

**MORFOMETRIA DE CLASTOS DE CUARZO  
EN EL RIO PARANA MEDIO (ARGENTINA)**

*Esteban Passeggi (\*)*

Instituto Nacional de Limnología (INALI)  
José Macía 1933 - 3016 Santo Tomé  
Santa Fe - Argentina

RESUMEN

**Passeggi, E. 1991. Morfometría de clastos de cuarzo en el río Paraná Medio (Argentina). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 22 (2): 79-93**

Se analizaron las variaciones longitudinales de redondez y circularidad de los clastos de cuarzo, así como su vinculación con el tamaño de los mismos en el tramo medio del río Paraná. Las muestras fueron tomadas en el centro del cauce, a intervalos de 75 km, aproximadamente, desde Corrientes (km 1208) hasta Diamante (km 531). En las fracciones gruesas predominaron los granos redondeados, manifestándose la existencia de un "límite máximo" de redondez el cual estaría sujeto a la intensidad del transporte. En los grados de tamaño más finos, con preponderancia de clastos angulosos y subangulosos, se verificó la incidencia de un "límite crítico de tamaño" fuera del cual los procesos abrasivos y sus efectos pierden significancia. Las variaciones longitudinales de redondez indican que la abrasión es importante en la primera mitad del tramo, disminuyendo luego sus efectos a raíz de un cambio en las características hidrodinámicas del río. La circularidad, en cambio, evidenció estar gobernada por la estructura cristalográfica del grano mineral, en virtud de las variaciones muy escasas que presentó en todo el tramo. Si bien los valores de ambas propiedades se distribuyeron en forma similar con respecto a la granometría, dentro de cada fracción mostraron diferencias en virtud de la acción de distintos mecanismos de transporte.

ABSTRACT

**Passeggi, E. 1991. Morphometry of quartz clasts in the Middle Paraná River (Argentina). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 22 (2): 79-93**

Longitudinal variations of roundness and circularity of quartz particles and their relationships with grain size in the Middle Paraná River, were analyzed. Samples were taken from the channel center at nearly 75 km intervals from Corrientes (km 1208) to Diamante (km 531). Roundness is higher in the coarser grains. Its variations along the reach, have shown the incidence of river hydrodynamics (flow velocity, transport mechanism, braided drainage pattern, etc.). Circularity has shown the influence of the crystallographical structure of mineral grains, because of their limited longitudinal variations. But, like roundness, the circularity is higher in coarse grained. Hence, both the roundness and the circularity are correlated.

(\*) Becario de Perfeccionamiento del CONICET.

## INTRODUCCION

Conocer los factores que actúan sobre las características morfométricas de los granos minerales en ambientes fluviales, despertó, desde hace bastante tiempo, el interés de numerosos investigadores en todo el mundo. Así, se conocen diversos estudios experimentales en molinos de abrasión (Wentworth, 1919; Thiel, 1940; Krumbain, 1941 a, b; Alling, 1944, 1950, entre otros) y de campo en cuerpos de agua de variada jerarquía (Russell y Taylor, 1937; Pettijohn y Lundahl, 1943; Pollack, 1961; Sahu y Patro, 1970, entre los más destacados).

En nuestro país son importantes las contribuciones realizadas por Teruggi *et al.* (1971, 1977) en los ríos Sarmiento (Prov. de La Rioja) y San Antonio (Prov. de Córdoba) y por Mazzoni y Spalletti (1972) en el río Grande (Prov. de Jujuy).

Pese a los numerosos antecedentes, las conclusiones son ambiguas y contradictorias. Por otra parte, hoy en día, la tendencia general apunta a encarar investigaciones con el objeto de modernizar la metodología conocida, adaptándola a las innumerables posibilidades que ofrece la computación aplicada al tratamiento gráfico y al cálculo estadístico (Ehrlich y Weimberg, 1970; Klován y Miesch, 1976; Mc Manus y Alrasoul, 1987; Illenberger, 1991).

Se intenta aportar, aquí, algunas consideraciones con respecto a la evolución de la redondez y circularidad de partículas de cuarzo de diferentes tamaños, a lo largo de un importante sistema fluvial como es el del río Paraná, particularizando el estudio en su tramo medio. Al respecto, el único antecedente que se conoce es una breve cita de Bertoldi de Pomar (1980).

Por tanto, esta contribución viene a ampliar la información existente, constituyendo la primera parte de una investigación mayor que incluirá un estudio similar en otros tramos del mismo río.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se centró en los clastos de cuarzo de 8 muestras de sedimentos de fondo, obtenidas en el centro del cauce a intervalos de, aproximadamente, 75 km entre Corrientes (km 1208) hasta Diamante (km 531) (Fig.1). Las mismas fueron tomadas en aguas bajas (nivel hidrométrico promedio en puerto Paraná 1,54 m) durante la Campaña Limnológica "Keratella I" en setiembre de 1975 llevada a cabo por un equipo técnico del Instituto Nacional de Limnología (CONI-CET).

Las muestras fueron procesadas según la metodología tradicional (Bertoldi de Pomar, 1976 y *op.cit.*).

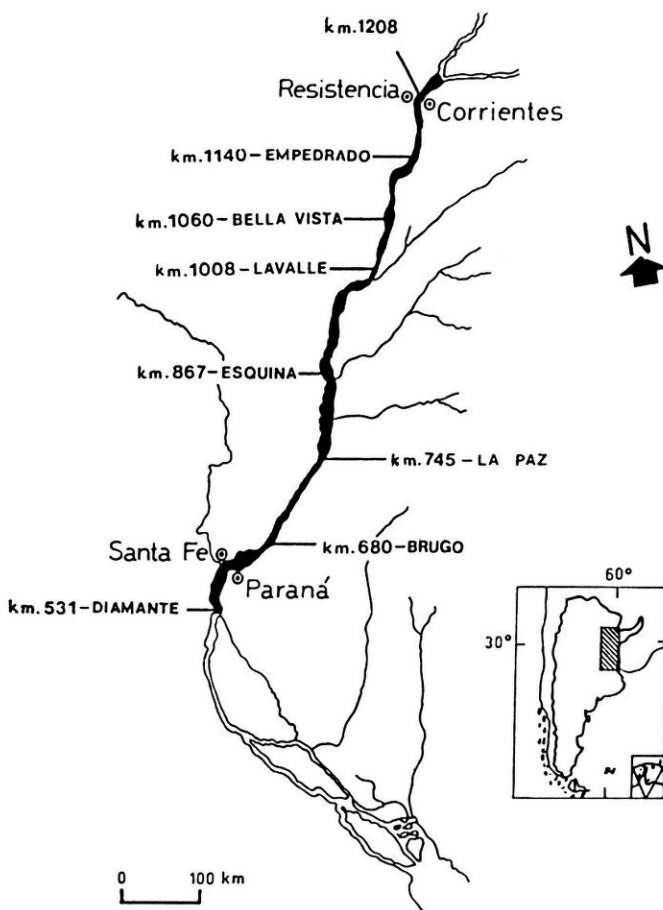


Fig.1. Mapa de ubicación de las muestras estudiadas. El kilometraje indicado corresponde al señalado en las cartas de navegación del Servicio de Hidrografía Naval (1968).

En este trabajo sólo se consideró el material presente en las fracciones de tamaño que van desde 0,031 mm (phi 5 - limo grueso) hasta 8 mm (phi -2 - guijas), expresado en porcentaje en peso (Cuadro 1).

Sólo se utilizaron partículas de cuarzo por ser el mineral predominante y, a su vez, el más estable. Para caracterizar su forma se determinaron redondez y circularidad. Esta última, es un concepto bidimensional determinable al microscopio - Rittenhouse (1943) la llamó esfericidad bidimensional - que, en este caso, se utilizó en lugar de la esfericidad dado el reducido tamaño de las partículas y las dificultades operativas que ello implica.

Las mediciones se llevaron a cabo trazando los contornos de 30 granos de cada fracción. Las partículas de diámetro entre 0,031 y 1 mm se dibujaron sobre la pantalla de un microscopio de proyección Visopan Reichert y las de diámetros mayores, sobre la de un proyector de sombras Shadowgraph Nikon modelo 6 c.

Para el cálculo de circularidad se empleó el método de Riley (1941) a través de la fórmula:

$$C = (D_i/D_c)^{1/2}$$

donde C= circularidad; D<sub>i</sub>= diámetro del círculo mayor inscripto y D<sub>c</sub>= diámetro del círculo menor circunscrito.

Para calcular la redondez se empleó el método de Waddel (1932, 1935), mediante la fórmula:

$$R = (\sum r_i/R_i)/N$$

Cuadro 1

Granometría comparativa para las 8 muestras estudiadas. Datos analíticos expresados como % en peso. s/f= sin fracción. (Según Bertoldi de Pomar, 1980)

Muestra Nro	Grado Phi							
	-2	-1	0	1	2	3	4	5
1	0,71	1,86	9,61	56,71	27,26	2,41	1,11	0,33
2	s/f	0,11	0,57	6,56	45,86	44,51	2,21	0,17
3	0,16	1,71	4,50	13,70	38,06	40,05	1,66	0,16
4	2,12	0,62	0,87	13,32	68,72	13,27	0,57	0,51
5	0,72	0,27	0,37	9,82	82,32	6,22	0,22	0,07
6	1,63	2,57	5,32	17,13	48,52	22,43	2,28	0,12
7	s/f	0,10	0,10	1,35	77,45	20,50	0,25	0,25
8	0,11	0,25	0,26	4,21	73,95	20,46	0,66	0,10

donde R= redondez;  $r_i$ = radios de curvatura de los ángulos convexos;  $R_i$ = radio del círculo mayor inscrito y N= número de curvaturas convexas. Para la clasificación según este parámetro se utilizó la escala de Powers (1953).

Actualmente, esta metodología ha sido reemplazada por sofisticados procedimientos de video-digitalización y análisis computarizado de la forma mediante series de Fourier (Grothaus y Hage, 1978; Boon *et al.*, 1982; Larriestra, 1987; Schafer y Teyssen, 1987). Sin embargo, se optó por técnicas que estuvieran al alcance de los elementos con los que se contaba y que, a pesar de ser un tanto anticuados, no dejan de tener validez.

Con respecto a éstos, algunos autores, como Mazzoni (1972), recomiendan la aplicación de métodos de estimación visual por su rapidez y practicidad. A pesar de esto, se adoptaron los determinativos, por considerar que de esta manera se minimizan los factores subjetivos, en favor de la precisión de los resultados.

Para el manejo y análisis estadístico de los datos correspondientes a los 1.200 clastos de cuarzo que resultaron incluidos en el estudio (Cuadros 2 y 3), se utilizó una computadora COMPUSYST CDS.

Cuadro 2

Valores medios y desvíos estándar de redondez de 8 muestras obtenidas en el río Paraná medio. s/f= sin fracción; s/d= sin determinar.

Estación de Muestreo	Grado phi (*)								Med. D.Est.	
	-2	-1	0	1	2	3	4	5	Pond. (**)	Pond. (**)
Corrientes	s/d	0,49	0,62	0,40	0,51	0,40	0,31	0,30	0,45	0,14
Empedrado	s/f	s/d	0,48	0,55	0,53	0,42	0,28	0,30	0,48	0,17
Bella Vista	0,53	0,55	0,52	0,57	0,60	0,45	0,36	0,27	0,53	0,15
Lavalle	0,55	0,46	0,64	0,45	0,62	0,50	0,37	0,24	0,58	0,15
Esquina	0,67	0,50	0,63	0,50	0,61	0,57	0,31	0,26	0,60	0,19
La Paz	0,59	0,48	0,53	0,47	0,62	0,50	0,32	0,31	0,55	0,16
Brugo	s/f	0,52	0,64	0,49	0,58	0,53	0,34	s/d	0,57	0,16
Diamante	s/d	0,49	0,54	0,41	0,53	0,58	0,35	s/d	0,53	0,17
Media Aritmét.	0,59	0,50	0,58	0,48	0,58	0,49	0,33	0,28		
Desv. Est. Prom.	0,15	0,13	0,13	0,18	0,17	0,13	0,15	0,11		

(\*) Valores promedio de 30 granos.

(\*\*) Basados en el porcentaje en peso de material presente en cada fracción.

Cuando en una fracción sólo fue posible analizar unos pocos granos, no se consideró para no incorporar una fuente de error (Mazzoni, *op.cit.*).

Los valores medios y desvíos estándar de los parámetros morfométricos estudiados se ponderaron en relación a la composición granométrica de cada muestra.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Sobre la base de los valores promedio de redondez, en el tramo estudiado, los granos de cuarzo se clasificaron como predominantemente redondeados (según la escala de Powers, *op.cit.*) para los grados superiores al phi 3 (inclusive), en tanto que para las fracciones inferiores a dicho tamaño, los clastos fueron angulosos y subangulosos (Fig.2). Esta relación, bastante marcada, entre tamaño y redondez (Fig.5) puede atribuirse a la madurez del material transportado. Es de destacar, que si bien las fracciones más gruesas fueron las de mayor redondez, los valores no superaron el registrado para el phi 2 (0,58). Esta

Cuadro 3

Valores medios y desvíos estandar de circularidad de 8 muestras obtenidas en el río Paraná medio. s/f= sin fracción; s/d= sin determinar.

Estación de Muestreo	Grado phi (*)								Med. D.Est. Pond. Pond.	
	-2	-1	0	1	2	3	4	5	(**)	(**)
Corrientes	s/d	0,76	0,84	0,78	0,84	0,83	0,79	0,79	0,80	0,06
Empedrado	s/f	s/d	0,85	0,82	0,84	0,80	0,81	0,77	0,82	0,06
Bella Vista	0,82	0,82	0,81	0,81	0,84	0,81	0,79	0,79	0,82	0,06
Lavalle	0,84	0,82	0,85	0,83	0,80	0,82	0,81	0,75	0,81	0,06
Esquina	0,86	0,79	0,84	0,85	0,83	0,79	0,79	0,79	0,83	0,06
La Paz	0,81	0,77	0,85	0,83	0,83	0,81	0,78	0,77	0,82	0,05
Brugo	s/f	0,82	0,84	0,84	0,84	0,80	0,80	s/d	0,83	0,04
Diamante	s/d	0,78	0,86	0,83	0,81	0,80	0,80	s/d	0,81	0,06
Media Aritmét.	0,83	0,79	0,84	0,82	0,83	0,81	0,80	0,78		
Desv. Est. Prom.	0,04	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06		

(\*) Valores promedio de 30 granos.

(\*\*) Basados en el porcentaje en peso de material presente en cada fracción.

circunstancia podría significar, por otra parte, la existencia de un límite hacia el cual se aproxima la redondez pero no lo excede y que posiblemente sea función de la estabilidad física del material y de la magnitud del transporte (velocidad de corriente y sucesión de ciclos sedimentación-transporte).

En las partículas finas, menores que phi 2 se destaca claramente la disminución de la redondez en relación directa con el diámetro de las partículas, patrón que coincide con lo verificado por Waddel, *op.cit.*; Russell y Taylor, *op.cit.*; Pettijohn y Lundahl, *op.cit.*. Naturalmente, es probable que dicha tendencia responda a la incidencia cada vez menos efectiva de la abrasión en el redondeamiento de las partículas, a medida que éstas se hacen más pequeñas. En otros términos, podría hablarse de un "límite crítico de tamaño" debajo del cual los procesos de desgaste producen cambios cada vez menos significativos en la redondez (Pollack, *op.cit.*; Russell y Taylor, *op.cit.*).

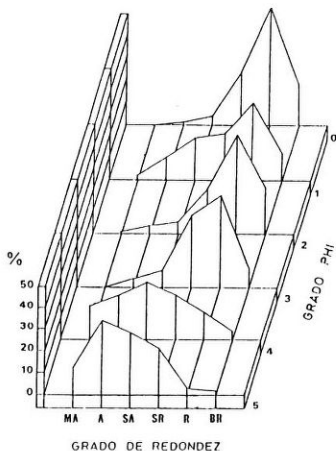


Fig.2. Distribución porcentual de los clastos de cuarzo de acuerdo a los grados de redondez de Powers en el río Paraná Medio. MA= muy anguloso; A= anguloso; SA= subanguloso; SR= subredondeado; R= redondeado; BR= bien redondeado.

Las medias ponderadas de redondez mostraron un leve pero sostenido aumento aguas abajo entre las ciudades de Corrientes y Esquina. A partir de este punto, dichos valores manifestaron una muy leve tendencia a decrecer en el mismo sentido (Cuadro 2; Fig.3).

Teniendo en cuenta que el valor promedio de redondez refleja la intensidad de la abrasión a la que fue sometida una partícula y que el desvío estandar manifiesta las variaciones en dicha intensidad (Patro y Sahu, 1974), se deduce que el desgaste en los primeros 364 km de este tramo, pareció ser suficientemente efectivo como para incrementar la redondez en un 33 % hecho sobre el cual, incidiría el importante volumen líquido que aporta el río Paraguay. En los restantes 345 km, tal influencia perdería vigor determinando cierta disminución en la competencia de la corriente causada por el diseño anastomosado del cauce, que caracteriza este sector del río. Esto explicaría el progresivo descenso de los valores de redondez. Estudiando los caracteres texturales, Bertoldi de Pomar (1979) ya había registrado variaciones en la selección como parámetro indicador del decaimiento de la competencia.

En razón de todo lo expuesto, resulta interesante investigar el papel que juega el tamaño de la partícula en la variación longitudinal de los valores de redondez (Fig.4a).

A tal efecto, se consideraron sólo los grados de tamaños predominantes ( $\phi$  1, 2 y 3), en donde se distribuye casi el 95 % del total del material procesado.

La fracción más gruesa parece ser la menos propensa a manifestar un patrón definido de comportamiento aguas abajo. La más fina muestra un incremento bastante regular y la intermedia presenta un importante aumento en el

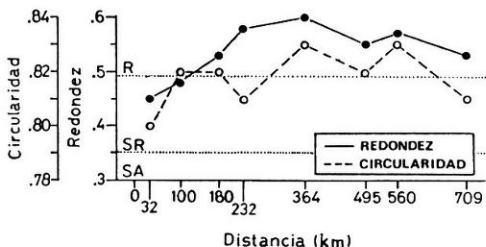


Fig. 3. Variación longitudinal de redondez y circularidad en el río Paraná Medio. R= redondeado; SR= subredondeado; SA= subanguloso.



primer tercio del tramo manteniéndose luego constante para disminuir en el último.

Estas variaciones estarían relacionadas con el hecho de que el 90 % de la carga del lecho lo constituye la población de granos transportados por saltación (incluyendo el concepto de saltación "interrumpida", Richards, 1982), representada en su gran mayoría, por partículas correspondientes al grado phi 2. Al mismo tiempo, los grados phi 1 y 3, se comportan como límites de las poblaciones de tracción-saltación y saltación-suspensión, respectivamente, aunque son mucho menos representativos que el anterior (Bertoldi de Pomar, 1980).

Si bien la circularidad mostró cierta correspondencia con la evolución de la redondez en la dirección de la corriente, su comportamiento fue bastante irregular y sus variaciones muy escasas (Fig.3). Esto permite asumir que dicha propiedad se ve gobernada por fuerzas que son intrínsecas a las partículas, como puede ser la estructura cristalográfica. Esta determina su forma original que, en la mayoría de los casos, predomina por sobre los procesos que tratan de modificarla. Por esta razón es que la circularidad es menos indicativa de la historia de la abrasión que la redondez, siendo más importante en la de la selección del depósito (Patro y Sahu, *op.cit.*).

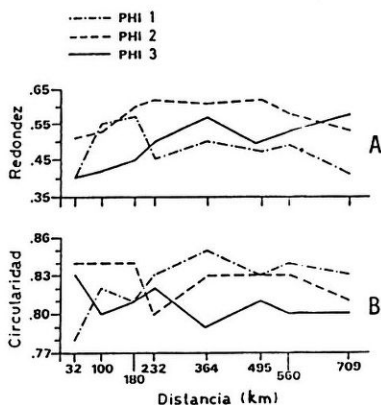


Fig. 4. Variación longitudinal de redondez (A) y circularidad (B) dentro de las fracciones de tamaño más representativas en el río Paraná Medio.

A priori, resulta poco evidente que la selección en base a la forma de los granos sea importante (Fig.3). Sin embargo, al analizar la incidencia del tamaño de partículas sobre la variación longitudinal de los valores de circularidad (Fig.4b) surgen algunos atisbos de ella. El phi 1 verifica un leve incremento aguas abajo, mientras que el phi 3, por el contrario, tiende a disminuir. Como quedó expresado precedentemente, a partir del phi 3 comienza a predominar el transporte por suspensión en el cual los clastos de cuarzo más circulares tienden a separarse de los de menor circularidad los que alcanzan distancias mayores. Desde el phi 1, comienza a adquirir importancia la tracción como mecanismo de transporte en el cual, por el contrario, los granos más rezagados son los menos circulares.

La circularidad en función de la granometría se comportó de manera tal que, en general, los granos más grandes fueron los más circulares, disminuyendo este carácter en los más finos (Fig.5). Los valores de redondez y circularidad se encuentran asociados (Plumley, 1948) en función del tamaño dando como resultado una relación lineal (Fig.6).

Cambios pequeños de la circularidad repercuten en variaciones bastante grandes en la redondez. De esta manera, un aumento del 13 % en la circularidad (de 0,75 a 0,85), produce un incremento del 242 % (de 0,19 a 0,65) en la redondez. Esta circunstancia también fue observada por otros autores (Pettijohn, *op. cit.*).

Es interesante hacer notar que, aplicando la fórmula anterior, para un valor 0 de redondez, el de circularidad sería de 0,71

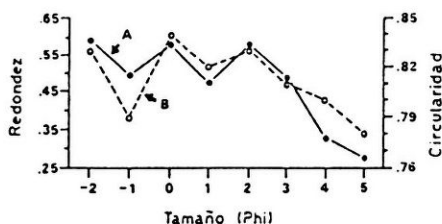


Fig. 5. Distribución de los valores de redondez (A) y circularidad (B) en relación con la granometría del material.

## CONCLUSIONES

La correspondencia directa entre redondez y tamaño de partículas fue lo suficientemente marcada como para asumir que el material analizado proviene de sedimentos maduros, probablemente, con una intensa historia de abrasión lo que, a su vez, justifica ciertas variaciones propias de los diferentes ciclos de transporte a los que fueron sometidos los clastos.

Las partículas menores de 0,5 mm manifestaron una angulosidad creciente con la disminución de diámetro por lo que podría tomarse este valor como límite de tamaño tentativo a partir del cual comienza a ser menos significativa la acción abrasiva. Si bien los granos que superan este límite, son los de mayor redondez, ésta no excedió cierto "valor crítico" (que para este caso sería 0,58) que respondería tanto a las características propias del material como a la historia e intensidad del transporte.

Las variaciones longitudinales de redondez revelaron que las condiciones hidrodinámicas del río (caudal, velocidad de corriente, diseño del cauce, meca-

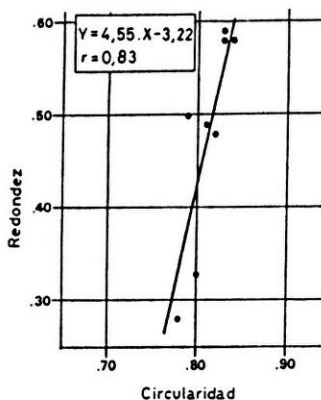


Fig. 6. Relación entre circularidad y redondez. Y= redondez; X= circularidad; r= coeficiente de correlación lineal simple.

nismos de transporte, etc.) ejercerían su influencia sobre el comportamiento de dicha propiedad a lo largo de un curso fluvial.

La circularidad, al igual que la redondez, demostró ser función del tamaño de partículas. En virtud de esto, ambos parámetros morfométricos se hallan correlacionados directamente al extremo de que pequeñas variaciones de circularidad repercuten en grandes cambios en la redondez. Es posible que la forma original de los granos condicione la manifestación de modificaciones en la circularidad a la vista del escaso rango de oscilación de sus valores en todo el tramo, por lo que esta propiedad adquiere importancia como indicadora de la selección del depósito en base a la forma de los clastos. Para valorar este fenómeno resulta conveniente considerar cada fracción de tamaño por separado pues cada una de ellas manifiesta en forma particular los efectos de la selección.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Hetty Bertoldi de Pomar, al Dr. Edmundo Chaar y al Dr. Luis Spalletti por la revisión crítica del manuscrito y sus valiosas sugerencias. Un especial reconocimiento a este último por facilitar parte de la bibliografía del trabajo

#### REFERENCIAS

- Alling, H. 1944. Grain analyses of minerals of sand size in ball mills. *J. Sedim. Petrol.* 14 (3): 103-114.
- Alling, H. 1950. Initial shape and roundness of sedimentary rock particles of sand size. *J. Sedim. Petrol.* 20 (3): 133-147.
- Bertoldi de Pomar, H. 1976. Métodos de preparación de sedimentos clásticos para su estudio microscópico. I. Tratamientos previos. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 7: 1-55.
- Bertoldi de Pomar, H. 1979. Sedimentología de las arenas del cauce del río Paraguay. I. Caracteres texturales. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 10: 1-12.
- Bertoldi de Pomar, H. 1980. Campaña Limnológica "Keratella I". Sedimentos de fondo. *Ecología* 4: 31-43.
- Boon, J.; D. Evans y H. Hennigar 1982. Spectral information from Fourier Analysis of digitized quartz grain profiles. *J. Math. Geol.* 14 (6).

- Ehrlich, R. y B. Weimberg 1970. An exact method for the characterization of grain shape. *J. Sedim. Petrol.* 40 (1): 205-212.
- Grothaus, B.T. y G. L. Hage 1978. Fourier grain shape analysis: a means for correlating alluvial deposits at the Nevada Test Site: Livermore, CA, Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL-52569, 13 p.
- Illenberger, W.K. 1991. Pebble shape (and size !). *J. Sedim. Petrol.* 61 (5): 756-767.
- Klovan, J. y A. Miesch 1976. Extended CABFAC and Q-model computer programs for Q-model factor analysis of compositional data. *Comput. Geosci.* 1: 161-178.
- Krumbein, W.C. 1941 a. Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *J. Sedim. Petrol.* 11 (2): 64-72.
- Krumbein, W. C. 1941 b. The effect of abrasion on the size, shape and roundness of rock fragments. *J. Geol.* 49: 482-520.
- Laarriestra, C.N. 1987. Análisis de formas de clastos mediante series de Fourier. *Rev. Asoc. Arg. Miner., Petrol. y Sedim.* 18 (1/4): 53-60.
- Mazzoni, M. 1972. Análisis y significado de la redondez y la esfericidad en psammitas. *Rev. Mus. La Plata, Nva. Ser. Geol.* 62 (8): 1-34.
- Mazzoni, M. y L. A. Spalletti 1972. Sedimentología de las arenas del Río Grande de Jujuy. *Rev. Mus. La Plata, Nva. Ser. Geol.* 8: 35-117.
- Mc Manus, J. y A. H. A. Alrasoul 1987. A numerical technique for analysing pebble-form variations, applied in Loch Earn, Scotland. *Sedimentology* 34: 707-713.
- Patro, B. C. y B. K. Sahu 1974. Factor analysis of sphericity and roundness data of clastic quartz: environmental significance. *Sedim. Geol.* 11: 59-78.
- Pettijohn, F. J. 1957. Rocas Sedimentarias. *EUDEBA*, Buenos Aires, 731 p.
- Pettijohn, F. J. y A. C. Lundahl 1943. Shape and roundness of Lake Erie beach sands. *J. Sedim. Petrol.* 13: 69-78.

- Plumley, W. 1948. Black Hills terraces: a study in sediments transport. *J. Geol.* 56: 559-560.
- Pollack, J.M. 1961. Significance of compositional and textural properties of South Canadian River channel sands, New Mexico, Texas and Oklahoma. *J. Sedim. Petrol.* 31 (1): 15-37.
- Powers, W.C. 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. *J. Sedim. Petrol.* 23 (2): 117-119.
- Richards, K. 1982. Rivers. Form and Process in Alluvial Channels. *METHUEN*, Londres y Nueva York, 358 p.
- Riley, N. 1941. Projection sphericity. *J. Sedim. Petrol.* 11 (2): 94-97.
- Rittenhouse, G. 1943. A visual method of estimating two dimensional sphericity. *J. Sedim. Petrol.* 13 (2): 70-81.
- Russell, R. D. y R. E. Taylor 1937. Roundness and shape of Mississippi River sands. *J. Geol.* 45: 225-267.
- Sahu, B. K. y B. C. Patro 1970. Treatment of sphericity and roundness data of quartz grains of clastic sediments. *Sedimentology* 14: 51-66.
- Schafer, A. y T. Teyssen 1987. Size, shape and orientation of grains sands and sandstones - Image analysis applied to rock thin-sections. *Sedim. Geol.* 52: 251-271.
- Servicio de Hidrografía Naval (Armada Argentina). 1968. Croquis de los ríos. Hojas 22-61.
- Teruggi, M. E.; M. Mazzoni y L. A. Spalletti 1971. Sedimentología de las gravas del Río Sarmiento (prov. de La Rioja). *Rev. Mus. La Plata, Nva. Ser. Geol.* 7: 77-146.
- Teruggi, M. E.; M. Mazzoni y L. A. Spalletti 1977. Sedimentología de las gravas del curso inferior del Río San Antonio (prov. de Córdoba). *Obra Centenario Museo La Plata* 4: 1-22.

- Thiel, G.A. 1940. The relative resistance to abrasion of mineral grains of sand size. *J. Sedim. Petrol.* 10: 103-124.
- Waddel, H. 1932. Volume, shape and roundness of rock particles. *J. Geol.* 40: 443-451.
- Waddel, H. 1935. Volume, shape and roundness of quartz particles. *J. Geol.* 43: 250-280.
- Wentworth, C.W. 1919. A laboratory and field study of cobble abrasion. *J. Geol.* 27: 505-522.

Recibido/*Received*: 24 julio 1992  
Aceptado/*Accepted*: 14 abril 1993