



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

Cartografía de alteraciones hidrotermales utilizando imágenes multiespectrales ASTER en la provincia de Daniel Alcides Carrión, Pasco

Brayan Castillo Requiza, Johana Lucano Barrientos

Universidad Nacional Mayor de San Marcos – UNMSM. E. P. Ingeniería Geológica, Av. Venezuela Cdra. 34, Lima 1. Geochemistry Student Group (GSG-UNMSM)

RESUMEN

El área de investigación se encuentra ubicada en el cinturón polimetálico de los Andes Centrales del Perú, cubre aproximadamente 1519 km² y constituye parte de las hojas 21-j, 21-k, 22-j y 22-k correspondiente a los cuadrángulos de Yanahuanca, Ambo, Oyón y Cerro de Pasco. La geología de la zona consiste en secuencias sedimentarias que van desde el Precámbrico al Paleógeno. Las rocas del Complejo Metamórfico del Marañón son las más antiguas, seguidas por las lutitas pizarrosas con intercalaciones de arenisca cuarzosa del Grupo Excelsior, sobre estas yacen las rocas de los grupos Ambo, Mito y Pucará. Las secuencias del Jurásico-Cretácico son secuencias detríticas de arenisca gruesas a conglomerádicas del Grupo Goyllarisquizga, sobre la cual yacen las secuencias carbonatadas de las formaciones Chúlec, Pariatambo, Jumasha, Celendín y Casapalca. Asimismo, estas secuencias sedimentarias están afectadas por intrusivos de composición granítica. El objetivo del estudio es reconocer estilos de alteración hidrotermal para comprender su comportamiento y relacionarlo con la geología de la zona mediante el procesamiento de imágenes multiespectrales Aster de libre acceso. Los resultados obtenidos de las técnicas Spectral Angle Mapper (Fig 3a) se contrastaron con los de Cociente de bandas e Índices de identificación litológica SWIR (Fig 3b) mostrando zonas de alteración similares predominantemente al sur de la zona de estudio.

PALABRAS CLAVE: Alteraciones hidroter-

males, Aster, cartografía, Daniel Alcides Carrión.

ABSTRACT

The research area is in the polymetallic belt of the Central Andes of Peru, covers approximately 1,519 km² and constitutes part of sheets 21-j, 21-k, 22-j and 22-k corresponding to the quadrangles of Yanahuanca, Ambo, Oyón and Cerro de Pasco. The geology of the area consists of sedimentary sequences ranging from the Precambrian to the Paleogene. The rocks of the Marañón Metamorphic Complex are the oldest, followed by the slate shales with intercalations of quartz sandstone of the Excelsior Group, on these lie the rocks of the Ambo, Mito and Pucará groups. The Jurassic-Cretaceous sequences are coarse to conglomerate sandstone detrital sequences of the Goyllarisquizga Group, on which the carbonate sequences of the Chúlec, Pariatambo, Jumasha, Celendín and Casapalca formations lie. Likewise, these sedimentary sequences are affected by intrusives of granite composition. The objective of the study is to recognize hydrothermal alteration styles to understand their behavior and relate them to the geology of the area through the processing of freely accessible Aster multispectral images. The results obtained from the Spectral Angle Mapper techniques (Fig 3a) were contrasted with those of Band quotient and SWIR lithological identification indices (Fig 3b) showing similar alteration zones predominantly to the south of the study area.

KEY WORDS: Hydrothermal alterations, Aster,

cartography, Daniel Alcides Carrión.

DESARROLLO DEL RESUMEN

CONTEXTO GEOLÓGICO

La geología del área de estudio está conformada por rocas sedimentarias con edades que van desde el Precámbrico al Paleógeno.

La unidad más antigua corresponde a las rocas del Complejo marañón, conformado por esquistos que afloran al norte de la zona de estudio; luego yacen las secuencias de lutitas pizarrosas con intercalaciones de arenisca cuarzosa del Grupo Excelsior, al centro del área. Sobre el Grupo Excelsior yacen las rocas de los grupos Ambo del Carbonífero, Mitu del Permo-Triásico, y Pucará del Triásico superior-Jurásico inferior (Rodríguez et al., 2011).

Por otro lado, las secuencias pertenecientes al Jurásico-Cretácico se caracterizan por ser secuencias detríticas de arenisca gruesas a conglomeráticas del Grupo Goyllarisquizga, sobre la cual yacen las secuencias carbonatadas marinas de las formaciones Chúlec, Pariatambo (Cretácico inferior); Jumasha, Celendín (Cretácico superior) y Casapalca (Cretácico - Paleógeno). Finalmente, el Grupo Calipuy descansa discordantemente sobre las secuencias mesozoicas al suroeste del área.

La zona de estudio se ubica en la Cordillera Occidental y forma parte del cinturón polimetálico del Mioceno del centro del Perú (Fontboté, 2018). Entre los principales yacimientos registrados en la zona tenemos, en fase de exploración, Ayawilca-Colquipucro, Marcococha y Yumpag-Carama, y en fase de producción, el yacimiento Zelta.

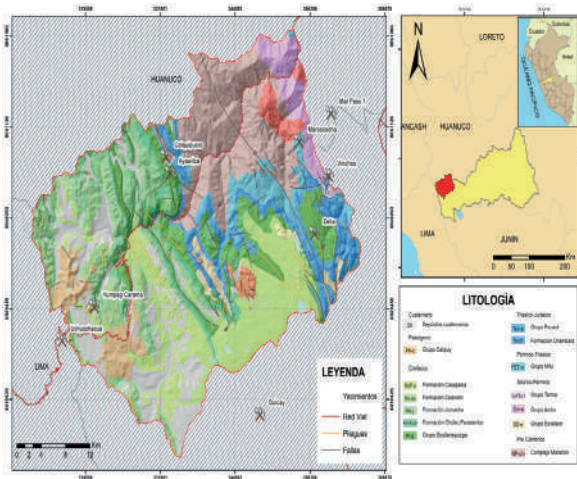


Fig. 1: Mapa geológico y de ubicación del área de estudio. Modificado de INGEMMET.

METODOLOGÍA

Se utilizaron las imágenes multiespectrales Aster (Advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer) a bordo del satélite Terra, eligiendo el producto Aster L1T. Estas fueron adquiridas del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés, <http://glovis.usgs.gov/>), de periodos sin lluvias y cobertura nubosa menor del 20%.

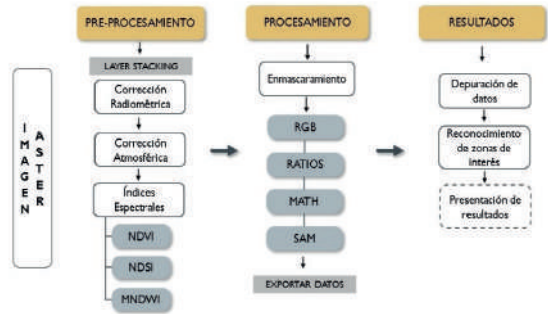


Fig. 2: Diagrama de flujo del procesamiento de imagen multiespectral ASTER para reconocimiento de zonas de minerales de alteración. Elaboración propia.

La metodología usada para la determinación de zonas con minerales de alteración hidrotermal constituye una etapa de pre-procesamiento, procesamiento y presentación de resultados. Mediante el procesamiento de las imágenes satelitales Aster se estimó las zonas de minerales de alteración, resultado de la comparación entre sí de las técnicas espectrales aplicadas al área de estudio, identificando zonas de alteración coincidentes o similares.

Estas técnicas son: (1) Combinación de bandas RGB, para mapeo de zonas con minerales arcillosos y óxidos. (2) Cocientes o Ratios de bandas, aplicando los cocientes 4/6, 4/5, 5/8, y 2/1, (3) Índices de identificación litológica – SWIR, definidos por Ninomiya (2004), para reconocimiento de zonas de alteración hidrotermal y (4) SAM – Spectral Angle Mapper, para ver logaritmos o método de análisis multiespectral para la clasificación de minerales.

RESULTADOS

Se contrastó los resultados obtenidos de las técnicas Spectral Angle Mapper, con Cociente de bandas e Índices de identificación litológica SWIR, correlacionándolo con la geología, contexto metalogénico y fallas geológicas presentes en la zona de estudio, siendo las zonas con mayor presencia de alteración la parte sur del área de estudio.

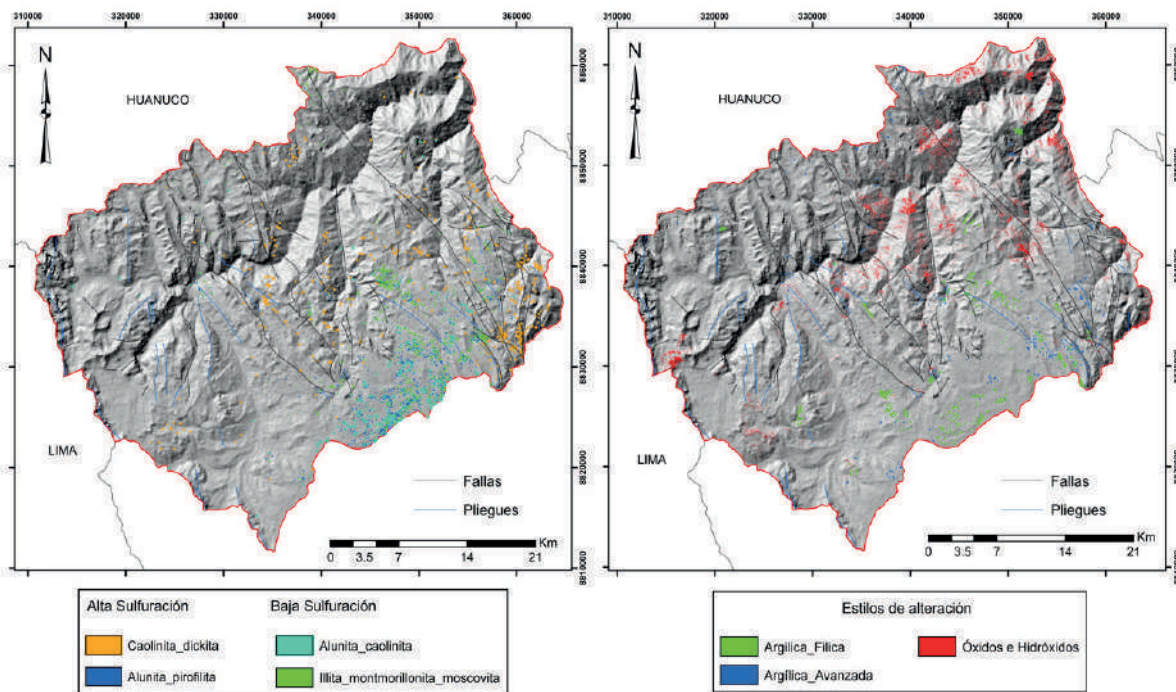


Fig 3: Comparación de imágenes. En a) Método de Spectral Angle Mapper. En b) Método de Cociente de bandas e Índices de identificación litológica SWIR.

CONCLUSIONES

El método de Spectral Angle Mapper es útil para reconocer ensambles específicos de alteración cuando se conoce el contexto metalogénico del área de estudio. El contrastar este método con los métodos de Cociente de bandas e Índices de identificación litológica SWIR contribuye a la validación de resultados del procesamiento.

El presente trabajo fue realizado de manera remota, algunas zonas mapeadas como alteración hidrotermal podría tratarse de alteración supérgena, por lo que las alteraciones determinadas mediante el procesamiento de las imágenes satelitales deben ser verificadas con estudios posteriores en campo.

El mapeo de alteración propilítica, o ensamble clorita-epidota-calcita, no fue considerado entre los resultados, debido a que estas se ubicaban espacialmente en las sombras de la imagen satelital, mostrando poca confiabilidad para determinar este tipo de alteración hidrotermal.

CONTRIBUCIONES TÉCNICAS

El presente trabajo tiene como aporte proponer un cartografiado preliminar de alteraciones hidrotermales en zonas que pueden ser de interés y servir como base a estudios posteriores con etapas de campo que puedan determinar el origen de las alteraciones registradas de manera remota; asimis-

mo, contrasta técnicas de mapeo multispectral demostrando que el uso de estas técnicas complementa sus resultados.

REFERENCIAS

Abrams, M., Hook, S., & Ramachandran, B. (2004). ASTER User Handbook, Version 2. Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. http://asterweb.jpl.nasa.gov/content/03_data/04_Documents/aster_guide_v2.pdf

Beiranvand, A., Park, Y., Park, T.-Y., Hong, J.K., Hashim, M., Woo, J., & Ayoobi, I. (2018). Regional geology mapping using satellite-based remote sensing approach in Northern Victoria Land, Antarctica. *Polar Science*, vol. 16. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2018.02.004>

Caiza, E. K. (2018). Estimación de zonas de alteración hidrotermal mediante interpretación de imágenes satelitales tipo Aster y uso del equipo Terraspec en la zona oriental de cerro de Pasco, Perú. (Bachelor's thesis, Quito: UCE). <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/14217>

Cobbing J, Sánchez AW (1996) Mapa Geológico del Cuadrángulo de Yanahuanca, Departamento de Pasco (Hoja 21-j): Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

Duda, K., Daucsavage, J., Siemonsma, D.,

Brooks, B., Oleson, R., Meyer, D., & Doescher, C. (2015). Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Level 1 Precision Terrain Corrected Registered At-Sensor Radiance Product (AST_L1T). US Geological Survey, USA. https://lpdaac.usgs.gov/documents/647/AST__L1T_User_Guide_V3.pdf

Fonboté, Lluís. Ore deposits of the central Andes. In: Elements, 2018, vol. 14, n° 4, p. 257-261. doi: 10.2138/gselements.14.4.257.

Gonzales, K., Casas, J., Zarate, H., Rivera, D., Rodriguez, I., INGEMMET, A., & San Borja, C. (2012). Teledetección Satelital óptica en el seguimiento de las actividades mineras en Madre de Dios. https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2858/1/Gonzales-Teledeteccion_satelital_optica.pdf

Ninomiya, Y. (2004). Lithologic mapping with multispectral ASTER TIR and SWIR data. En Sensores, sistemas y satélites de próxima generación VII (Vol. 5234, págs. 180-190). Sociedad Internacional de Óptica y Fotónica. <https://doi.org/10.1117/12.511902>

Pérez, D., D'Odorico, P. y Godeas, M. (2010). Reconocimiento de alteración hidrotermal con el sensor ASTER, en el curso medio del río Santa Cruz (31°40'S), Provincia de San Juan. Revista de la Asociación Geológica Argentina 66 (4): 653-633. <https://revista.geologica.org.ar/raga/article/view/790>

Rodríguez, G. (2010). Determinación de zonas de Alteración Hidrotermal mediante imágenes ASTER, oeste de Cajamarca. (Doctoral dissertation, Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional San Antonio de Abad. Cusco). <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/TE0131.pdf>

Rodríguez, R.; Cueva, E. & Carlotto, V. (2011). Geología del cuadrángulo de Cerro de Pasco, hoja 22-k, escala 1:50,000. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 144, 160 p, 4 mapas.

Yamaguchi, Y., Fujisada, H., Kudoh, M., Kawakami, T., Tsu, H., Kahle, AB y Pniel, M. (1999). ASTER instrument characterization and operation scenario. Advances in space research, 23 (8), 1415-1424. [https://doi.org/10.1016/S0273-1177\(99\)00293-8](https://doi.org/10.1016/S0273-1177(99)00293-8)