

Identificación de litologías volcánicas utilizando imágenes Aster en Las Cañadas del Teide (Tenerife, Islas Canarias)

Gustavo A. Martínez⁽¹⁾, Iksoo Kyun⁽¹⁾ y Germán Hernández Durán⁽¹⁾

⁽¹⁾ Interra, Ingeniería y Recursos, S.L., Calle Bouza 2, 3º-1, Santa Cruz de Tenerife. proyectos@interra.es

Resumen

Se presentan los resultados de una clasificación supervisada en el sector de Las Cañadas del Teide, Tenerife, utilizando datos Aster. El potencial de este sensor con 14 bandas que operan desde el visible al infrarrojo medio, tiene una probada capacidad en la discriminación de distintas litologías. Geológicamente, en el área de estudio existe una amplia gama de rocas volcánicas que incluyen los extremos básicos a sálicos. Presentan diferencias mineralógicas, texturales y estructurales que producen diferentes espectros de reflectancia-emisividad, susceptibles de ser detectadas por el sensor ASTER. Se realizó una clasificación supervisada que fue validada con la cartografía geológica existente. Los datos de entrada fueron únicamente las bandas ASTER, ya que precisamente el objeto del estudio es probar las características de discriminación de las mismas. Los primeros resultados dan una exactitud global del 59,39% utilizando el estimador máxima verosimilitud. No obstante, algunos tipos litológicos fueron discriminados con gran precisión. El aporte de los datos Aster permitió ampliar el conocimiento del potencial de este sensor para discriminar diferentes litologías volcánicas en la isla de Tenerife.

1. Introducción

Las plataformas orbitales corrientes presentan limitaciones de distinto tipo tanto para el mapeo como para el monitoreo volcánico. El sensor ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) de última generación a bordo del satélite TERRA, en órbita desde fines de 1999, es el primer satélite multispectral con resoluciones espaciales y espectrales adecuadas para aplicaciones

geológicas [1]. Tiene un ancho de barrido de 60 km y cubre una amplia región espectral con 14 bandas, desde el visible al infrarrojo térmico (VNIR, con 3 bandas de 0.5 a 0.9 μm y 15 m de resolución espacial; SWIR, con 6 bandas en el infrarrojo de 1,6 a 2,5 μm y 30 m de resolución; y TIR con 5 bandas en el infrarrojo térmico de 8,1 a 11,6 μm y 90 m de resolución).

Los datos Aster se han utilizado en varios estudios mineralógicos y litológicos con buenos resultados [2,3,4]. La resolución multispectral de los datos Aster permite discriminar rocas ígneas principalmente en la región espectral del infrarrojo térmico (TIR) y minerales de alteración especialmente en la región del infrarrojo de onda corta (SWIR).

Las recientes alertas de riesgo volcánico en la isla de Tenerife, han incrementado el esfuerzo de las autoridades y organismos estatales en dar una respuesta a fin de cuantificar y evaluar programas de monitoreo en la isla. Hasta el presente, han sido escasas las aplicaciones de sensores remotos en el dominio terrestre en gran parte de las disciplinas en la isla de Tenerife. Se destaca la contribución de Carrasco et al. (2000) [5] donde a través de técnicas de interferometría se han detectado áreas de riesgo volcánico en la isla.

En esta contribución se intenta evaluar el potencial del sensor Aster para discriminar litologías volcánicas en las Cañadas del Teide (Fig. 1), una región árida a semiárida, por presentar escasa cubierta de vegetación y una variada litología.

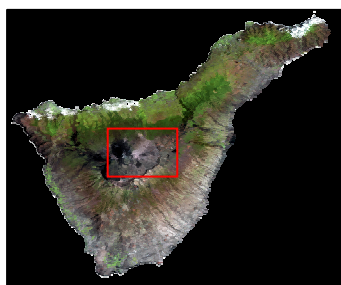


Figura 1: Arriba: situación del área de estudio. Debajo: imagen Aster (R:4, G:3, B:2).

2. Materiales y Métodos

Se utilizó una escena Aster captada el 19/6/2002 (Path /Row: 207/40; nivel L1B) que cubre el área de la Hoja Geológica de IGME [6]: Las Cañadas del Teide a escala 1:25.000 (16°24'52.85" - 16°40'28.54" W; 28°13'11.70" - 28°19'55.03" N).

La dificultad inicial de establecer la leyenda de trabajo a partir de las 77 categorías que recoge la hoja geológica en esta zona, quedó resuelta en las diez clases definitivas. Estas diez clases recogen las grandes familias de litología volcánica presente en la zona.

Se procesaron las imágenes VNIR, SWIR y TIR, a los que se añadió un índice de vegetación, como medida para eludir zonas con mucha cobertura vegetal. Teniendo en cuenta este índice, se hizo una ventana de trabajo menor que la correspondiente a hoja geológica existente.

En análisis previos se comprobó la redundancia de información en algunas bandas, por lo que de las 15 bandas iniciales, NDVI incluido, se redujeron a 10. Se realizó una clasificación supervisada aplicando el algoritmo de máxima verosimilitud. Para la validación del mapa geológico se utilizó la carta digitalizada por Grafcan (Cartografía de Canarias, S.A.) a escala 1:25:0000, comparando la

clasificación con los polígonos reagrupados en la nueva leyenda.

La verificación se llevó a cabo con un conjunto de puntos aleatorios estratificados.

3. Marco Geológico

El archipiélago canario constituye una de las zonas de la Tierra que más ha atraído al mundo científico dentro de campo de la Geología. Este interés está justificado por la existencia de un vulcanismo activo (con erupciones históricas), por su ubicación en un borde pasivo, por su historia volcánica excepcionalmente larga y por la presencia de una amplia gama de materiales y formas volcánicas.

La isla de Tenerife se encuentra situada en el sector central del archipiélago, tiene una superficie emergida de 2.058 km² que se eleva desde los fondos oceánicos hasta alcanzar una altura de 3.718 m en el pico Teide. Este edificio se encuentra dentro de una espectacular depresión semicircular, la caldera de Las Cañadas.

El vulcanismo de Tenerife, como el de todo el archipiélago canario, es un vulcanismo alcalino de intraplaca, y si bien predominan los basaltos, existe toda una gama de rocas que derivan del magma basáltico original. Esta evolución culmina en productos tales como traquitas y fonolitas.

El edificio Cañadas se ha levantado sobre el escudo volcánico central de Tenerife [7,8] en los últimos 3-3,5 Ma [8], pasando por sucesivos episodios que alternan los colapsos gravitatorios y el relleno de las cuencas de deslizamiento [9]. El último de estos episodios ha dado lugar a la actual caldera de Las Cañadas y el complejo volcánico del Teide y sus aparatos asociados [10]. El conjunto del Teide forma así, un sistema volcánico anidado en una cuenca de deslizamiento. Este tipo de volcanes se caracteriza por una rápida construcción, especialmente en las fases iniciales y una rápida y progresiva diferenciación de las lavas máficas iniciales hacia tipos félsicos [9].

Estratigráficamente, para la descripción e interpretación de las distintas unidades geológicas de las islas Canarias, se ha adoptado una diferenciación en Series Volcánicas [11]. Tales divisiones se han establecido con criterios paleomagnéticos y dataciones absolutas. Dichas Series se corresponden, aproximadamente, con varios grandes edificios volcánicos poligénicos: Edificios Antiguos (Serie I), Edificio de la Dorsal NE y Edificio Cañadas (ambos de Serie II). La Serie III incluye tanto estratovolcanes poligénicos (Complejo Teide-Pico Viejo) como pequeños volcanes monogénicos

dispersos por toda la isla, de edad subreciente. Por último, la Serie IV engloba los volcanes monogénicos de edad moderna, incluidas las erupciones de fecha histórica. En el área de estudio (Las Cañadas del Teide) están representadas todas las Series a excepción de la Serie I o Serie Antigua, aflorante en diversas áreas de la isla.

4. Resultados

Para la clasificación se utilizaron las bandas menos correlacionadas: VNIR (1,2,3), SWIR (1,5), TIR (2) además del NDVI. A la imagen clasificada se le aplicaron varios filtros de mayoría en ventanas de 3x3, para reducir el efecto sal y pimienta, más acentuado en la imagen ASTER debido a la diferencia de resolución de sus bandas (Fig. 2).

Para establecer las 10 clases finales se utilizó como criterio la afinidad litológica y la representatividad superficial de cada clase.

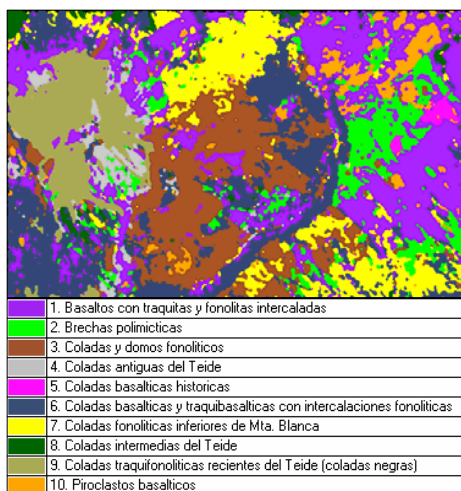


Fig. 2. Imagen clasificada por el estimador de máxima probabilidad.

Si bien la fiabilidad global es baja (59,39%), los resultados parciales son significativos (Tabla 1). Algunas categorías tienen un alto grado de identificación, llegando al 100% (Clase 5 y 8), como se refleja en la matriz de confusión (Tabla 1).

Nombre Clase	Total Referencia	Total Clasificado	Nº Correcto	Exactitud Productor (%)	Exactitud Usuario (%)	Coefficiente Kappa
1	28	36	17	60.71	47.22	0.36
2	9	11	5	55.55	45.45	0.42
3	24	29	16	66.66	55.17	0.47
4	9	7	5	55.55	71.42	0.69
5	5	5	5	100.0	100.0	1.00
6	17	31	11	64.7	35.48	0.28
7	32	19	16	50.00	84.21	0.80
8	10	6	6	60.00	100.0	1.00
9	16	13	11	68.75	84.61	0.82
10	15	8	6	40.00	75.00	0.72

Tabla 1. Resultados de la clasificación supervisada.

5. Conclusiones y Recomendaciones

En la clasificación realizada se obtuvo una fiabilidad global baja (59,39 %). No obstante se alcanzó una gran precisión en las litologías basálticas al contrario que en los productos diferenciados más ácidos (fonolitas y traquitas). Dentro de las primeras, se destaca la excelente discriminación clases 5 (Coladas basálticas históricas) y 8 (Coladas intermedias del Teide), lo cual sugiere que para los materiales basálticos, la mejor discriminación de litologías está en función del grado de meteorización más que en los tipos litológicos. La menor precisión se encontró tanto en materiales más ácidos (clases 7 y 3) como en los materiales complejos (clases 1 y 2).

El aporte de los datos Aster permitió ampliar el conocimiento del potencial de este sensor para discriminar diferentes litologías volcánicas en la isla de Tenerife. Este trabajo continuará en la línea de comparar los datos ASTER con otros sensores, como el LANDSAT y SAR, en un amplio programa de utilización sistemática de sensores de teledetección espacial en el Archipiélago Canario.

En una segunda etapa se pretende utilizar librerías espectrales y realizar mediciones radiométricas en campo de rocas y minerales de alteración, para confeccionar la base de datos espectrales del área.

Recientemente los beneficios de la información SAR para el mapeo geológico han sido evaluados en áreas montañosas [12,13]. La incorporación de información no correlacionada con imágenes de datos SAR (ERS, Envistat, Radarsat) puede

contribuir significativamente en la discriminación de litologías a través de análisis de texturas, que caracteriza la rugosidad de la superficie a pequeña escala, a partir de la cual se pueda inferir la historia de meteorización y las relaciones de edad.

6. Referencias

- [1] Khale, A.B., Palluconi, F.D., Hook, S.J., Realmuto, V.J., Bothwell, G., "The advanced spaceborne thermal emission and reflectance radiometer (ASTER). *Int. J. Imaging Sys. Tech.*, 3, 144-156, 1991.
- [2] Rowan, L.C., Hook, S.J. y Abrams, M., "Mapping hydrothermally Altered rocks at cuprite, Nevada using the Advance Spaceborne thermal emission and reflection radiometer ASTER. A new satellite-imaging system". *Economic Geology* 98, 1019-1027, 2003.
- [3] Ninomiya, Y. "Rock type mapping with indices defined for multispectral thermal infrared ASTER data: case studies". *Proceedings of SPIE - Volume 4886. Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology II*, Manfred Ehlers, Editor, 123-132, 2003.
- [4] Ninomiya, Y., "Lithologic mapping with multispectral ASTER TIR SWAR data". *Proceedings of SPIE (The International Society for Optical Engineering)*, 5234, 180-190, 2004.
- [5] Carrasco, D., Fernández, J., Romero, R., Araña, V., Martínez, A., Moreno, V., Aparicio, A. y Pagani, M. "First results from operational volcano monitoring in the Canary Island". *ERS-Envisat Symposium*, Gothenburg, 16 – 20 Octubre, 2000.
- [6] IGME. "Mapa Geológico de España 1:25.000. Las Cañadas del Teide". Instituto Geológico y Minero de España. Río Rosas, 23. Madrid. 1984.
- [7] Carracedo, J.C., "Paleomagnetismo e Historia Volcánica de Tenerife". *Aula Cultura de Tenerife*, 82 pp, 1979.
- [8] Ancochea, E.; Huertas, M. J.; Cantagrel, J. M., Coello, J. Fuster, J.M.; Arnaud, N.; y Ibarola, E., "Evolution of the Cañadas edifice and its implications for the origin of the Cañadas Caldera (Tenerife, Canary Islands)". *J.Volcanol. & Geotherm.Res.*, 88, 177-199, 1999.
- [9] Carracedo, J.C., Paterne, M., Guillou, H., Pérez Torrado, F.J., Paris, R., Rodríguez Badiola, E. y Hanses, A., "Dataciones radiométricas (14C y K/Ar) del Teide y el rift noroeste, Tenerife, Islas Canarias". *Estudios Geol.*, 59, 15-29, 2003
- [10] Araña, V., Barbieri, F. y Ferrara, G., "El complejo volcánico del Teide-Pico Viejo". En: *Los Volcanes y La Caldera del Parque Nacional del Teide (Tenerife, Islas Canarias)*. V. Araña y J. Cohelo editores, Serie Técnica ICONA, 85-101, 1989.
- [11] Fuster, J.M., Araña, V., Brandle, J.L., Navarro, J.M., Alonso, U. y Aparicio, A., "Geología y volcanología de las Islas Canarias: Tenerife". *Inst. Lucas Mallada*. C.SII.C, 218 pp, 1968.
- [12] Ford, J.P. et al., "Radar Geology". En: Floyd M. Henderson, Anthony J. Lewis (eds). *Principles & Applications of Imaging Radar. Manual of Remote Sensing*, Third Edition, Volumen 2, Publicado en cooperación con The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 511-565, 1998
- [13] Shouxun, Y. y Singroy, V. "Revising Geological Maps using Radarsat". *23rd Canadian Symposium on Remote Sensing*, Quebec, Canada, 21-24 Agosto 2001.