

Morfogénesis de oro aluvionar recogido en terrazas del río Tormes (Salamanca) mediante un análisis de correspondencia canónico

/ SANTOS BARRIOS (1*), RAUL MERINERO (2), RAFAEL P. LOZANO (3), ROSA M. REGUILÓN (1)

(1) Departamento de Geología, Área de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Salamanca. Plaza de los Caídos S/N. 37001, Salamanca, (España).

(2) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Universidad Complutense de Madrid. C/ José Antonio Novais 2. 28040, Madrid (España)

(3) Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España. C/ Ríos Rosas 23, 28003, Madrid (España).

INTRODUCCIÓN

Los estudios morfométricos de muestras de oro en depósitos secundarios, permiten establecer su historia de transporte y transformación, así como la distancia a las diferentes áreas fuentes (p.e. Bonev et al., 2002). Sin embargo, la gran cantidad de categorías morfológicas consideradas en estos estudios dificultan la interpretación e incluso inducen a conclusiones erróneas (Le Roux, 2004).

La provincia de Salamanca, y en concreto la cuenca del río Tormes, ha sido objeto de prospección aurífera a lo largo de la historia, encontrando multitud de áreas fuente de oro (Barrios et al., 2010a, b). Aquí se muestra el estudio morfométrico de diferentes muestras de oro recogidas en varios puntos de la ribera del río Tormes. Junto con el análisis morfométrico se han aplicado diferentes test estadísticos, incluyendo un análisis de correspondencia canónico (Leeuw & Mair, 2009) que permite comparar y reducir categorías en variables cualitativas. En nuestro caso se ha empleado sobre las variables esfericidad y redondez utilizadas para describir la morfología de dichas muestras.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se recogieron muestras de oro en cuatro terrazas situadas a distintas alturas del cauce del río Tormes. Se ha utilizado la clasificación de Viladeval (2005) para distinguir pepitas (más de 200 mg de peso y más de 3 mm de longitud) de partículas (menos de 200 mg de peso o menos de 3 mm de longitud).

En el área situada aguas arriba, Santa Teresa (ST), ayudados por un detector de metales (Barrios et al., 2010a), se recolectaron pepitas que estaban



fig. 1. Categorías morfológicas (esfericidad y redondez) consideradas en este estudio

diseminadas en los depósitos de cantos con matriz arcilloso-arenosa que cubren el regolito desarrollado sobre los metasedimentos de la zona. El resto de muestras son partículas de oro, que se recogieron en las graveras de La Maya (MY), Torrejón de Alba-Steetley (SY) y Nuevo Naharros (NH) situadas por este orden aguas abajo de ST. Estas partículas se obtuvieron bateando concentrados de minerales pesados sobre una moqueta colocada en la base de los canales de evacuación de sedimentos sobrantes del lavado de las gravas en cada una de las graveras.

En las pepitas ST se midieron la altura, anchura y grosor con un calibre digital ACHA 17-260/150MM (precisión 1 mm),

mientras que en las partículas MY, SY y NH se midieron las tres dimensiones mediante una lupa binocular LEICA MZ6 EC3 (precisión 0,01 mm), en el Área de Estratigrafía de la Universidad de Salamanca. Con las tres dimensiones se han calculado el Factor de Forma de Corey (CSF, relación entre el grosor y la raíz cuadrada del producto de la longitud y la anchura) y el Índice de Aplastamiento de Cailleux (CFI, relación entre la suma de la longitud y la anchura con el doble del grosor).

Además se ha realizado una clasificación morfológica según las categorías de esfericidad y redondez representadas en la Fig. 1.

Sigla (N)	Longitud	Anchura	Grosor	CSF	CFI
ST (118)	1,20 (0,55)	0,82 (0,38)	0,31 (0,24)	0,32 (0,15)	4,13 (2,71)
MY (134)	2,96 (0,84)	1,72 (0,47)	0,37 (0,25)	0,17 (0,10)	8,08 (3,88)
SY (125)	3,38 (0,86)	1,98 (0,57)	0,65 (0,40)	0,25 (0,14)	5,69 (3,33)
NH (130)	2,16 (0,86)	1,34 (0,54)	0,51 (0,39)	0,29 (0,16)	5,63 (5,62)

Tabla 1. Promedio (desviación típica) de las dimensiones e índices de las muestras de oro en los 4 lugares de recogida (N, número de muestras). Unidades en cm para las pepitas ST y en mm para las partículas MY, SY y NH.

palabras clave: morfología, pepitas de oro, análisis de correspondencia. **key words:** Morphology, gold nuggets, correspondence analysis.

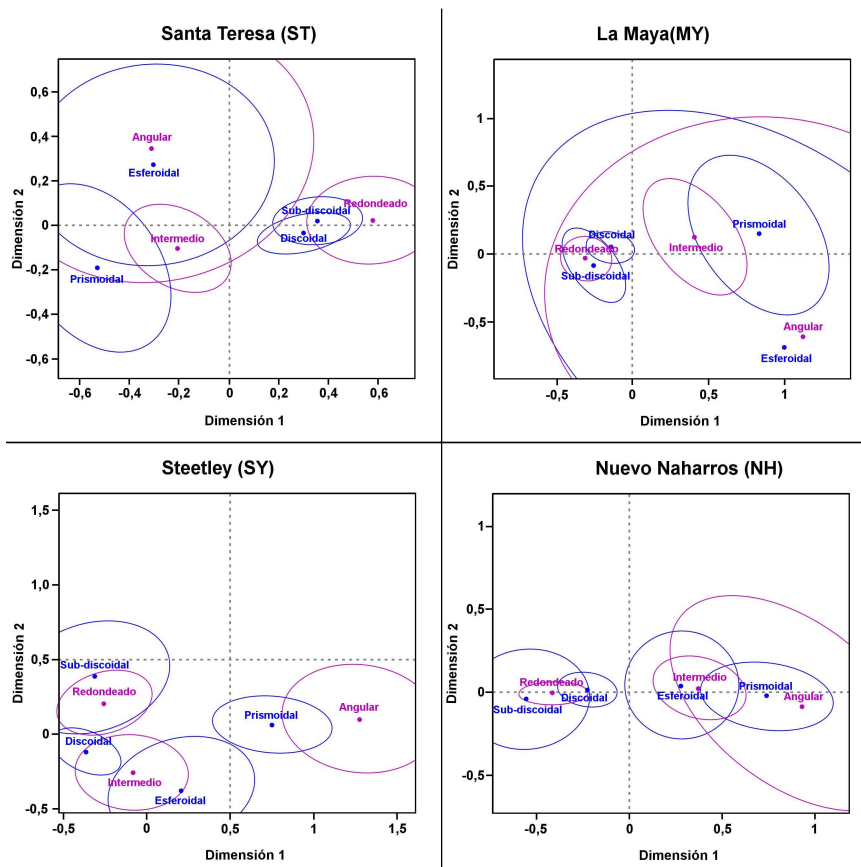


fig 2. Gráficos del análisis de correspondencia canónico entre redondez y esfericidad.

RESULTADOS

Las dimensiones e índices de transporte medios se muestran en la Tabla 1. La comparación de tamaños e índices de transporte de las partículas de las tres graveras (test ANOVA de un factor con comparaciones múltiples dos a dos) muestra que las de SY presentan mayor longitud y anchura medias que las de MY, y éstas a su vez, mayor que las de NH. Además las partículas de SY son más gruesas que las de NH y éstas a su vez, más gruesas que las de MY. Para los CSF y CFI no se obtienen diferencias significativas entre las partículas de SY y NH, pero sí entre las de estos dos lugares y las recogidas en MY.

La comparación morfológica (test chi-cuadrado) indica que las partículas de SY y NH son equivalentes y distintas a su vez de las de MY donde predominan las partículas discoidales y redondeadas, siendo muy escasas las angulares, esferoidales y prismoidales. Las pepitas de ST son a su vez distintas al resto de lugares, con mayores proporciones de prismas, esferas y pepitas angulares.

El análisis de correspondencia canónico

(Fig. 2) permite agrupar las muestras de oro de ST y MY en tres categorías: discos-subdiscos angulares, esferas angulares y prismas intermedios, y las de SY y NH, en discos-subdiscos angulares, esferas intermedias y prismas angulares.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El principal resultado del análisis de correspondencia canónico aplicado a las muestras de oro estudiadas (pepitas y partículas), es la obtención en todos los lugares de la categoría discos-subdiscos angulares. Esto implica que la adquisición de morfologías discoidales redondeadas se produce en cuanto existe cierto grado de transporte en las muestras de oro.

Las partículas de MY son las que presentan un menor grosor y unos valores de CSF y CFI, que indican mayor grado de transporte y transformación. MY está situada aguas arriba en el cauce del río Tormes con respecto a las otras dos graveras, por lo que es necesario que existan nuevos aportes a SY y NH desde diferentes áreas fuentes. La existencia de numerosos indicios de

oro a lo largo de la cuenca del río Tormes soporta esta interpretación.

La equivalencia morfológica entre SY y NH, y teniendo en cuenta la distancia entre ambas (>10 km), también implica nuevos aportes de partículas en NH. La existencia de estas áreas fuente adicionales también explicaría las categorías obtenidas en el análisis de correspondencia. En este caso los prismas angulares de SY y NH indicarían la existencia de nuevos aportes desde áreas fuentes proximales en ambos lugares.

El análisis de correspondencia canónico se muestra aquí como una herramienta sencilla y potente para facilitar la interpretación del análisis morfométrico de partículas auríferas sometidas a transporte y transformación.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la ayuda prestada para la realización de este trabajo al Instituto Geológico y Minero de España, por su apoyo económico, y al Área de Estratigrafía de la Universidad de Salamanca, por el manejo de la lupa binocular. También y de forma especial a Iñigo Orea, por su ayuda con el muestreo de oro.

REFERENCIAS

- Barríos, S., Florido, P., Reguilón, R. (2010a): Study of gold nuggets and the regolith located over the Schist-Greywacke Complex in the Spanish Central System. SEG Conference 2010.
- Barríos, S., Florido, P., Reguilón, R. (2010b): Depósitos auríferos del sector occidental del Sistema Central español. Bol. Geol. Min., **121**, 3-14.
- Bonev, I.K., Kerestedjian, T., Atanassova, R., Andrew, C.J. (2002): Morphogenesis and composition of native gold in the Chelopech volcanic-hosted Au-Cu epithermal deposit, Srednogorie zone, Bulgaria. Min. Dep. **37**, 614-629.
- Le Roux, J.P. (2004): A hydrodynamic classification of grain shapes. J. Sed. Res., **74**, 135-143.
- Leeuw, J. & Mair, P. (2009): Simple and Canonical Correspondence Analysis Using the R Package anacor. J. Stat. Soft. **31**, 1-18.
- Viladevall, M. (2005): La prospección de placeres de oro y otros minerales densos. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Barcelona. 157 p.