



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: [www.sgp.org.pe](http://www.sgp.org.pe) ISSN 0079-1091

## Técnicas satelitales para la identificación de cuencas intra-montañas en terrenos volcánicos: caso grupo Calipuy-Formación la Chapa

Fiorella Alejandra Chavez Cobeñas<sup>1</sup>, Diana Pajuelo Aparicio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Av. Venezuela Cda. 34 s/n Lima Cercado, Lima, Perú.

<sup>1</sup>[fiorella.chavez1@unmsm.edu.pe](mailto:fiorella.chavez1@unmsm.edu.pe), [dpajueloa@unmsm.edu.pe](mailto:dpajueloa@unmsm.edu.pe)

### RESUMEN

Las técnicas para identificación litológica utilizando imágenes satelitales son importantes para resaltar diversos tipos de rocas, tales como intrusivas, volcánicas o sedimentarias. El cartografiado geológico usando imágenes satelitales es importante en una etapa previa al trabajo de toma de datos en una zona determinada. Los terrenos volcánicos pueden contener antiguas cuencas intra-montaña donde se depositan secuencias volcanoclásticas intercaladas, o no, con eventos volcánicos. El segmento Cajamarca contiene afloramientos volcánicos reconocidos como Grupo Calipuy, donde se registran secuencias volcanoclásticas intercaladas con otros eventos volcánicos reconocidos como la Formación La Chapa. En este trabajo identificamos que las combinaciones RGB con bandas de imagen Landsat 8 son muy útiles, pero la aplicación de la técnica de fusión de imágenes satelitales presenta un mejor resultado para identificar secuencias volcanoclásticas. Esta técnica fue comparada en Arequipa con la Formación Condorama que contiene secuencias volcanoclásticas.

**Palabras clave:** volcanoclástica, cuenca intra-montañas, fusión imagen satelital.

### ABSTRACT

Techniques for lithological identification using satellite image are relevant for highlighting diversity of rocks such as intrusive, volcanic, or

sedimentary rocks. Geologic mapping using satellite image is important for a previous field work recognition. Volcanic terrains might contain old intermountain basin where we can find volcanoclastic sequences interbedded or not with volcanic events. The Cajamarca segment contain volcanic rock outcrops recognized as Calipuy Group where it was registered volcanoclastic sequences interbedded with other volcanic events named as La Chapa Formation. In this work we identified that RGB band combination using Landsat 8 image are useful, to define extended volcanic interbedded areas, but the fusion image satellite has a better result to identify volcanoclastic sequences. This technique was compared in Arequipa with Condorama Formation which contain volcanoclastic sequences.

**Key Words:** Volcanoclastic, intermountain basin, image fusion.

### INTRODUCCIÓN

Las secuencias volcánicas contienen episodios de tipo efusivo y explosivo, pero durante etapas de calma eruptiva, la erosión moviliza los detritos volcánicos hacia una cuenca cercana, estos depósitos son reconocidos como depósitos volcanoclásticos (Fisher & Smith, 1991), las cuales pueden intercalarse con secuencias de cenizas y/o lacustrinas. En la Cordillera Occidental del Norte del Perú, el segmento Cajamarca contiene episodios volcánicos denominados como Grupo Calipuy de edad Paleógeno-Mioceno (Cossio,

1964). La Formación La Chapa ha sido identificada como un nivel de secuencias volcanoclásticas intercalado con depósitos de flujos piroclásticos con pómez, flujos de bloques y cenizas, y flujo de cenizas (Cereceda et al, 2008). Las secuencias volcanoclásticas están relacionadas a cuencas intramontañas, formadas por sistema de fallas regionales y estudiadas a detalle en el sur del Perú como la Formación Condoroma (Torres, 2011). La zona de estudio está ubicada entre los parale-

los 7°0'0" – 6°30'0" y 79°15'0" – 78°45'0", las altitudes varían desde 254 a 3967 msnm, abarcando las provincias de Chota, Santa Cruz y San Miguel en Cajamarca, limitando al oeste con el departamento de Lambayeque. El objetivo de esta investigación es aplicar técnicas de identificación litológica utilizando herramientas satelitales de acceso libre para resaltar las características en zonas de cuenca intramontañas durante el Mioceño (Figura 1).

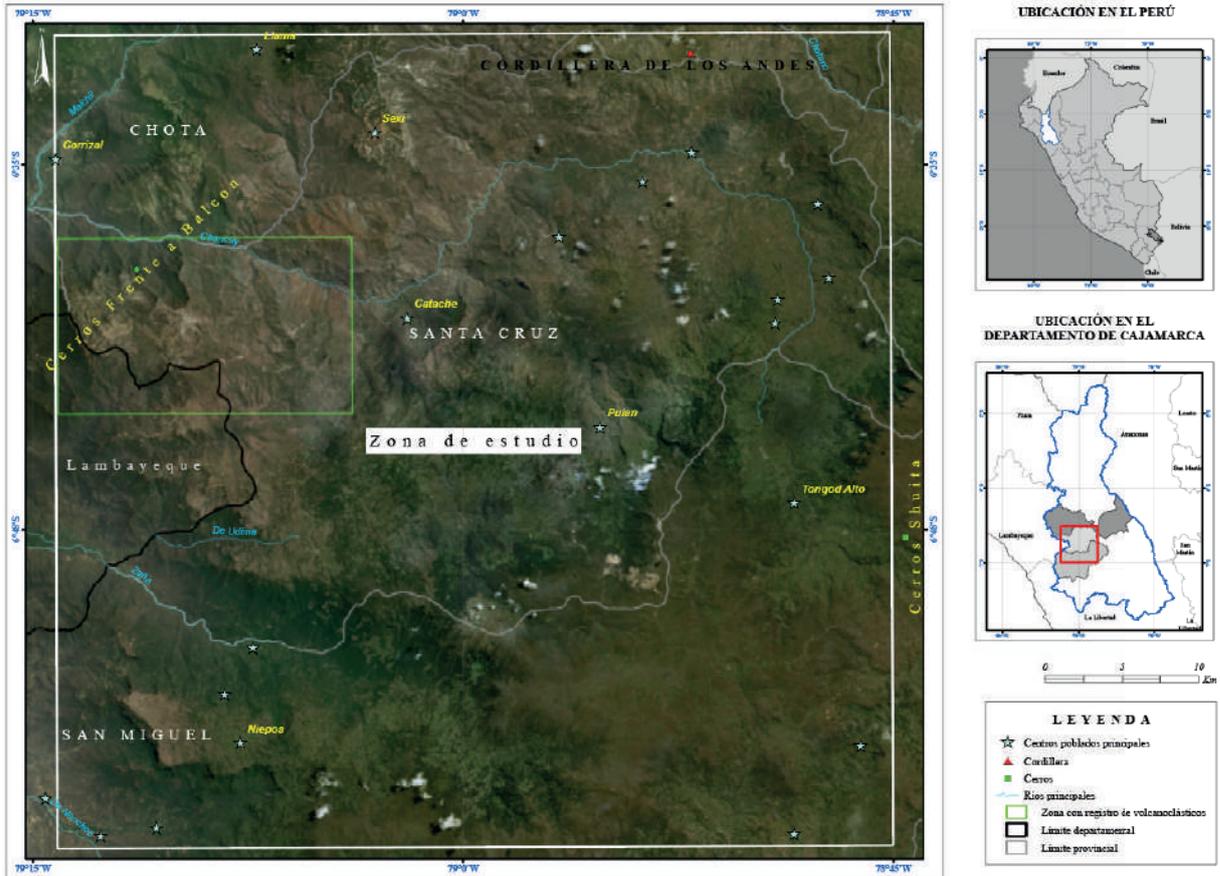


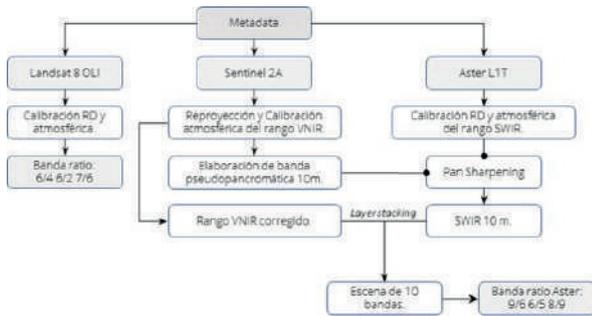
Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

## DATOS Y METODOLOGÍA

Fueron utilizadas dos técnicas, en ambos casos se realizaron las correcciones radiométricas y atmosféricas, para luego realizar enmascaramientos por índices de vegetación, agua y sombras. Además, se utilizaron técnicas para identificación litológica (Kamel et al., 2016). Las escenas fueron descargadas de la página de la USGS: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Primero se realizó el preprocesamiento de la imagen Landsat 8 (ID: LC08\_L1TP\_009065\_20160825\_20170322\_01\_T1, día de recepción 25-08-2016) y se realizó la combinación RGB de las bandas ratio 6/4 6/2 7/6 (modificado de Gad. S & Kusky T., 2006). Luego, las imágenes Aster (ID: AST\_L1T\_0030901200715

4547\_20150521045216\_57659, día de recepción 01-09-2007) y Sentinel 2A (ID: L1C\_T17MPN\_A020657\_20190606T153907, día de recepción 06-06-2019) fueron utilizadas y se aplicó la técnica de fusión de imagen satelital. Se realizó la fusión de banda pseudopanromática (promedio de las bandas del espectro visible y el NIR) de 10m de la imagen Sentinel 2A con las bandas SWIR de la imagen Aster. En la nueva escena fusionada se aplicó la banda ratio 9/6 6/5 8/9 para las bandas resultantes (Modificado de Cutipa M. et al, 2014).

Estas técnicas fueron utilizadas en la zona de Cajamarca-La Chapa y posteriormente comparada con la zona sur del Perú, en la Cuenca Condoroma.



Bandas resultantes	Longitud de onda (µm)
Banda 1 - Azul	0.45 - 0.52
Banda 2 - Verde	0.54 - 0.57
Banda 3 - Rojo	0.65 - 0.68
Banda 4 - NIR 1	0.78 - 0.90
Banda 5 - SMR 1	1.60 - 1.70
Banda 6 - SMR 2	2.145 - 2.185
Banda 7 - SMR 3	2.185 - 2.225
Banda 8 - SMR 4	2.235 - 2.285
Banda 9 - SMR 5	2.295 - 2.365
Banda 10 - SMR 6	2.360 - 2.430

Figura 2. Diagrama de flujo y bandas resultantes de la nueva escena fusionada.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La imagen Landsat 8 muestra características importantes que resaltan las secuencias de la Formación La Chapa en colores verde claro y tonalidades azules. Estas tonalidades de color sobresalen respecto al resto de área donde afloran rocas volcánicas. Además, coincide con el área identificada por Cereceda et al. (2008) como Formación La Chapa (línea discontinua) (Figura 3).

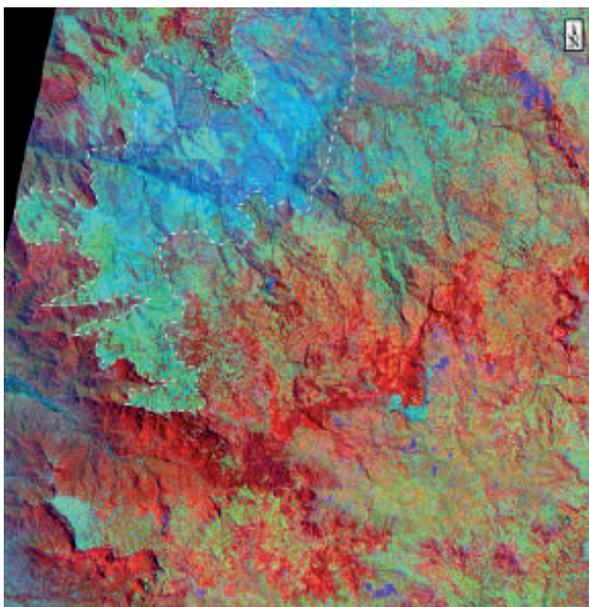


Figura 3. Formación La Chapa-Cajamarca en líneas entrecortadas blancas. Imagen satelital Landsat 8 con Banda ratio 6/4 6/2 7/6.

La imagen fusionada Aster-Sentinel 2A resalta la Formación La Chapa con colores azules violáceas, anaranjados y amarillos, sobre todo hacia la zona oeste, y al este unas tonalidades verdes y anaranjadas (Figura 4a). Se hace énfasis esta área debido a los resultados obtenidos previamente. Para realizar un control de calidad en los resultados, se procedió a aplicar la misma técnica en la zona sur del Perú, en la Formación Condoroma.

Las líneas en amarillo (Figura 4b) indica los límites de la Formación Condoroma Miembro A litológicamente compuesto por conglomerados, areniscas de grano grueso, lutitas, calizas y niveles piroclásticos (Torres, 2011).

Los resultados muestran que las áreas correspondientes a la Formación Condoroma contienen mayor concentración de tonalidades azul violáceas con pequeñas áreas de color verde claro.

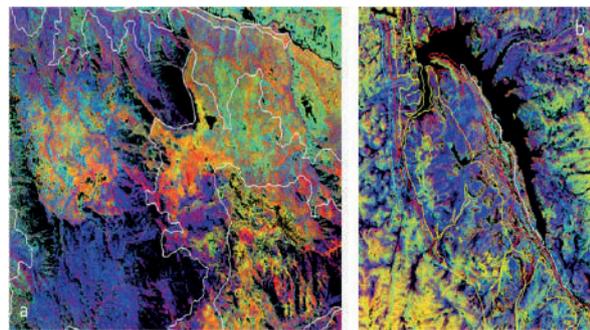


Figura 4. Banda ratio 9/6 6/5 8/9. a) Las líneas continuas blancas representan a los polígonos con presencia de secuencias volcánicas de la Fm. La Chapa. Acercamiento de la zona Este del área de estudio (cuadro verde de la Figura 1). b) Zona de la cuenca de Condoroma dividida entre sus 3 miembros (Torres D., 2011), Miembro A (línea cian), Miembro B (línea roja) y Miembro C (línea amarilla).

**CONCLUSIONES**

- Las imágenes Landsat 8 resultan convenientes para resaltar características litológicas, sin embargo, para resaltar áreas intramontañosas con mezcla de depósitos volcánicos resulta conveniente realizar combinaciones de banda ratio y la aplicación de imágenes con mejor resolución.
- La fusión de bandas entre imágenes satelitales resulta una técnica interesante y conveniente, sobre todo para identificar secuencias volcánicas y diferenciarla de otras secuencias volcánicas.

## CONTRIBUCIONES TÉCNICAS O CIENTÍFICAS

La técnica de fusión de imágenes satelitales ayuda a resaltar las características de secuencias volcánoclasticas en terrenos de cuenca intra-montañosa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cereceda, I. et al (2008). Estratigrafía del volcanismo Cenozoico (Grupo Calipuy) en la zona de Chongoyape – Santa Cruz, Cajamarca. Lima: Sociedad Geológica del Perú.

Cossio, A. (1964). Geología de los Cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 8, 69 p.

Cutipa M. et al (2014). Discriminación litológica utilizando imágenes Aster y Espectroscopia Térmica en el área de Chaparra – Departamento de Arequipa. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, v.109, 2014, pp. 150-153.

Fisher, R.V., Smith, G.A. (1991). Sedimentation in Volcanic Settings. SEPM Special Publication no. 45. v 257 pp.

Gad, S. y Kusky, T. (2006). Lithological mapping in the Eastern Desert of Egypt, the Barramiya area, using Landsat thematic mapper (TM). Journal of African Earth Sciences, 44 (2), 196–202. doi: 10.1016 / j.jafrearsci.2005.10.014

Kamel, M., Youssef, M., Hassan, M., Bagash, F. (2016). Utilization of ETM+ Landsat data in geologic mapping of wadi Ghadir-Gabal Zabara area, Central Eastern Desert, Egypt. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences. 19, 343-360.

Torres D. (2011). Estratigrafía, sedimentología y tectónica de la Cuenca Condoroma (Mioceno), Arequipa - sur del Perú [Tesis de Grado con acceso restringido]. Universidad Nacional de Ingeniería.