



XVIII Congreso Peruano de Geología

Tecnologías hiperespectrales en la identificación y cartografiado de minerales de alteración hidrotermal

Juan Casas¹, Katherine Gonzales¹, Moisés Cutipa¹, Hugo Zarate¹ e Yngrid Orozco¹

¹ INGEMMET, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Av. Canadá 1470 San Borja, Lima, Perú (jucasas@ingemmet.gob.pe)

1. Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo integrar el uso de dos tecnologías hiperespectrales: la teledetección hiperespectral y la espectroscopia de reflectancia, mediante el procesamiento de imágenes hiperespectrales de sensores aerotransportados, y el análisis e interpretación de medidas espectrales de muestras de roca, para realizar la clasificación de minerales, e identificación de targets para la prospección geológica minera.

El INGEMMET desarrolla actividades de prospección geológica y minera mediante actividad permanente de Áreas de No Admisión de Petitorios Mineros (ANAP), en el cual se busca identificar zonas con recursos minerales de interés económico.

Se realizó las etapas de pre-procesamiento, procesamiento y post-procesamiento de imágenes hiperespectrales aerotransportadas AISA Dual, las mismas que fueron combinadas en forma de una metodología de procesamiento, para obtener mapas de contenido mineral y se utilizó firmas espectrales de muestras de campo para la clasificación de minerales, con el método Mixture Tuned Matched Filtering (MTMF; Boardman, 1998), utilizado para cartografiar características geológicas con gran éxito (Kruse et al. 2003).

Finalmente los resultados de las clasificaciones fueron validos con tomas de firmas espectrales in-situ, obteniendo una alta correlación entre los resultados obtenidos con la clasificación y lo que muestra el terreno en realidad.

2. Área de estudio

La zona de estudio está ubicada en el departamento de Moquegua, específicamente entre los distritos de San Cristóbal, Chojata y Carumas (Figura 1).

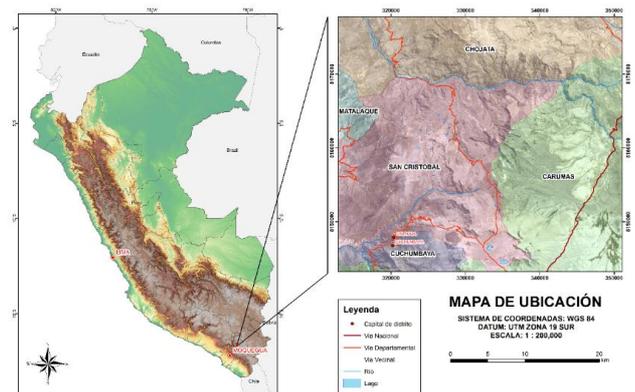


Figura 1. Mapa de ubicación

3. Contexto geológico

En el área de estudio se hospedan rocas de origen volcano-sedimentarias del Grupo Maure de edad Miocénica, hasta rocas recientes correspondientes al Grupo Barroso de edad Pleistocénica con cobertura final de depósitos cuaternarios recientes, es decir, flujos de barro, depósitos aluviales, depósitos fluvio-glaciares, depósitos morrénicos y depósitos piroclásticos. El Grupo Maure corresponde a una secuencia volcano-sedimentaria de ambiente lacustrino. Los principales afloramientos se localizan al entorno del sector Coralque donde se han identificado 2 principales unidades litológicas: Unidad Sedimentaria (Nm-ma/sed) y Unidad Superior Piroclástica (Nm-ma/tb). La zona de estudio se encuentra entre 2 franjas metalogenéticas (XV y XXI-c), desde la parte central al norte lo integra la franja XV que comprende Pórfidos- Skarn de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe mientras en la parte sur hacia el centro, integra la Franja XXI-c con depósitos polimetálicos de Pb-Zn-Cu con superposición epitermal de Au-Ag.

Principalmente se aloja entre rocas de edad Micénica (Grupo Maure – lado norte) y rocas volcánicas recientes de edad Pleistocénica (Grupo Barroso – lado sur), al parecer por sus características litológicas y de alteración podría afiliarse en mayor proporción a la faja XXI-c donde se podrían ubicar depósitos epitermales de alta sulfuración como los de Tucari y Santa Rosa expuestos un poco distantes y al lado noreste y este y los de Chupaca de Buenaventura al sur de la propiedad (L. Quispesilvana y W. García-1978)

4. Datos utilizados

4.1. Teledetección hiperespectral - imágenes hiperespectrales AISA Dual

AISA Dual es un sensor hiperespectral aerotransportado fabricado por la empresa SPECIM, tiene un total de 360 bandas espectrales que cubren los rangos espectrales VNIR: 400-970nm y SWIR: 970-2500nm, lo que representa una ventaja para el análisis espectral respecto a los sensores satelitales (Figura 2).

Las imágenes utilizadas en el presente trabajo fueron tomadas el 29 de octubre de 2014, y el INGEMMET adquirió un total de 17 líneas de vuelo de este sensor a la empresa SPECTIR en el año 2015.

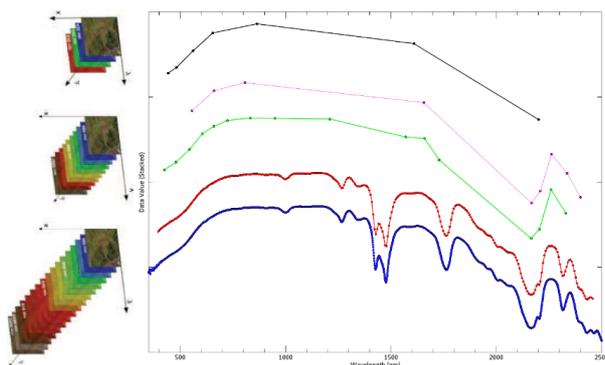


Figura 2. Comparación de resoluciones espectrales

4.2. Espectroscopia de reflectancia

Se utilizaron firmas espectrales de las muestras de mano (Figura 3) fueron adquiridas con espectrorradiómetro FieldSpec 4 Hi-Res del Laboratorio de Teledetección del INGEMMET, el cual permite adquirir espectros en las longitudes de onda del visible e infrarrojo cercano (VNIR) e infrarrojo de onda corta (SWIR), con un total de 2151 canales en el rango espectral de 350-2500 nm. Para el presente estudio se utilizaron firmas espectrales de 26 muestras de campo, a las cuales se les realizó la interpretación y posteriormente se eligieron las más representativas de los ensambles de minerales a clasificar (Óxido-Sílice, Montmorillonita y Clorita-Epidota).

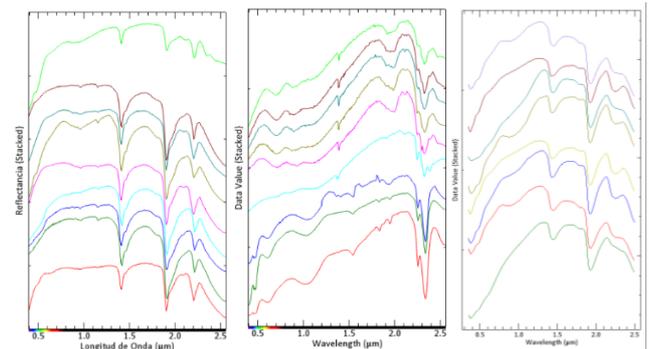


Figura 3. Firmas espectrales de muestras de mano, colectadas con espectrorradiómetro FieldSpec 4

5. Metodología

Se procesó dos tipos de información: las imágenes hiperespectrales aerotransportadas y muestras de campo, por la naturaleza de estos datos se realizó un tratamiento específico para cada una de ellas, para finalmente aplicar el método Mixture Tuned Matched Filtering (MTMF; Boardman, 1998) para la clasificación de minerales (Figura 4.).

Adicionalmente se obtuvieron índices de contenido de óxido férrico mediante la normalización del rasgo de absorción de 900 nm, e índice de contenido de al-oh mediante la primera derivada de un polinomio de orden cuatro entre 2120 y 2245 nm (Cudahy et. Al, 2008).

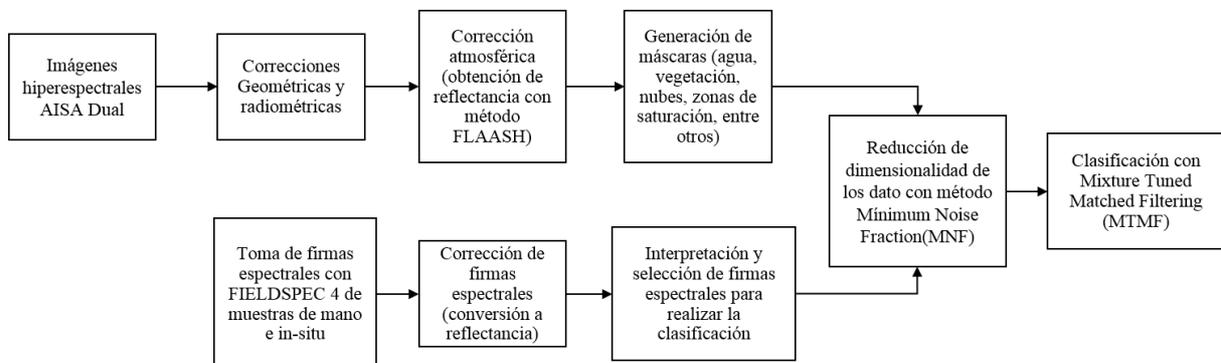


Figura 4. Flujo de trabajo para el tratamiento de datos

5. Resultados

A partir del análisis de los índices de contenido de minerales, se identificaron 04 zonas prioritarias, debido a los altos contenidos de óxido férrico y contenido de Al-OH (Figura 5), relacionados a alteraciones hidrotermales.

Las firmas espectrales obtenidas de las muestras de mano permitieron cartografiar zonas con presencia de Óxido- Sílice, Montmorillonita y Clorita-Epidota, las cuales muestran gran correlación espacial con los

resultados obtenidos con los índices de contenido de mineral (Figura 6).

Además, a partir del análisis espacial de las capas de información generadas, se concluyó que las zonas 3 y 4, son las que muestran mayor evidencia en superficie de presencia de minerales (Montmorillonita y Clorita-Epidota), que posteriormente fueron verificados en campo como targets para la prospección geológica-minera.

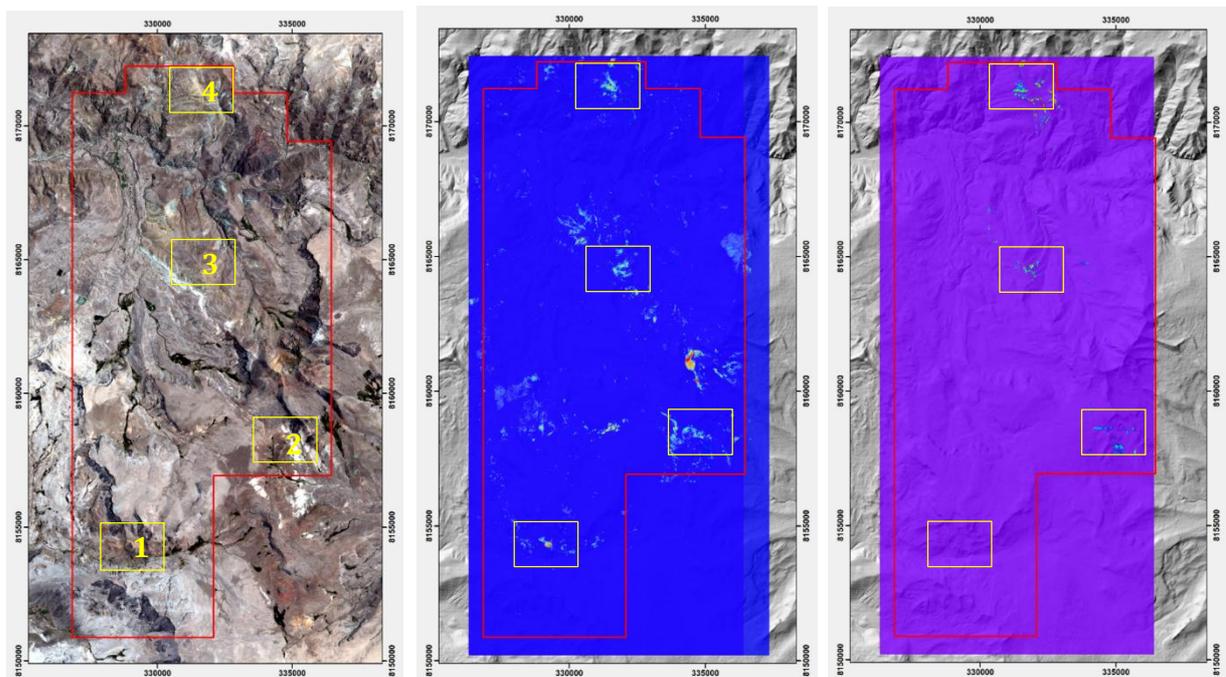


Figura 5. Índices de contenido de mineral

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Leyenda
Contenido de óxido férrico					
Contenido de Al-OH					
Clasificación de minerales					

Figura 6. Índices e contenido de minerales y clasificación de minerales utilizando MTMF

Las clasificaciones obtenidas fueron verificadas en campo mediante la corroboración in-situ de las zonas clasificadas a partir de las imágenes AISA Dual, verificándose también que el contenido de minerales estimado con las imágenes hiperespectrales se reflejaban en la realidad (Figura 7), de este modo se validó la metodología de procesamiento realizado, así como los productos generados a partir de esta.

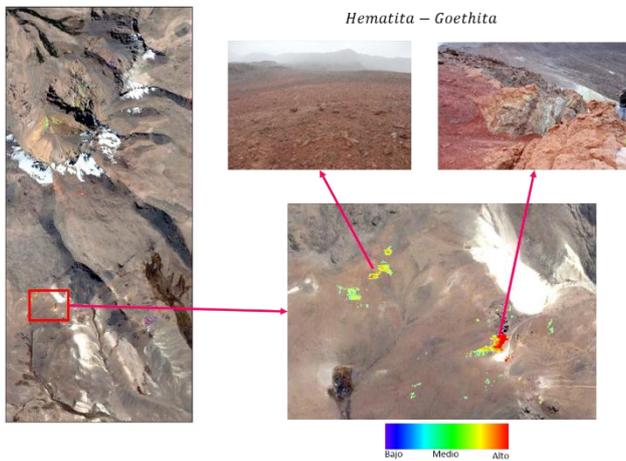


Figura 7. Corroboración in-situ de las zonas clasificadas

Se realizó también la toma de firmas espectrales en campo, utilizando el espectrorradiómetro FieldSpec 4 Hi-Res, para posteriormente correlacionar los datos de las firmas espectrales de las clasificaciones realizadas con los datos de las firmas espectrales adquiridas en campo, obteniendo una alta correlación entre estos datos (Figura 8), de este modo se logró validar espectralmente los resultados obtenidos combinando la teledetección hiperespectral y la espectroscopia de la reflectancia.

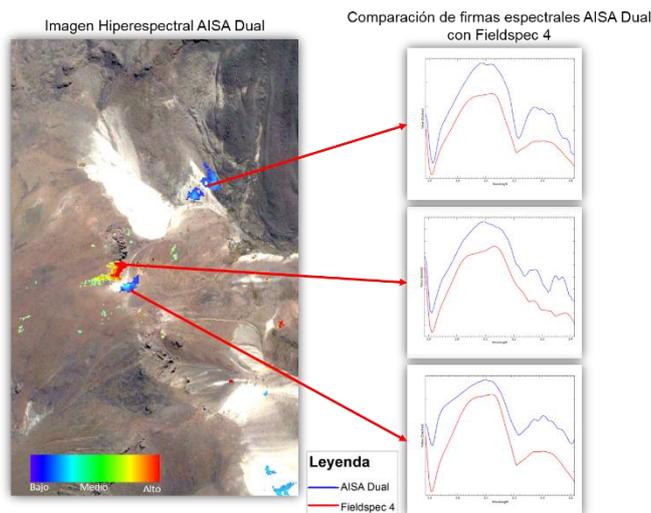


Figura 8. Correlación de datos de contenido de Óxidos Férricos de las imágenes hiperespectrales con los obtenidos con FieldSpec 4

6. Conclusiones

La resolución hiperespectral del AISA Dual permite discriminar minerales de alteración en las regiones del

visible e infrarrojo cercano (VNIR) e infrarrojo de onda corta (SWIR).

Esta técnica permite identificar zonas de interés para la prospección geológica-minera, siendo así una herramienta valiosa para la exploración de recursos minerales.

Se obtuvo una buena correlación entre los datos AISA dual clasificados por el método MTF con las firmas espectrales obtenidas de las muestras de campo, así como con las firmas espectrales tomadas in-situ.

Se verificó la metodología de procesamiento de imágenes hiperespectrales, así como los productos generada mediante trabajos de campo.

Se realizó la verificación espectral de las clasificaciones obtenidas mediante medidas espectrales in-situ, obteniendo una correlación alta entre las firmas espectrales de las clasificaciones y las firmas espectrales del terreno.

Para este método de clasificación es necesario contar con información espectral de campo (obtenidas in situ) o de laboratorio (medidas de muestras de mano).

Referencias

- Boardman, J.W. (1998). Leveraging the high dimensionality of AVIRIS data for improved sub-pixel target unmixing and rejection of false positives: Mixture Tuned Matched Filtering. In: Proceedings of the 7th Annual JPL Airborne Geoscience Workshop, JPL Publication 97-1, pp. 55. Pasadena, CA.
- Cudahy Thomas, Jones Mal, Thomas Matilda, Laukamp Carsten, Caccetta Mike, Hewson Rob, Rodger Andrew and Verrall Mike, Next Generation Mineral Mapping: Queensland Airborne HyMap and Satellite ASTER Surveys 2006-2008, CSIRO Exploration & Mining Report P2007 / 364
- Kruse F.A., Boardman, J.W. & Hunnington, J.F. (2003). Comparison of airborne hyperspectral data and EO-1 Hyperion for mineral mapping. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41(6), 1388-1400.
- L. Quispesilvana Q., & A. Zapata M. versión 2000 Memoria Descriptiva de la Geología del Cuadrángulo de Omate (34-u).
- W. García Márquez, versión 1978. Geología de los cuadrángulos, Puquina, Omate, Huaitire, Mazo Boletín Serie A, Carta Geológica Nacional Nro. 29.