

Influencia del tamaño mínimo de partícula en el estudio de parámetros de forma mediante análisis digital de imagen

Influence of the minimum particle size in the study of shape parameters by digital image analysis

Edgar Berrezueta¹, José Cuervas-Mons², Berta Ordóñez-Casado¹ y Ángel Rodríguez-Rey²

¹ Instituto Geológico y Minero de España, C/ Matemático Pedrayes 25, 33005 Oviedo (España). e.berrezueta@igme.es, b.ordonez@igme.es
² Facultad de Geología. Universidad de Oviedo, C/ Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo (España). jcuervas@geol.uniovi.es, arrey@uniovi.es

ABSTRACT

This work addresses the influence of the size (in pixels) of digitized particles on the values of their shape parameters obtained using image analysis techniques, and considers the minimum sizes that provide reliable results. The population studied corresponded to basaltic grains from a volcanic sand. The shape parameters evaluated were solidity (So), sphericity (S), circularity (Ci) and fractal dimension (FD). The particle characterization was carried out by digital image analysis. The methodology was: acquisition and segmentation of mineral particles; quantification of particle shape parameters; application of the minimum particle sizes described in the literature to the studied samples and estimation of their shape parameters; representation and interpretation of changes in shape measures. The procedures applied allowed 71 particles to be identified and quantified using threshold segmentation. The use of three minimum particle sizes (130, 150 and 200 pixels) showed that changes in the shape parameter values can be as high as 2.80 % variation. The use of a minimum particle size for shape analysis ensures that incorrect numerical values produced by digital limitations are not included.

Key-words: image analysis, shape parameters.

Geogaceta, 68 (2020), 31-34
 ISSN (versión impresa): 0213-683X
 ISSN (Internet): 2173-6545

Introducción y Objetivo

La aplicación de técnicas de análisis y procesamiento digital de imagen en estudios petrográficos ofrece un soporte numérico a la caracterización de parámetros de forma y tamaño de partículas minerales (Fernández *et al.*, 2005; Altuhafi *et al.*, 2013). Esta contribución puede entenderse como un complemento que aporta datos cuantitativos a estudios tradicionales de microscopía. Para obtener resultados fiables, cada paso del procedimiento del Análisis Digital de Imagen debe ser desarrollado siguiendo una metodología rigurosa que garantice la reproductibilidad y representatividad de las medidas y, adicionalmente, la identificación de las posibles fuentes de error (Pirard *et al.*, 1999; Berrezueta *et al.*, 2015; Catalina y Castroviejo, 2017). La utilización de técnicas digitales en el análisis de formas de partículas ha sido ya abordada en diver-

sos trabajos científicos (Martínez-Martínez *et al.*, 2007; Roussillon *et al.*, 2009; Cassel *et al.*, 2018). Sin embargo, solo en algunos de estos trabajos se ha contemplado la estimación de un tamaño mínimo de partículas digitalizadas a partir del cual los parámetros de forma no se ven afectados por los procesos de análisis de imagen (Zheng y Hryciw, 2015; Takashimizu y Liyoshi, 2016; Vangla *et al.*, 2018; Berrezueta *et al.*, 2019). Entre las contribuciones que abordan la manera de estimar los tamaños mínimos de partículas, condicionados por la resolución de trabajo y tamaño de partícula destacan los de: a) Zheng y Hryciw (2015), Vangla *et al.* (2018), que se basan en determinar el diámetro mínimo (en píxeles), a partir de las variaciones de los parámetros de forma obtenidos mediante distintas resoluciones de trabajo; b) Takashimizu y Liyoshi (2016), que se fundamenta en determinar el tamaño mínimo de partícula a partir del com-

RESUMEN

Este trabajo estudia la influencia que el tamaño de partícula (en píxeles) ejerce en los valores de sus parámetros de forma obtenidos mediante técnicas de análisis de imagen, y establece los tamaños mínimos óptimos que generan resultados fiables. La población estudiada correspondió a granos basálticos presentes en una arena volcánica. Los parámetros de forma evaluados fueron solidez (So), esfericidad (S), circularidad (Ci) y dimensión fractal (DF). La caracterización de las partículas se realizó mediante técnicas de análisis de imagen. El trabajo abordó la siguiente metodología: adquisición y segmentación de partículas minerales; cuantificación de parámetros de forma en partículas; aplicación de los tamaños mínimos de partículas descritos en la literatura sobre las muestras estudiadas y estimación de sus parámetros de forma; representación e interpretación de los cambios en las medidas de forma. Los procedimientos aplicados permitieron identificar y cuantificar 71 partículas mediante segmentación por umbrales. La utilización de tres tamaños mínimos de partícula (130, 150 y 200 píxeles) mostró que los cambios en los valores de los parámetros pueden alcanzar hasta un 2,80 % de variación. La utilización del tamaño mínimo de partículas para análisis de forma garantiza que no se incluyan valores numéricos incorrectos debido a limitaciones digitales.

Palabras clave: análisis de imagen, parámetros de forma

Fecha de recepción: 31/01/2020
 Fecha de revisión: 23/04/2020
 Fecha de aceptación: 29/05/2020

portamiento de los parámetros de área (A) y perímetro (P) de una misma partícula con diferentes tamaños.

El objetivo de este trabajo fue el de realizar una valoración crítica de la influencia de la utilización de tamaños mínimos de partículas (píxeles) en la cuantificación e interpretación de parámetros de forma obtenidos mediante técnicas de análisis digital de imagen.

Materiales y Métodos

El material seleccionado para el estudio corresponde a partículas (de tamaño real comprendido entre 90-1800 μm) procedentes de la playa Zimmari, en la isla volcánica Panarea (Mesina, Italia). La secuencia de trabajo fue la siguiente: i) adquisición de imágenes digitales en color (300 ppp a 29,6x, 1 píxel/2,86 micrómetros) con lupa digital (Dino-Lite Digital Microscope, Di-

noCapture 2.0; Fig. 1A); ii) identificación de las tipologías de partículas presentes en las arenas y la segmentación automatizada de uno de los tipos de partículas mediante la aplicación del programa de análisis de imagen ImageJ v.1.52 (Fig. 1A-B); iii) cuantificación de los parámetros morfométricos (perímetro, área, solidez S_o , esfericidad S y circularidad C_i) mediante ImageJ v.1.52 y dimensión fractal DF mediante ImagePro Plus v. 7.0, utilizando imágenes binarias (Fig. 1A-C); iv) aplicación a las muestras estudiadas de los tamaños mínimos de partícula (130, 150, y 200 píxeles recalculados para 300 ppp) establecidos por Takashimizu y Liyoshi (2016), Berrezueta *et al.* (2019) y Zheng y Hryciw (2015) respectivamente. v) cuantificación de parámetros de forma utilizando los tres tamaños mínimos de partícula (Fig. 1A-C); vi) interpretación de los resultados obtenidos.

Resultados

Se identificaron seis tipos de partículas en la muestra de arena recolectada: basaltos, dacitas, andesitas, clinopiroxenos, alteraciones serpentínicas y granos ferruginosos. Se hizo una selección y extracción manual mediante lupa binocular de los gra-

nos a estudiar. La caracterización cuantitativa mediante la técnica de análisis de imagen se realizó sobre las partículas de granos basálticos debido a su abundancia y tamaño. El resultado de la identificación y segmentación automatizada (Fig. 1B) permitió la identificación de 71 partículas de granos basálticos con unos tamaños de entre 33 y 780 píxeles de diámetro equivalente (Fig. 2A).

Una primera fase del trabajo permitió la cuantificación de los parámetros de forma seleccionados (S_o , S , C_i y DF) de las 71 partículas y, consecuentemente, la generación de gráficos (Fig. 2B) que reflejan sus cambios respecto a los tamaños de partículas y el cálculo de sus estadísticos principales (media y desviación estándar; Tabla I).

En la segunda fase del proceso de cuantificación de parámetros de forma se aplicaron a la población estudiada los tamaños mínimos de partícula (130, 150 y 200 píxeles) para generar nuevas subpoblaciones. La aplicación de estos tamaños sobre la población inicial redujo las partículas para análisis a 50 (representando el 70% de los granos que corresponden al 97% del área total de granos), 43 partículas (representando el 60% de los granos que corresponden al 95% del área total de granos) y 33 (representando el 46%

de los granos que corresponden al 90% del área total de granos) respectivamente (Fig. 2A).

El comportamiento de los parámetros de forma respecto al tamaño mínimo de partícula (130, 150 y 200 píxeles) se visualiza en la figura 2B. Los estadísticos, media y desviación estándar de los parámetros calculados se presentan en la tabla I.

En el caso del parámetro S_o (solidez), el incremento en los tamaños mínimos de partícula genera que sus valores promedio se incrementen en términos porcentuales en: 0,68; 0,91 y 1,18 respectivamente. En el caso de sus desviaciones estándar, las variaciones (disminución) en términos porcentuales son de 15,87; 22,22 y 26,45 respectivamente.

En el caso del parámetro S (esfericidad), el incremento en los tamaños mínimos de partícula genera que sus valores promedio se reduzcan en términos porcentuales en: 2,80; 2,32 y 2,28 respectivamente. En el caso de sus desviaciones estándar, las variaciones (disminución) en términos porcentuales son de 3,25; 3,17 y 8,47 respectivamente.

En el caso del parámetro C_i (circularidad), el incremento en los tamaños mínimos de partícula genera que sus va-

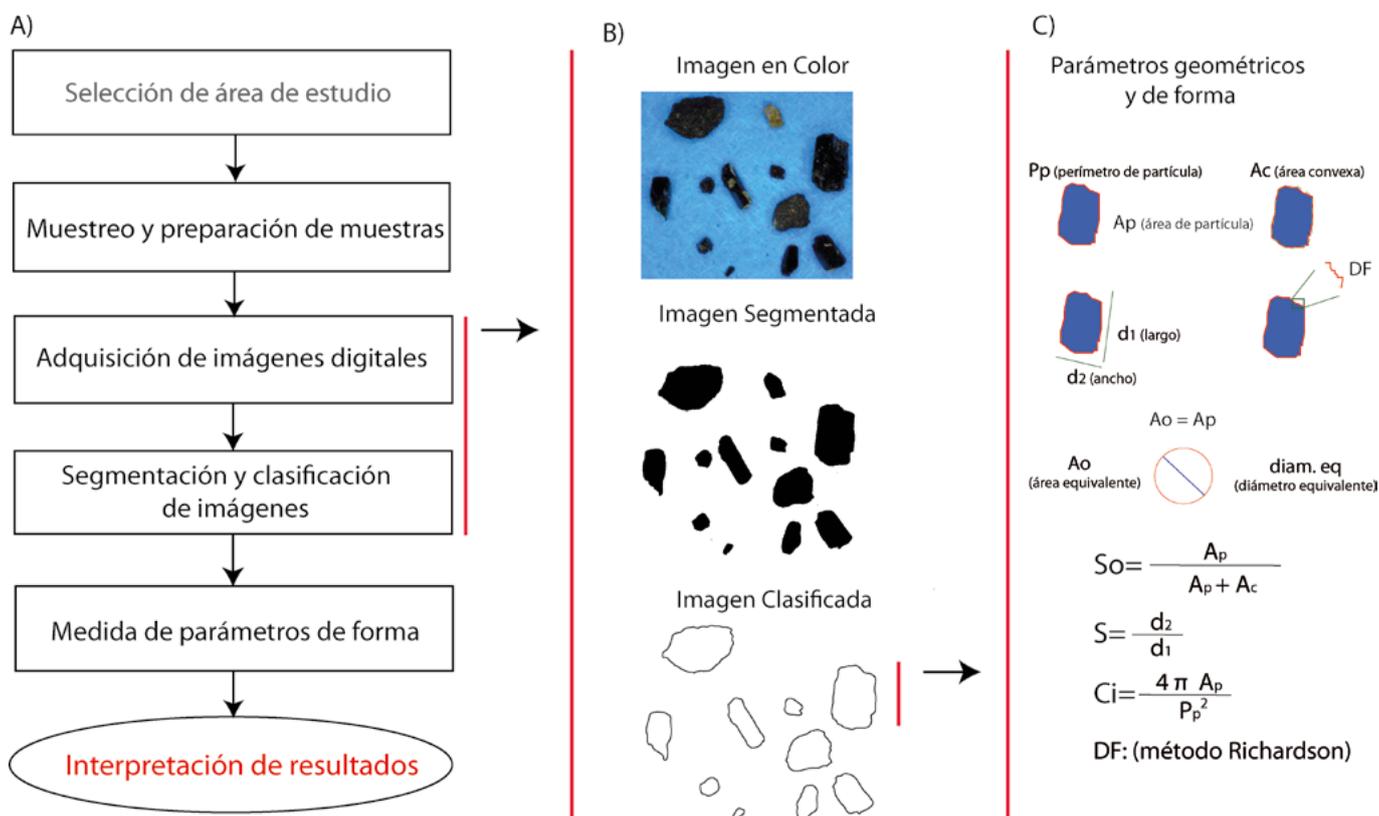


Fig. 1.- A) Secuencia metodológica general. B) Adquisición, segmentación y clasificación de imágenes. C) Parámetros geométricos y de forma medidos.

Fig. 1.- A) General methodological sequence. B) Acquisition, segmentation and classification of images. C) Measured geometric and shape parameters.

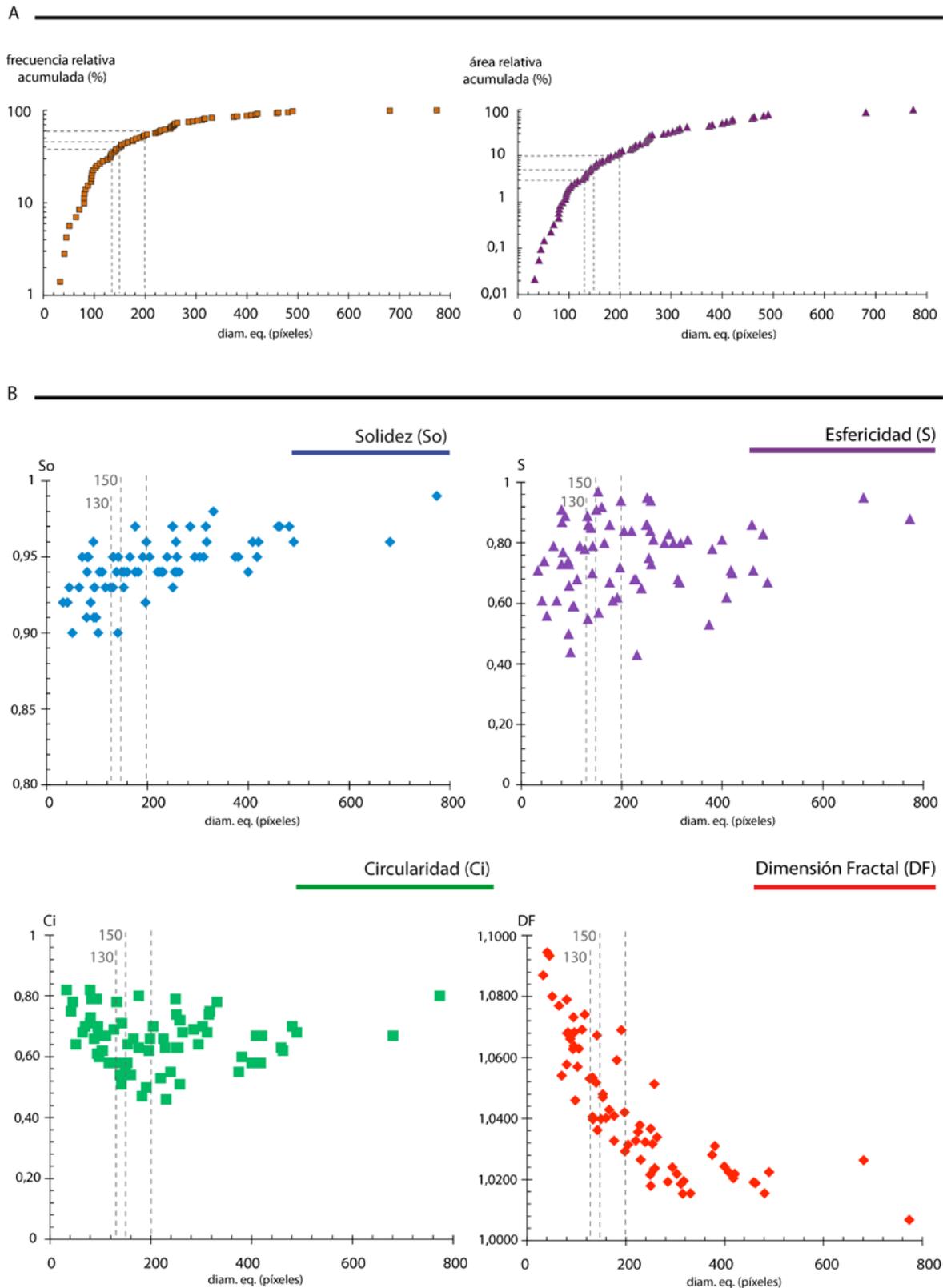


Fig. 2.- A) Frecuencia relativa acumulada y área relativa acumulada según tamaño de partícula. B) Parámetros de forma (So, S, Ci y DF) vs. tamaño de partícula (diámetro equivalente, diam. eq.) para imágenes a 300 ppp de granos basálticos, indicándose las muestras totales y los tamaños mínimos de 130, 150 y 200 píxeles.

Fig 2.- A) Cumulative relative frequency and cumulative relative area according to particle size. Shape parameters (So, S, Ci and DF) vs. particle size (diam. eq.) for images to 300 dpi of basaltic grains, indicating the total samples and the minimum sizes of 130, 150 and 200 pixels.

lores promedio se reduzcan en términos porcentuales en: 2,32; 2,17 y 0,50 respectivamente. En el caso de sus desviaciones estándar, sus variaciones (disminución excepto para tamaños <130 píxeles) en

términos porcentuales son de 1,83; 1,95 y 6,98 respectivamente.

En el caso del parámetro DF (dimensión fractal), el incremento en los tamaños mínimos de partícula genera que sus valores

promedio disminuyan en términos porcentuales en: 1,26; 1,22 y 1,67 respectivamente. En el caso de sus desviaciones estándar, sus variaciones en términos porcentuales son de 39,51; 43,41 y 60,00 respectivamente.

Interpretación y Discusión

La aplicación de los tamaños mínimos descritos y propuestos en la literatura (Zheng y Hryciw, 2015; Takashimizu y Liyoshi, 2016), adaptados posteriormente a la resolución de trabajo (imágenes a 300 ppp) ha permitido realizar comparaciones cuantitativas sobre los cambios de los parámetros de forma, descartando del análisis aquellos valores que, teóricamente, no reflejan la forma de las partículas debido a limitaciones de la técnica (número insuficiente de píxeles).

Las medidas de So y S indican que las partículas más pequeñas, susceptibles de ser descartadas de los análisis, tienden a dar valores más bajos de estos parámetros y a aumentar su desviación. Para las medidas de Ci y DF, los valores calculados indican que las partículas pequeñas, que podrían eliminarse de los análisis, tienden a dar valores más altos de estos parámetros y a aumentar la dispersión de las medidas.

Este trabajo presenta un análisis cuantitativo de las variaciones promedio de los cuatro parámetros de forma en función de tres tamaños de partícula específicos. Se recomienda realizar análisis de forma únicamente a partículas con tamaños superiores.

La estimación de un tamaño mínimo de partícula para la población estudiada podría obtenerse utilizando alguna partícula tipo de la misma y, a continuación, aplicando los métodos de Zheng y Hryciw (2015), Takashimizu y Liyoshi (2016) teniendo en cuenta el grado de incertidumbre que se considere adecuado. La interpretación de las curvas de comportamiento de los parámetros de forma vs. tamaño

de partícula, una vez aplicado el tamaño mínimo de partícula, no ha sido realizado en esta contribución debido a que excede los objetivos planteados. Sin embargo, los datos indican que, aunque se partía de una población aparentemente homogénea, probablemente existen subpoblaciones.

En general, la utilización del tamaño mínimo de partícula asegura que los valores medidos de parámetros de forma no tengan el sesgo debido a la limitación de la técnica. Sin embargo, estos valores serían representativos solo de la muestra a la que corresponden, no al total de la población estudiada.

Por supuesto esas partículas de tamaño inferior al mínimo recomendado deben también ser medidas para caracterizar el conjunto de la población. Las soluciones consistirían, bien en trabajar con imágenes de mayor aumento y/o utilizar resoluciones digitales reales más altas. De esta manera, las imágenes de las partículas más pequeñas (en escala real) superarían ese tamaño mínimo y podrían ser medidas sin sesgar los resultados de parámetros de forma obtenidos. Aunque la utilización de técnicas basadas en el procesamiento y análisis de imágenes son cada vez más habituales y frecuentes tanto en estudios petrográficos como en otros campos, resulta imprescindible determinar y contemplar la influencia que tiene el tamaño de la partícula evaluada en estas mediciones. El procedimiento planteado podría aplicarse a estudios geológicos concretos: yacimientos de oro aluvial (influencia del transporte en sus características morfológicas), almacenamiento geológico de CO₂ (alteraciones de los minerales debido a su reacción con CO₂), etc., permitiendo así una adecuada interpretación de estos.

Conclusiones

La estimación de criterios de tamaño mínimo de partícula, a partir de procedimientos que permiten definir este valor y el grado de incertidumbre de su variación, representa una importante contribución en los procesos de cuantificación e interpretación de parámetros de forma de partículas. Este método es de gran utilidad en estudios petrográficos ya que permite eliminar del análisis información que podría estar condicionada por las limitaciones de la técnica. Los resultados obtenidos permiten también definir condiciones de trabajo (imágenes con mayor aumento y mejora de resoluciones digitales) para que las partículas de menor tamaño (en escalas reales) sean incluidas en el análisis de forma.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado en el marco del Proyecto PETROCANTÁBRICA del Plan Nacional de España Ref. CGL2017-86487-P. Los autores desean agradecer a Ricardo Castroviejo y a otro revisor anónimo, así como al Editor de la revista por sus sugerencias para mejorar este manuscrito.

Referencias

Altuhafi, F., O’Sullivan, C. y Cavarretta, I. (2013). *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 139, 1290-1307.

Berrezueta, E., Cuervas-Mons, J., Rodríguez-Rey, A. y Ordóñez-Casado, B. (2019). *Minerals* 9 (12), Art. 768.

Berrezueta, E., González-Menéndez, L., Ordóñez-Casado, B. y Olaya, P. (2015). *Computers and Geosciences* 77, 97-110.

Cassel, M., Piégay, H., Lavé, J., Vaudor, L., Sri, D.H., Budi, S.W. y Lavigne, F. (2018). *Geomorphology* 311, 143-157.

Catalina, J.C. y Castroviejo, R. (2017). *Revista de Metalurgia* 53, Art. 4.

Fernández, F.J., Menéndez-Duarte, R., Aller, J. y Bastida, F. (2005). *Geological Society London Special Publications* 245(1), 409-420.

Martínez-Martínez, J., Benavente, D. y García del Cura, M.A. (2007). *Engineering Geology* 90(1), 41-54.

Pirard, E., Lebrun, V. y Nivart, J.F. (1999). *European Microscopy and Analysis* 60, 9-11.

Roussillon, T., Piégay, H., Sivignon, I., Tougne, L. y Lavigne, F. (2009). *Computers and Geosciences* 35, 1992-2000.

Takashimizu, Y. y Liyoshi, M. (2016). *Progress in Earth and Planetary Science* 3, Art. 2.

Vangla, P., Roy, N. y Gali, M.L. (2018). *Granular Matter* 20(1), Art. 6.

Zheng, J. y Hryciw, R.D. (2015). *Geotechnique* 65(6), 494-506.

Parámetros		Totales	> 130	>150	>200
Número de Partículas		71	50	43	33
So	Media	0,9439	0,9504	0,9526	0,9552
	Desv. Est.	0,0189	0,0159	0,0147	0,0139
S	Media	0,7496	0,7706	0,7670	0,7667
	Desv. Est.	0,1263	0,1222	0,1223	0,1156
Ci	Media	0,6603	0,6450	0,6460	0,6570
	Desv. Est.	0,0874	0,0890	0,0857	0,0813
DF	Media	1,0424	1,0293	1,0297	1,0250
	Desv. Est.	0,0205	0,0124	0,0116	0,0082

Tabla 1.- Valores estadísticos medidos para los cuatro parámetros de forma estudiados.
 Table 1.-Statistical values measured for the four shape parameters studied.