

# Identificación automática de fases minerales por Microscopía de Reflexión. Aplicación del Análisis Digital de Imagen

Castroviejo, R.<sup>1</sup>, Berrezueta, E.<sup>2</sup> y Domínguez Cuesta, M.J.<sup>1</sup>

(1) ETSI Minas (Universidad Politécnica de Madrid), España.

(2) Instituto Geológico y Minero de España. Recursos Minerales y Geoambiente.

## Presentación

La identificación automática de las fases minerales visibles en probetas pulidas mediante un sistema experto es un pre-requisito indispensable para la aplicación de las técnicas tradicionales de microscopía a los problemas industriales con un elevado rendimiento. Para su consecución, ha sido necesario obtener una óptima y homogénea calidad de pulido en las muestras utilizadas, lograr la puesta a punto del equipo de **Análisis digital de imagen** -ADI- y aplicar un análisis multiespectral sobre la imagen en color (RGB) obtenida en origen. Para este estudio inicial fueron analizadas un conjunto de probetas de menas sulfuradas con los minerales más comunes: la colección Rehwald, descrita por Randohr (1980) y estudiadas de nuevo para este objetivo específico.

La metodología aplicada se ha puesto a punto en el Laboratorio de Microscopía aplicada y ADI (ETSIM de Madrid, UPM), mediante un proceso autocrítico de mejora y control, continuo desde 1996 (Muzquiz, 1997, Castroviejo, 2002 y Berrezueta 2004). El equipo utilizado consiste en un Microscopio óptico *Leica DMRXP*, trabajando en aire, luz reflejada y objetivo 20 X, cámara de vídeo 3 CCD *Dophinsa*, tarjeta de adquisición *Meteor* y *Software* de ADI *Aphelion 3.1*.

## Metodología

1. Obtención de una óptima calidad de pulido en las probetas mediante un control de calidad que garantice la reproducibilidad, por el acabado homogéneo de todas las preparaciones.
2. Puesta a punto del equipo mediante control del calor, derivas temporales y espaciales, ruidos y estabilidad de la fuente de alimentación (Berrezueta, E. 2004 y Castroviejo, R. 2002).
3. Adquisición de imágenes con garantía de reproducibilidad (Berrezueta, E. 2004, Castroviejo, R. 2002 y Coz, E. 2002).
4. Análisis y Tratamiento de las imágenes en color (RGB) mediante análisis multiespectral, es decir, trabajando en cada una de las bandas de forma individual (Berrezueta, E. 2004).
5. Presentación, análisis y valoración crítica preliminares de los resultados.

## Estudios por análisis de imagen

Obtenida la imagen en condiciones óptimas (pasos 1,2 y 3 de la metodología), cada una de las fases minerales encontradas mediante el reconocimiento preliminar al microscopio fue sometida a la medida de varias ventanas de **20\*20 pixels** procedentes de diferentes granos pero de una misma probeta (figura 2). El valor estadístico media aritmética, calculado para algunos ejemplos se representan en la Tabla I junto al valor medio de reflectancia.

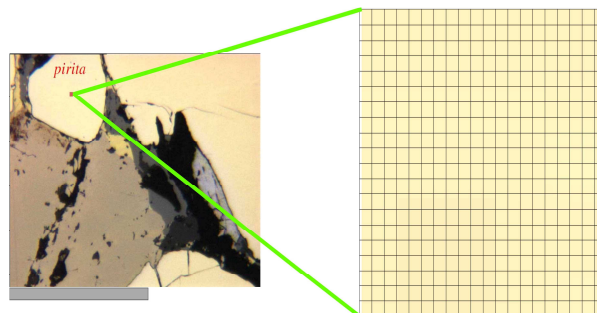


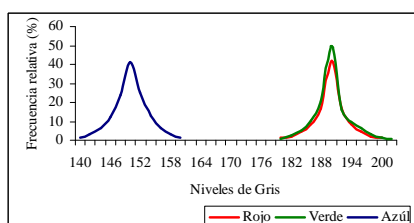
Figura 1. Ventana de muestreo 20\*20 pixels.

## Resultados Obtenidos

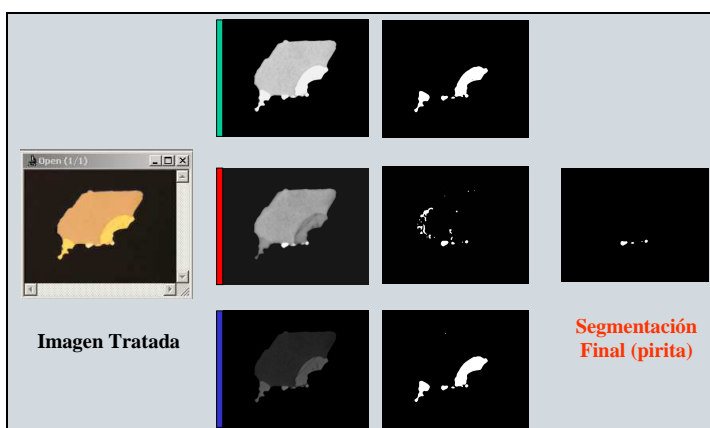
MINERAL	VALORES PROMEDIO					
	ROJA		VERDE		AZUL	
	% R	NG	% R	NG	% R	NG
ARSENOPIRITA	53	187	53	191	48	159
BORNITA	28,8	92	21,3	69	17,9	56
CALCOPIRITA	48,7	161	46,4	157	32	107
ESFALERITA	16	57	16,5	61	18,3	60
GALENA	42,9	137	43,1	142	49,1	150

**Tabla I.** Valores de reflectancia (%) y NG para las Bandas R, G. y B.

La distribución estadística de los valores de gris NG para cada una de las bandas analizadas se ajusta a una distribución normal (ejemplo Figura 3). Es posible obtener el rango de segmentación para cada mineral en cada una de las tres bandas RGB que se han diferenciado en la imagen en color original. La segmentación final resulta de interceptar las segmentaciones parciales obtenidas para cada banda (figura 4): *Fase = Media  $\pm$  2 Des. Estándar ; 95 %*.



**Figura 3.** Curvas de distribución de pirita.



**Figura 4.** Reconocimiento automático de pirita

## CONCLUSIONES

- Desde el punto de vista metodológico, la técnica representa una gran ventaja respecto a los métodos clásicos ya que, por su mayor **agilidad, potencia y versatilidad**, permite aumentar la base de observación y automatizar el tratamiento matemático de los datos, generando resultados **más fiables y rápidos**.
- Desde el punto de vista de resultados, la segmentación individual de cada fase mineral mediante análisis multispectral (Rojo, Verde y Azul), es satisfactoria y se ajusta a un criterio de fiabilidad probado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Berrezueta, E. 2004. Tesis de Doctoral. E.T.S.I. de Minas. Universidad Politécnica de Madrid, 350 pp.
- Castroviejo, R., Berrezueta, E. y R. Lastra. 2002. Mineral & Metallurgical Processing Journal. VOL. 19 NO. 2. Pag 102 – 109. Denver, Colorado.
- Coz, E., Castroviejo, R (2002). XI Congreso Internacional de Industria, Minería y Metalurgia. Area II: Gestión y aprovechamiento de recursos Geológico. Zaragoza.
- Muzquiz, C. 1997. Proyecto Fin de Carrera. E.T.S.I. de Minas. Universidad Politécnica de Madrid, 100 pp.