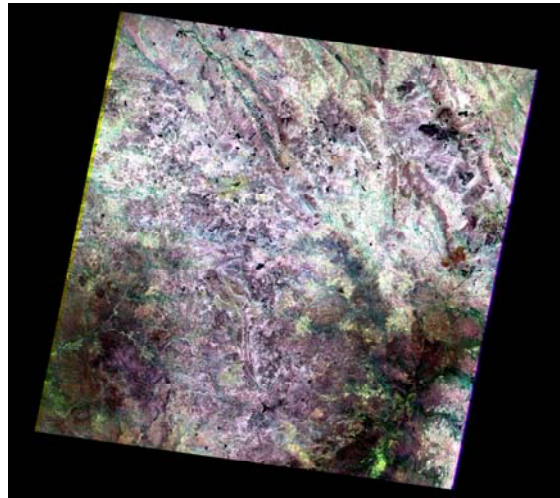
#### COCIENTES DE BANDAS

En muchos casos las respuestas espectrales de las rocas son similares, por lo tanto no siempre es posible diferenciar las litologías con la simple interpretación fotogeológica a partir de las diferentes combinaciones de bandas. Por ello se utilizaron cocientes de bandas en el SWIR para discriminar zonas de alteración hidrotermal. Previamente se realizó la calibración para obtener el dato de modo hiperespectral con la posterior determinación y comprobación de anomalías espectrales. Luego el enmascaramiento, que consiste en ocultar las zonas oscuras que representan la absorción de energía.

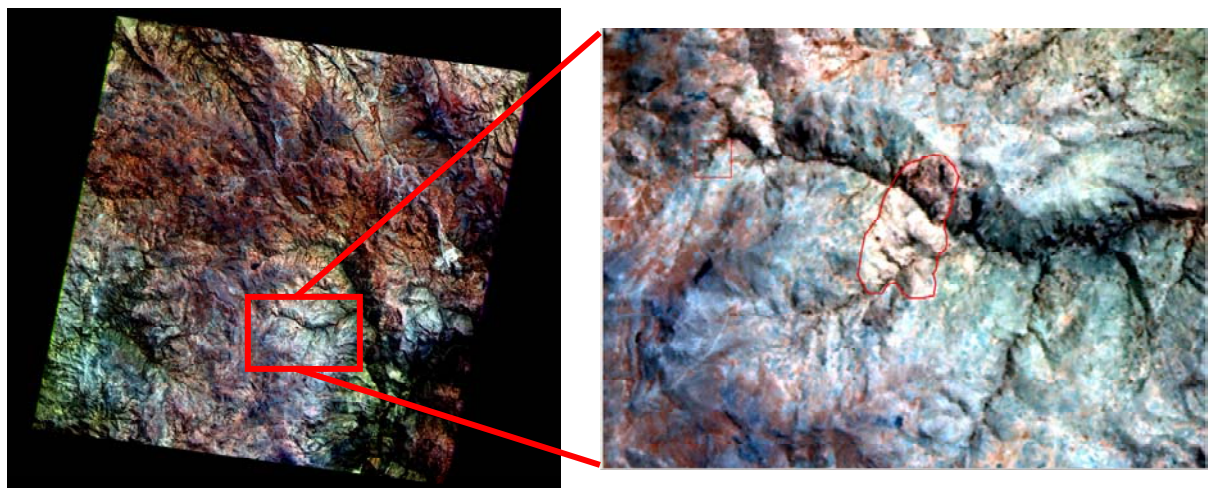
Con la combinación de cocientes 4/5, 4/6, 4/7 (RGB) se pudo identificar zonas de alteración hidrotermal resaltadas en coloraciones amarillas, que deben corresponder a arcillas (figura 5).

Así mismo se puede observar un halo de alteración en la combinación de bandas 4,5,9 (RGB) (figura 6). Sin embargo, es más notorio si utilizamos en la misma combinación el procedimiento *decorrelation stretch* DS4,DS5,DS9 (RGB) utilizado para realzar las diferencias de color en una

imagen quitando la correlación intrabanda de los valores de la radianza de cada pixel en el VNIR. Esto proporciona una descripción general que acentúa las variaciones de reflexión y restringe aquellas originadas por la topografía y temperatura (figura 7).



**Figura 5. Cociente de bandas 4/5, 4/6, 4/7 (RGB) (derecha).**



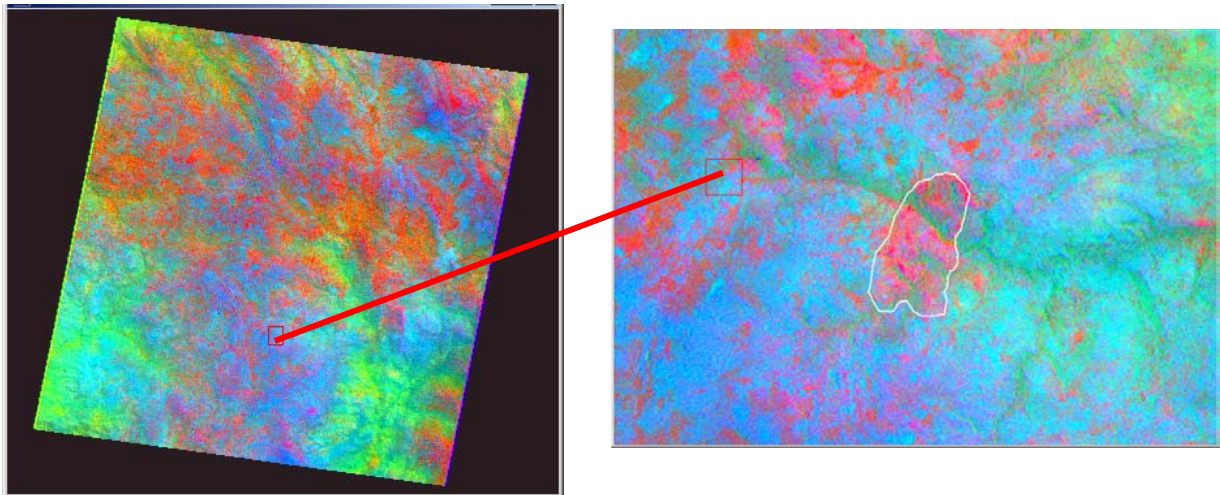
**Figura 6. Combinación de bandas 4,5,9 (RGB). A la derecha, detalle de halo de alteración.**

## CONCLUSIÓN

La resolución multiespectral de los datos ASTER permite, discriminar la litología existente, así como los principales rasgos estructurales mayores que afectan la zona de estudio. Así mismo, las zonas de alteración son claramente visibles utilizando cocientes de bandas y procesos como el *decorrelation stretch*.

Los datos presentados, han sido comprobados en el campo y son muy fiables, lo cual demuestra la utilidad de los sensores remotos aplicados a la geología.





**Figura 7. Combinación de bandas DS4,DS5,DS9 (RGB). A la derecha, detalle de halo de alteración.**

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Azurra, D., Castro, S., Kaku, M., Kohno, I. y Marin, G. 2003. Procesamiento y Productos Aster del Área de Sierra de Famatina, Provincia de La Rioja, República Argentina. *Anais XI SBSR Belo Horizonte, Brasil*, 815-822
- Cossio, N. 1964. Geología de los Cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. *Instituto Geológico Minero Metalúrgico*, Serie A, No. 8, 69 p.
- Gauthier, A., Díaz, N. y Quirita, V. 1999. Yacimiento La Arena-Virgen. *ProExplo, Conferences*, 73-92
- Montoya, D., Noble, D., Eyzaguirre, V. and desRosiers, D. 1995. Sandstone-hosted gold deposits: A new exploration target is recognized in Peru. *Engineering and Mining Journal*, Vol. 196, No. 6, 34-41
- Montoya, D. 1999. Yacimiento aurífero Santa Rosa. *Pro Explo, Conferences*, 93-100
- Reyes, L. 1980. Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. *Instituto Geológico Minero Metalúrgico*, Serie A, No. 31, 70 p.
- SNMPE (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía). 2004. *Revista Desde Adentro*, No. 13, 22 p.