

Estudio de los residuos mineros de Peña de Hierro (Riotinto, España) con mediante un sensor hiperespectral embarcado en UAS

Raúl Moreno-González (1*), Andrea Curcio (1), Pedro Zarandona (1), Luis Barbero (1)

(1) Departamento de Ciencias de la Tierra, Servicio de drones, Instituto Universitario de Investigación Marina (INMAR). Universidad Cádiz, 11510, Puerto Real (España)

* corresponding author: raul.morenogonzalez@uca.es

Palabras Clave: Hiperespectral, Sensores remotos, Sistema aéreo no tripulado, Escombreras de residuos mineros, Drenaje ácido de minas. **Key Words:** Hyperspectral, Remote sensing, Unmanned aerial system, Mine-waste dumps, acid mine drainage.

INTRODUCCIÓN

El drenaje ácido de mina es uno de los mayores problemas de contaminación asociados a la explotación de la minería de carbón y metálica de sulfuros. Estos vertidos de aguas son muy ácidos y contienen alta concentración de elementos tóxicos como Fe, Cu, Zn, Pb, As o Cd. La fuente de estos vertidos contaminantes son las escombreras de residuos, las galerías o las cortas mineras, donde se produce la oxidación de la pirita y otros sulfuros. Las minas de Riotinto es una de las explotaciones más importantes de la Faja Pirítica Ibérica, donde la minería ha dejado enormes escombreras de residuos mineros como Peña de Hierro (Fig. 1). Peña de Hierro contiene una mezcla de diferentes materiales como gossan, rocas volcánicas, esquistos y residuos mineros de cenizas de tostación de pirita y otros restos de pirita (Romero et al., 2006). Los sistemas aéreos no tripulados (UAS) con sensor hiperespectral (HSI) son una herramienta versátil y rápida que ha ido incrementándose su uso en la exploración mineral (Jackish et al., 2019). El objetivo de este estudio es hacer un análisis de las escombreras de Peña de Hierro para clasificar los residuos mineros que son fuente potencial de generación de aguas ácidas.

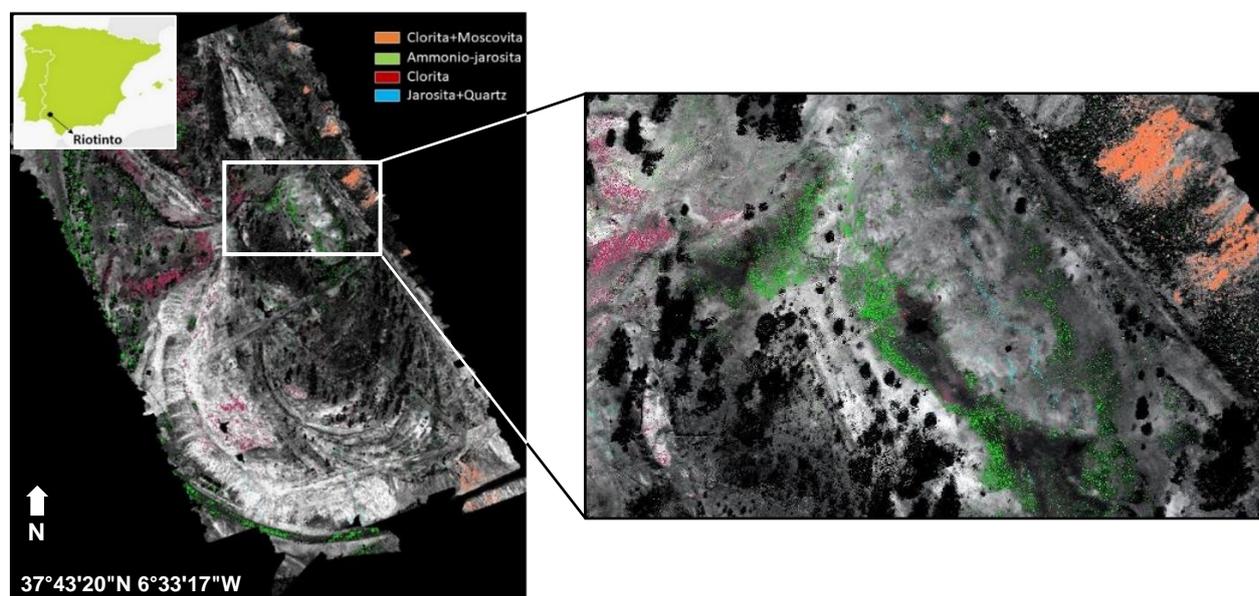


Fig 1. Mapa de localización de los minerales de Peña de Hierro.

METODOLOGÍA

La zona de estudio ha sido sobrevolada con una altura constante. El sensor montado en el UAS (DJI Matrice 600 Pro) para la adquisición de datos es un Headwall Hyperspectral Coaligned VNIR-SWIR con rango del VNIR (entre 400-1000 nm) y SWIR (900-2500 nm). Una vez transformados los datos a radiancia, posteriormente a reflectancia y

ortorrectificados usando un DEM de la zona creado al efecto las imágenes son analizadas con el programa Envi v5.3. Cada píxel de la imagen de los residuos contiene un espectro característico de los materiales presentes, que mediante algoritmos de reducción de la dimensionalidad del dataset y de clasificación tanto supervisada como no supervisada se agrupan en un conjunto de espectros para identificar los endmembers.

RESULTADOS

Los espectros endmembers encontrados en las imágenes de Peña de Hierro se han comparado con las librerías espectrales de minerales de la USGS para identificar el mineral. Para comprobar la similaridad de los espectros, se utilizan las técnicas Spectral Angle Mapper (SAM) y Spectral Feature Fitting (FFT). SAM mide el ángulo entre el espectro desconocido y de referencia en n dimensiones. FFT acentúa la profundidad y la ubicación de las características de absorción de los espectros, eliminándose el continuum de ambos conjuntos de datos. En la figura 2 se muestra el espectro endmember 1 y el espectro de amonio-jarosita de la librería de la USGS con el continuum eliminado. Se puede observar como el ajuste es muy aproximado entre ambos espectros, mostrando diferencias debido a la mezcla de los residuos de la escombrera. Cuatro de los endmembers identificados en Peña de Hierro son amonio-jarosita, clorita, clorita+moscovita y jarosita+cuarzo. Esta identificación se ajusta con la realizada por Romero et al. (2006). Los píxeles de la imagen se han clasificado con los espectros de los endmember encontrados en los residuos mineros con SAM. El resultado es un mapa de distribución de los minerales (Fig. 1). Amonio-jarosita presenta una mayor abundancia con una distribución por toda la escombrera. La clorita se muestra más en la zona central de la escombrera con menor concentración. Clorita+moscovita se encuentra localizada en zonas de la parte este, mientras que jarosita+cuarzo tiene una menor abundancia.

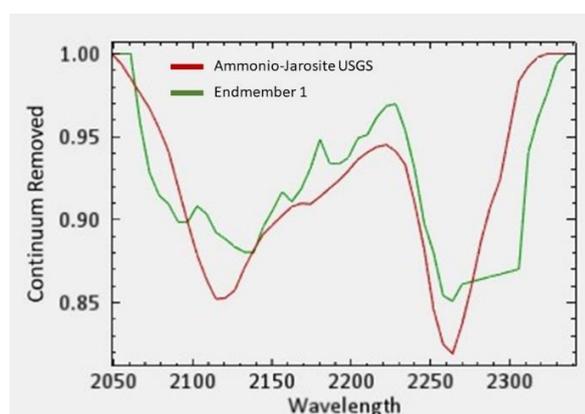


Fig. 2. Representación de los espectros de endmember 1 y Amoninio-Jarosite de la USGS con continuum eliminado.

CONCLUSIONES

Los resultados del análisis de la escombrera de Peña de Hierro con HSI UAS muestran la presencia de minerales como amonio-jarosita, clorita, clorita+moscovita y jarosita+cuarzo, que se encuentran en concordancia con los obtenidos en estudios anteriores de la zona de estudio. Se observan ligeras diferencias entre los espectros de las librerías y los encontrados en la escombrera debido a la mezcla de los residuos. Los píxeles del área de estudio se han clasificado con los espectros identificados, obteniéndose la localización de los minerales en la escombrera. Amonio-jarosita muestra una mayor abundancia, mientras que la clorita es menos abundante y se limita a la zona central, clorita+moscovita se localiza en el borde izquierdo y jarosita+cuarzo se encuentra en menor concentración. Esta metodología con HSI UAS permite analizar los residuos mineros de una forma rápida y versátil.

REFERENCIAS

- Jackisch, R., Madriz, Y., Zimmermann, R., Pirttijärvi, M., Saartenoja, A., Heincke, B.H., Salmirinne, H., Kujasalo, J.-P., Andreani, L., Gloaguen, R. (2109): Drone-Borne Hyperspectral and Magnetic Data Integration: Otanmäki Fe-Ti-V Deposit in Finland. *Remote Sens.*, **11**, 2084. DOI: 10.3390/rs11182084
- Romero, A., González, I., Galán, E. (2006): Estimation of potential pollution of waste mining dumps at Peña del Hierro (Pyrite Belt, SW Spain) as a base for future mitigation actions. *Appl. Geochem.*, **21(7)**, 1093–1108. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2006.03.002