

# Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) en suelos y otros materiales. Atlas de imágenes

Rafael Delgado Calvo-Flores (1), Juan Manuel Martín-García (1\*), Alberto Molinero-García (2), Rocío Márquez Crespo (3), Javier Romero Mora (4), María Isabel Carretero León (5)

(1) Dpto. Edafología y Química Agrícola, Facultad de Farmacia. Universidad de Granada, 18071, Granada (España).

(2) Dpto. Ciencias de la Tierra y Centro de Investigación en Recursos Naturales Salud y Medioambiente (RENSMA), Universidad de Huelva, Campus “El Carmen”, 21071, Huelva (España).

(3) Unidad de Microscopía Electrónica de Barrido, Centro de Instrumentación Científica (Sede Cartuja II-Facultad de Farmacia), Universidad de Granada, 18071, Granada (España).

(4) Dpto. Óptica. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. 18071 Granada (España)

(5) Dpto. Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Facultad de Química. Universidad de Sevilla, 41012, Sevilla (España)

\* corresponding author: jmmartingarcia@ugr.es

**Palabras Clave:** Microscopía Electrónica de Barrido, Ultramicrofábrica del suelo, Microtexturas del cuarzo, Materias primas minerales farmacéuticas y cosméticas, Peloides, Biominerales, Partículas atmosféricas. **Key Words:** Scanning Electron Microscopy, Soil ultramicrofabric, Quartz microtextures, Pharmaceutical and cosmetic mineral raw materials, Peloids, Biominerals, Atmospheric particles.

## INTRODUCCIÓN

Es escasa la bibliografía específica de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) de suelos (Davey, 1978) y menos aún de su fábrica. En microtexturas SEM de granos de cuarzo resultan referencias Mahaney et al. (2002) o Vos et al. (2014); poco aplicables a cuarzo atmosférico (Molinero-García et al., 2022). El SEM se emplea en la detección de partículas fibrosas tóxicas de materiales minerales de aplicación farmacéutica (Gordon et al., 2014), prohibidas por la Farmacopea (European Pharmacopoeia, 2014). Los biominerales han sido estudiados con SEM, pues su morfología y estructura interna guardan un prodigioso mundo de formas justificativas de sus funciones biológicas (Márquez et al., 2005). La fábrica SEM de peloides también ha sido establecida (Gámiz et al., 2009). En todos los ámbitos enunciados, se detecta un vacío sobre la metodología específica de descripción y análisis con SEM.

El objetivo de la comunicación es dar a conocer la publicación de un libro de la Editorial Universidad de Granada (Delgado & Martín-García, eds., 2024) (Fig. 1), recogiendo trabajos temáticos sobre los tópicos antes referidos y otros emparentados. Con autoría de especialistas de reconocido prestigio de las universidades de Granada, Sevilla, Autónoma de Madrid, Complutense de Madrid, Barcelona, Jaén, Almería y Santiago de Compostela (España); Aveiro y Coímbra (Portugal); Údine (Italia), y Oslo (Noruega). En la Universidad de Granada es notoria la implicación del Centro de Instrumentación Científica, con técnicos especialistas autores de varios capítulos.

## MÉTODOS

El libro incluye abundante material inédito junto al de revisión/metaanálisis de trabajos en las revistas mejor indexadas de los rankings. Se ha organizado en dos partes: I.- *Aspectos generales y técnicos* y II.- *Aplicaciones. Atlas de imágenes*; con apartados de títulos: I.1.-*Fundamentos*, I.2.-*Aspectos técnicos*, II.1.-*Aproximación a la ultramicrofábrica del suelo*, II.2.-*Fraciones granulométricas del suelo*, II.3.-*Materiales minerales de interés sanitario e industrial*, II.4.-*Biomineralizaciones*, II.5.-*Partículas atmosféricas y atmosferogénesis mineral*. Cuarenta capítulos en total.

Los textos se ofrecen en castellano e inglés, en estrecha relación que permite el uso alternativo de ambas lenguas facilitando el posible uso de este texto en docencia. Nuevo aspecto diferencial es que muchos apartados versan sobre la metodología de empleo del SEM y sus técnicas asociadas (i.e. EDX, RAMAN, CL, Análisis de imagen); para ello se incluyen un capítulo con la descripción de las técnicas y equipos usados (Capítulo I.2.1); otro de la aplicación de falso color a las imágenes (I.1.2), o la descripción de la ultramicrofábrica del suelo (I.3.1); asimismo de la relación detallada de las microtexturas de cuarzo del suelo y la atmósfera (I.1.5). Finalmente, seña también de nuestro texto, hemos procurado que las imágenes sean parte relevante, superando incluso a los textos, recogiendo más de 350 Figuras SEM. Por ello se ha subtítulo el libro *Atlas de imágenes*.

## RESULTADOS

Del total de sus 622 páginas, destacamos una pequeña selección de hallazgos: 1.-Novedoso concepto de ultramicrofábrica del suelo, desarrollado en detalle, incluso con una guía de descripción y abundante material gráfico, 2.-Estrechas relaciones de la ultramicrofábrica del suelo con su calidad, color o edad, 3.-Existencia en el suelo de un

continuo ultramicrofábrica-nanofábrica, 4.-Utilidad de las observaciones SEM en la identificación de suelos fósiles o en Edafología forense, 5.-Empleo de los granos de cuarzo como indicadores de procesos medioambientales a través de la descripción sistemática de las microtexturas superficiales, 6.-Empleo de la CL sobre las arenas de cuarzo para conocer su origen litológico, 7.-Evaluación de la calidad mineral en materias primas minerales farmacéuticas, 8.-Descripción y análisis de la microfábrica SEM de peloides, esencial para conocer la génesis de su materia mineral, sus propiedades térmicas y terapéuticas, 9.-Estudio de microestructura interna de la concha de moluscos endémicos de Andalucía y otros rasgos diferenciadores de dicha concha, 10.-Propuesta de un modelo de biocarbonatación por microorganismos basado en las observaciones SEM, 11.-Vanguardistas procesos de atmosferogénesis mineral.



**Fig. 1.** Cubierta delantera de *Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) en suelos y otros materiales. Atlas de imágenes*. Delgado & Martín-García, eds. (2024). Editorial Universidad de Granada.

## CONCLUSIONES

La microscopía electrónica de barrido (SEM) y sus técnicas asociadas han demostrado ser esenciales para el estudio de suelos y diversos materiales, desvelando aspectos relevantes de índole organizativa, compositiva y/o funcional. El texto objeto de esta comunicación, al abordar *in extenso* y de manera sistemática tanto las temáticas como los procedimientos de estudio, puede considerarse un avance significativo en el campo del SEM.

## REFERENCIAS

- Davey, B.G. (1978): Soil structure as revealed by scanning electron microscopy. En: *Modification of Soil Structure* (Editores: Emerson, W.W.; Bond, R.D.; Dexter, A.R.). John Wiley and Sons. Nueva York. Pp. 97-102.
- Delgado, R. & Martín-García, J.M. (Editores) (2024): *Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) en suelos y otros materiales. Atlas de imágenes (Scanning Electron Microscopy (SEM) in soils and other materials. Atlas of images)*. Editorial Universidad de Granada. Granada (España).
- European Pharmacopoeia (EP) (2014): *The European Directorate for the Quality of Medicines & Healthcare (EDQM), Ed 8 (1)*. Council of Europe, Strasbourg Cedex, France, pp. 3361–3362.
- Gámiz, E., Martín-García, J.M., Fernández-González, M.V., Delgado, G. & Delgado, R. (2009): Influence of water type and maturation time on the properties of kaolinite–saponite peloids. *App. Clay Sci.* **46**(1), 117-123.
- Gordon, R.E., Fitzgerald, S. & Millette, J. (2014): Asbestos in commercial cosmetic talcum powder as a cause of mesothelioma in women. *Int. J. Occup. Env. Hlth*, **20** (4), 318-332.
- Mahaney, W.C. (2002): *Atlas of sand grain surface textures and applications*. Oxford University Press. Londres.
- Márquez, R. Arrebola, J.R. & Delgado, R. (2005): Un avance sobre la composición y microestructura de la concha de *Iberus gualterianus* morfotipo *gualterianus* (Linnaeus, 1758) (Gastropoda: Helicidae). *Ib.* **23**, 15-24.
- Molinero-García, A., Martín-García, J.M., Fernández-González, M.V. & Delgado, R. (2022): Provenance fingerprints of atmospheric dust collected at Granada city (Southern Iberian Peninsula). *Evidence from quartz grains*. *Catena*, **208**, 105738.
- Vos, K., Vandenberghe, N. & Elsen, J. (2014): Surface textural analysis of quartz grains by scanning electron microscopy (SEM): From sample preparation to environmental interpretation. *Earth-Science Reviews*, **128**, 93-104.