

## **UN TRIANGULO PARA LA REPRESENTACION POBLACIONAL E INTERPRETACION GENETICA DE LOS SEDIMENTOS ARENOSOS**

### **A TRIANGLE FOR THE REPRESENTATION OF POPULATIONS AND GENETIC INTERPRETATION OF SANDY SEDIMENTS**

Raymundo Lecuanda

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Apartado Postal 70-305  
México 04510, D.F., México

*Recibido en enero de 1992; aceptado en mayo de 1992*

#### **RESUMEN**

Se propone la utilización de un diagrama triangular para representar las proporciones de las poblaciones de tracción, saltación y suspensión identificadas en los sedimentos arenosos, como ayuda para su interpretación genética. Las variaciones en la composición poblacional de los sedimentos de medios depositacionales particulares delimitan en el triángulo diez grupos poblacionales, uno por cada medio. Se analiza y discute el significado de la extensión, categorías de relación y yuxtaposiciones entre grupos poblacionales. Se enfatiza el valor de este procedimiento gráfico en la interpretación y jerarquización de los procesos físicos de sedimentación que caracterizan a diversos medios depositacionales.

#### **ABSTRACT**

A triangular diagram is proposed to represent the percentage of traction, saltation, and suspension populations identified in sandy sediments as a tool in their genetic interpretation. The variation observed in the population composition of sediments from different sedimentary environments revealed ten populational groups in the triangle, one for each environment. The meaning of size, type of relation and overlapping between groups are analyzed and discussed. The graphic procedure here proposed contributes to the genetic interpretation and the ranking of the physical processes of sedimentation that occur in depositional environments.

#### **INTRODUCCION**

La producción científica de los últimos cincuenta años en el campo de la sedimentología muestra el gran esfuerzo realizado con el fin de establecer criterios conclusivos para la identificación de los ambientes sedimentarios antiguos.

Los petrógrafos sedimentarios y los sedimentólogos han tratado repetidamente de diferenciar los ambientes depositacionales con base en las características texturales de los sedimentos, partiendo de que el tamaño de grano de un sedimento clástico refleja en cierta medida los procesos físicos de sedimentación que operan en cada medio. De las

#### **INTRODUCTION**

Over the past fifty years, considerable effort has been made to establish conclusive criteria for the identification of ancient sedimentary environments.

Sedimentary petrographers and sedimentologists have repeatedly tried to differentiate depositional environments based on the textural characteristics of the sediments, assuming that the grain size of a clastic sediment reflects, to a certain extent, the physical processes of sedimentation that occur in each environment. Based on the relationships between product-environment, morphology-environment and grain size-environment, several

relaciones producto-ambiente, morfología-ambiente y tamaño de grano-ambiente se han inferido numerosos planteamientos, con diversos enfoques, a fin de interpretar la naturaleza y significado de la distribución textural en sedimentos de facies recientes. Los intentos por establecer estas relaciones comprenden una extensa documentación, expuesta sumariamente en los trabajos de Folk (1966), Reineck y Sing (1973), Pettijohn (1975), Friedman y Sanders (1978), Friedman (1979), y Blatt *et al.* (1980).

Los resultados de las investigaciones realizadas por Doeglas (1946), Moss (1962, 1963) y Visher (1969), en depósitos de diversos medios sedimentarios recientes, establecen relaciones entre la textura y las condiciones hidrodinámicas prevalecientes durante su depósito, lo que permite interpretarlos en términos genéticos. Específicamente, Doeglas (1946) y Visher (1969) identifican, en las curvas de distribución granulométrica de los sedimentos estudiados, poblaciones o componentes generados por procesos de tracción, saltación y suspensión.

La propuesta central del estudio de Visher (1969) se fundamenta en el análisis de las poblaciones que se identifican en las curvas granulométricas de sedimentos de ambientes actuales y antiguos. Estas subpoblaciones se aprecian como segmentos rectos en la curva de frecuencias acumulativas trazadas en papel de probabilidades. El autor señala que cada una de estas poblaciones, restringida a ciertas amplitudes de tamaño de grano, está relacionada con alguno de los tres modos de transporte reconocidos (suspensión, tracción y saltación). Visher (1969) destaca que en una misma curva es posible identificar los procesos que intervienen en la acumulación del material, y concluye que la combinación de dos o más procesos se aprecia en las curvas acumulativas, mismas que exhiben formas características para los ambientes que representan.

Posteriormente a los planteamientos de Visher (1969), se han publicado diversas propuestas sobre la interpretación hidráulica de las poblaciones de tamaño de grano, así como criterios para la bisección de las curvas de frecuencias acumulativas de tamaño de grano, y para el análisis sobre el significado y utilización de los cambios de pendientes o "quiebres" de la curva acumulativa. El progreso de estos enfoques interpretativos parte esencialmente de los trabajos de Bryant

interpretations have been presented in order to understand the textural distribution in sediments of recent facies. The attempts to establish these relationships have been summarized by Folk (1966), Reineck and Sing (1973), Pettijohn (1975), Friedman and Sanders (1978), Friedman (1979) and Blatt *et al.* (1980).

Studies carried out by Doeglas (1946), Moss (1962, 1963) and Visher (1969) on deposits of several recent sedimentary environments, establish relationships between texture and the hydrodynamic conditions prevailing during deposition, allowing genetic interpretations. In particular, Doeglas (1946) and Visher (1969) identify, in the granulometric distribution curves of the sediments studied, populations or components produced by traction, saltation and suspension processes.

The main proposal in Visher's (1969) study is based on the analysis of the populations that are identified in the granulometric curves of sediments of modern and ancient environments. These subpopulations appear as straight-line segments in the cumulative frequency curve plotted on probability paper. The author indicates that each of these populations, restricted to certain grain sizes, is related to one of the three known modes of transportation (suspension, traction and saltation). Visher (1969) points out that in a single curve it is possible to identify the processes that occur in the accumulation of the material, and concludes that a combination of two or more processes can be seen in the cumulative curves, which show characteristic forms for the environments they represent.

Since Visher's (1969) work, several proposals for the hydraulic interpretation of grain size populations as well as criteria for the dissection of grain size cumulative frequency curves and for the analysis of the meaning and use of changes in the slope or "breaks" in the cumulative curves have been published. The advancement of these interpretations begins with the works of Bryant (1986), Eschner and Kirchner (1984), and Viard and Breyer (1979).

In this work, a graphic representation in triangular diagrams of the traction, saltation and suspension populations in sandy sediments is presented, based on the compositional and populational concepts of Visher (1969). This contributes to the genetic interpretation of recent sediments and provides

## Lecuanda: Un triángulo para la representación poblacional e interpretación genética

(1986), Eschner y Kircher (1984), y Viard y Breyer (1979).

En este trabajo se propone, retomando los conceptos composicionales o poblacionales de Visher (1969), la representación gráfica en diagramas triangulares de las poblaciones de tracción, saltación y suspensión que frecuentemente son reconocidas en los sedimentos arenosos, como ayuda para la interpretación genética de los sedimentos recientes y como guía en la evaluación de los procesos físicos de sedimentación que operan en los medios sedimentarios.

### MATERIAL Y METODOS

Los datos de la composición poblacional de los sedimentos utilizados en este trabajo fueron tomados de Visher (1969), quien presenta un listado de los valores porcentuales de las poblaciones de tracción, saltación y suspensión que componen a varios tipos de sedimentos arenosos. Los detalles de la procedencia del material y de los procedimientos seguidos en el muestreo, análisis mecánico, interpretación de las curvas granulométricas, determinación de las poblaciones, así como otras consideraciones teóricas para establecer los datos que aquí se utilizan, se encuentran en el trabajo de Visher (1969).

Se estableció un diagrama triangular isométrico en cuyos vértices superior, derecho e izquierdo se representaron los cientos por ciento correspondientes a las poblaciones de suspensión, saltación y tracción, respectivamente. En este diagrama se trazaron, siguiendo el procedimiento convencional, los límites de variación porcentual de las poblaciones de suspensión, saltación y tracción característicos de cada tipo de sedimento, a fin de delimitar su posición dentro del triángulo. Es de considerarse que los tipos de sedimentos que aparecen en esta lista no representan estrictamente a ambientes depositacionales. Algunos corresponden a ambientes y otros a subambientes. Por tal razón y para abreviar, se asume que representan medios depositacionales en el sentido utilizado por Visher, con el fin de facilitar la discusión posterior.

### RESULTADOS

Al graficar los valores de composición poblacional consignados en la tabla 1 en el diagrama triangular, se establecieron diez

a guide for the evaluation of the physical processes of sedimentation that occur in sedimentary environments.

### MATERIAL AND METHODS

The data on the population composition of sediments used in this work were taken from Visher (1969), who lists the percentages of traction, saltation and suspension populations that compose several types of sandy sediments. Details on the origin of the material and the procedures followed during the sampling, mechanical analysis, interpretation of the granulometric curves and determination of the populations, as well as other theoretical considerations regarding the data, are given by Visher (1969).

An isometric triangular diagram was defined in which the top, right and left vertices represent the 100% population of suspension, saltation and traction, respectively. Following the conventional procedure, the limits of percentage variation of the suspension, saltation and traction populations, that characterize each type of sediment, were plotted on this diagram in order to locate their position in the triangle. It should be noted that the types of sediment that appear on this list do not strictly represent depositional environments. Some correspond to environments and others to subenvironments. Therefore, in order to facilitate the discussion that follows, it is assumed that they represent depositional environments in the sense used by Visher (1969).

### RESULTS

Ten population zones or groups, one for each depositional environment, were defined on the triangular diagram by plotting the composition values given in table 1. These are shown in Fig. 1 and summarized in Fig. 2.

The ten population groups occupy only 70% of the total area. The remaining 30% is an empty zone (Fig. 2). The area of the zones corresponding to each depositional environment, expressed in percentages of the total area, are given in table 2.

In order to compare the distribution of the zones corresponding to each depositional environment considered, the boundaries corresponding to 50% of each population component were delimited on the diagram. A trian-

**Tabla 1.** Composición poblacional de los sedimentos de diez medios depositacionales (según Visher, 1969).**Table 1.** Population composition of sediments from ten depositional environments (according to Visher, 1969).

Medios depositacionales	Poblaciones		
	Saltación (%)	Suspensión (%)	Tracción (%)
Fluvial ( <i>Fluvial</i> )	65-98	2-35	variable
Bordo natural ( <i>Natural levee</i> )	0-30	60-100	0-5
Canal de mareas ( <i>Tidal channel</i> )	20-80	0-20	0-70
Boca mareal ( <i>Tidal inlet</i> )	30-65	2-5	30-70
Playa ( <i>Beach</i> )	50-99	0-10	0-50
Zona de rompiente ( <i>Plunge zone</i> )	20-90	0-2	10-90
Area de bajos ( <i>Shoal area</i> )	30-95	0-2	5-70
Zona de oleaje ( <i>Wave zone</i> )	35-90	5-70	0-10
Dunas ( <i>Dune</i> )	97-99	1-3	0-2
Corriente de turbidez ( <i>Turbidity current</i> )	0-70	30-100	0-40

zonas o grupos poblacionales, uno por cada medio depositacional. En la Fig. 1 se muestra la ubicación de estos grupos dentro del diagrama, misma distribución que se resume en la Fig. 2.

Se aprecia que los diez grupos poblacionales representados en el triángulo ocupan únicamente el 70% del área total y el 30% restante representa una zona libre o descubierta (Fig. 2). Las extensiones de las zonas correspondientes a cada medio depositacional, expresadas en porcentajes del área total del triángulo, están consignadas en la tabla 2.

Con objeto de disponer de una referencia comparativa que facilite el análisis de la distribución de las zonas correspondientes a cada uno de los medios depositacionales considerados dentro del diagrama triangular, se trazaron los límites correspondientes al 50%

que fue obtenido con idénticas divisiones a those in Robinson's (1949) triangle with sand in the left corner, silt in the right corner and clay in the top corner, which in this work have been replaced by traction, saltation and suspension populations, respectively. From these subdivisions, four population classes were defined which were assigned, provisionally and for descriptive purposes only, the denomination presented in Fig. 3.

Only four of the ten depositional environments studied herein are restricted to a single class, that is: *dune*, *fluvial* and *beach* to the class of *saltites*, and *natural levee* to that of *suspensites*. The remaining environments are represented in three of the four classes defined. The area percentage of each environment represented in each population class is given in table 3.

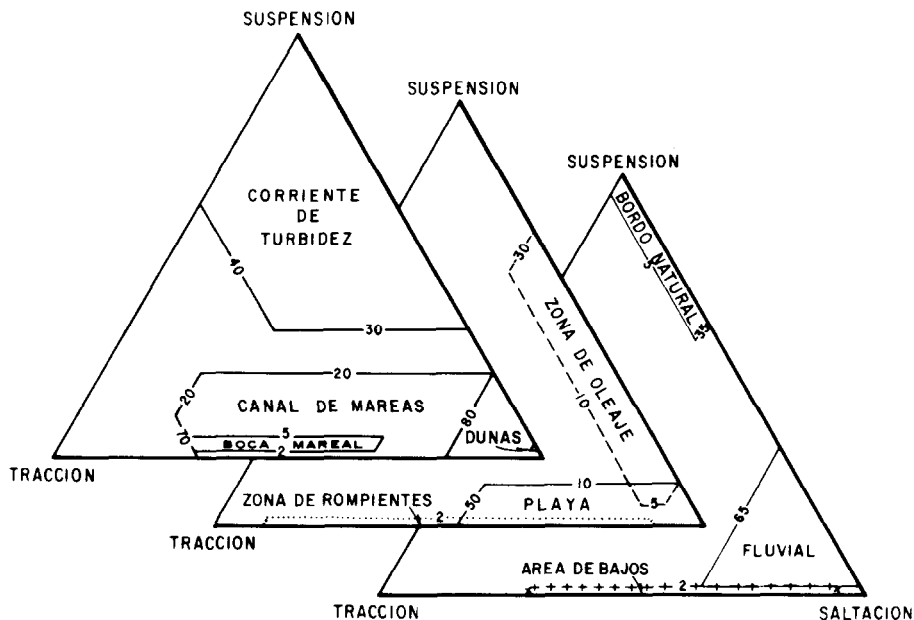


Figura 1. Ubicación de los grupos poblacionales de cada medio depositacional dentro del diagrama triangular.

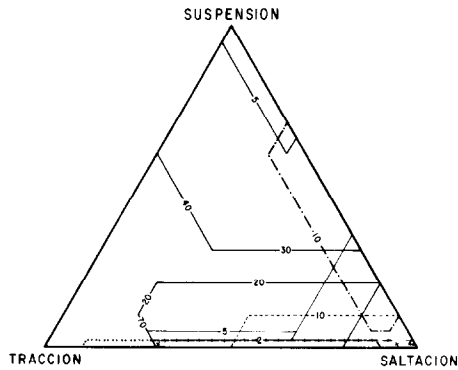
Figure 1. Location of the population groups of each depositional environment in the triangular diagram.

de cada componente poblacional. Mediante esta operación se obtuvo un triángulo con divisiones idénticas al de Robinson (1949), donde los miembros texturales extremos son: arena, vértice izquierdo; limo, vértice derecho; y arcilla, vértice superior. En el presente trabajo éstos se han substituido por los correspondientes a las poblaciones de tracción, saltación y suspensión, respectivamente. Las subdivisiones mostradas en el diagrama permiten establecer cuatro clases poblacionales a las que se les ha asignado, de forma provisional y únicamente con fines descriptivos, la denominación que aparece en la Fig. 3.

Es de mencionarse que únicamente cuatro de los diez medios depositacionales aquí estudiados están restringidos a una sola de las clases anteriormente propuestas, a saber: *dunas*, *fluvial* y *playas* a la clase de *saltitas* y *bordo natural* a la de *suspensitas*, mientras que los restantes están representados en tres de las cuatro clases establecidas. Los porcentajes de área de cada medio represen-

The population groups overlap to a different extent (Fig. 2), revealing four types of relationship between the population groups or zones that represent each environment. The terminology used to define the types of relationship, comments on their meaning for the differentiation of depositional environments and examples of identified cases are given in table 4. A matrix summarizing these relationships is presented in Fig. 4.

The distribution of the ten population groups (Fig. 2) shows that two, three and four groups overlap. Conventionally, the term *degree of overlap* can be used to specify the number of groups that overlap. Accordingly, the first, second or third degree of overlap is assigned to the zones of the triangle where two, three or four groups overlap, respectively. The percentage of area corresponding to the zones of different degrees of overlap is given in table 5, while the location and identification of the population groups that intervene in the main overlaps are shown in Fig. 5.



**Figura 2.** Ubicación de los grupos poblacionales representados en un solo diagrama.  
**Figure 2.** Location of the population groups represented in a single diagram.

**Tabla 2.** Extensión de los grupos poblacionales de cada medio depositacional dentro del diagrama triangular.

**Table 2.** Size of the population groups of each depositional environment within the triangular diagram.

Medios depositacionales	Area (%)
Fluvial	10.89
Bordo natural	3.50
Canal de mareas	23.00
Boca mareal	2.31
Playa	8.99
Zona de rompiente	3.16
Area de bajos	2.56
Zona de oleaje	11.75
Dunas	0.04
Corriente de turbidez	40.00
Zona "descubierta"	30.00

tado en cada clase poblacional se indican en la tabla 3.

En el diagrama que muestra la distribución de los grupos poblacionales (Fig. 2), se detecta su superposición, en diferentes magnitudes. Estas variaciones en la superposición permiten establecer cuatro categorías de relaciones que guardan entre sí las zonas o grupos poblacionales que representan cada medio. La tabla 4 resume la terminología aquí empleada para designar las categorías de relación, inclu-

## DISCUSSION

Considering the sediments as mixtures in variable proportions of the components of traction, suspension and saltation populations, in this study a triangular diagram is used to express the percentage of these components. The zones or regions corresponding to the sediments of the depositional environments considered are determined in this diagram.

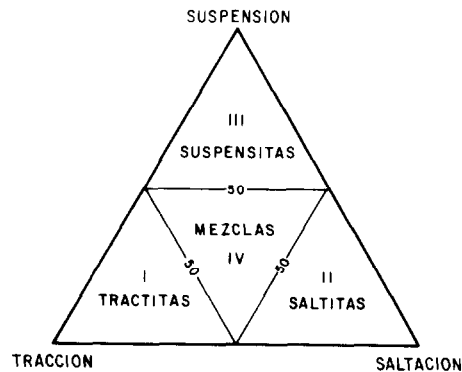


Figura 3. Diagrama que muestra la ubicación de las clases poblacionales usadas como referencia comparativa. Las clases se definen como: *tractitas* con población de tracción  $\geq 50\%$ ; *saltitas* con población de saltación  $\geq 50\%$  y *suspensitas* con población de suspensión  $\geq 50\%$ .

Figure 3. Diagram showing the location of the population classes used as comparative reference. The classes are defined as: *tractites* with traction population  $\geq 50\%$ , *saltites* with saltation population  $\geq 50\%$ , and *suspensites* with suspension population  $\geq 50\%$ .

Tabla 3. Composición de los sedimentos de acuerdo con el porcentaje de las clases poblacionales identificadas.

Table 3. Composition of the sediments according to the percentage of the population classes identified.

Medios depositacionales	I Tractitas	II Saltitas	III Suspensitas	IV Mezclas
Fluvial	-	100.0	-	-
Bordo natural	-	-	100.0	-
Canal de mareas	30.4	52.2	-	17.4
Boca mareal	51.9	39.0	-	9.1
Playa	-	100.0	-	-
Zona de rompiente	49.4	49.4	-	1.3
Area de bajos	29.7	68.8	-	1.6
Zona de oleaje	-	66.0	25.5	8.5
Dunas	-	100.0	-	-
Corriente de turbidez	-	10.0	60.0	30.0

ye algunas consideraciones sobre su significado para diferenciar medios depositacionales y refiere ejemplos de los casos identificados. En la Fig. 4 se presenta la matriz que resume las relaciones existentes entre los grupos.

Considerando la distribución de los diez grupos poblacionales (Fig. 2), se aprecia la superposición de dos, tres y cuatro grupos.

Certain considerations must be taken into account in the analysis of the results. These may affect the reliability of the procedure proposed herein, both to identify and rank the sedimentary processes that intervene in the formation of the deposit and as a tool in the interpretation of the depositional products.

MEDIOS DEPOSITACIONALES	FLUVIAL	BORDO NATURAL	CANAL DE MAREAS	BOCA MAREAL	PLAYA	ZONA DE ROMPIENTES	AREA DE BAJOS	ZONA DE OLEAJE	DUNAS	CORRIENTE DE TURBIDEZ
FLUVIAL		D	T	D	T	D	D	T	C	T
BORDO NATURAL	D		D	D	D	D	D	T	D	I
CANAL DE MAREAS	T	D		C	T	T	T	T	D	D
BOCA MAREAL	D	D	I		T	D	D	D	D	D
PLAYA	T	D	T	T		T	T	T	C	D
ZONA DE ROMPIENTE	D	D	T	D	T		T	D	D	D
AREA DE BAJOS	D	D	T	D	T	T		D	D	D
ZONA DE OLEAJE	T	T	T	D	T	D	D		D	T
DUNAS	I	D	D	D	I	D	D	D		D
CORRIENTE DE TURBIDEZ	D	C	D	D	D	D	D	T	D	


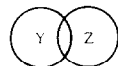


D= Diferenciable de; T=Traslapa con; C= Contiene a; I=Incluido en

Figura 4. Matriz de las relaciones existentes entre los grupos poblacionales representados en el triángulo.

Figure 4. Matrix of the relationships between the population groups represented in the triangle.

Tabla 4. Categorías de relación entre grupos poblacionales, significado y ejemplos.

Table 4. Types of relationship between population groups, meaning and examples.

Categorías de relación	Significado	Ejemplos de casos identificados
Diferenciable de: (D)	Disyunción  $Y \cap Z = \{ \}$	Fluvial (D) borde natural Dunas (D) canal de mareas Dunas (D) boca mareal Dunas (D) borde natural
Traslapa con: (T)	Intersección  $Y \cap Z$	Area de bajos (T) playa Zona de rompiente (T) playa Zona de oleaje (T) playa Canal de mareas (T) playa
Contiene a: (C)	Intersección  $Y \cap Z, Y \supset Z$	Canal de mareas (C) boca mareal Playa (C) dunas Corriente de turbidez (C) borde natural Fluvial (C) dunas
Incluido en: (I)	Intersección  $Z \cap Y, Z \subset Y$	Boca mareal (I) canal de mareas Borde natural (I) corriente de turbidez Dunas (I) fluvial Dunas (I) playas



Esta condición permite utilizar, convencionalmente, el término *orden de superposición*, con el fin de especificar el número de grupos que intervienen en ella. Con este criterio, las superposiciones se designan como de primero, segundo y tercer orden para definir las regiones del triángulo que representan la superposición o traslapo de dos, tres y cuatro grupos respectivamente. La extensión correspondiente a cada orden, expresada en porcentaje de área que ocupa dentro del triángulo, tiene los valores asignados en la tabla 5, mientras que la ubicación e identificación de los grupos poblacionales que intervienen en los principales traslapos se exhiben en la Fig. 5.

## DISCUSION

Considerando los sedimentos como mezclas en proporciones variables de los componentes poblacionales de tracción, suspensión y saltación, en este estudio se utiliza el diagrama triangular para expresar la proporcionalidad de dichos componentes. En él se establecen las zonas o regiones a que corresponden los sedimentos de los medios depositacionales considerados.

La crítica de los resultados obtenidos plantea consideraciones sobre el rigor y objetividad con que éstos deben analizarse; de ellas depende el valor del procedimiento aquí propuesto, tanto para identificar y jerarquizar los procesos sedimentarios que intervienen en la formación del depósito, como para ayudar en la interpretación de los productos depositacionales.

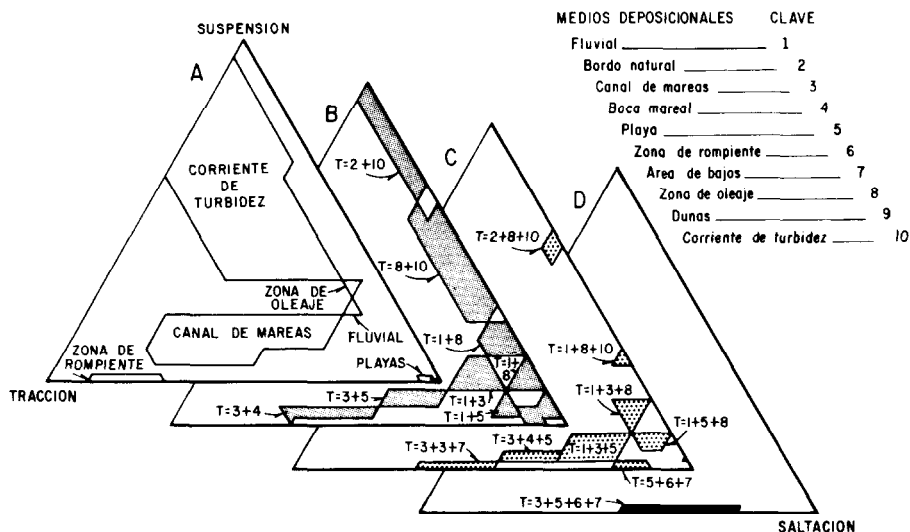
Una de las consideraciones más obvias es que el triángulo que muestra la distribución de los grupos poblacionales (Fig. 2) no considera los sedimentos de todos los ambientes de depositación incluidos en la lista de Crosby (1972), sino que está restringido a los sedimentos arenosos de los rangos texturales con que Visser (1969) hizo su análisis. Este planteamiento ayuda a explicar la presencia de la zona vacía o libre dentro del triángulo y, por ello, se supone que dicho espacio debiera estar ocupado por los grupos de sedimentos representantes de los ambientes o subambientes faltantes, particularmente por aquellos sedimentos en los que domina la población de tracción y las combinaciones tracción-suspensión.

One of the most obvious considerations is that the triangle which shows the distribution of the population groups (Fig. 2) does not include the sediments of all the depositional environments included on Crosby's (1972) list, but is restricted to the sandy sediments of the textural ranges used by Visser (1969). This explains the presence of the empty zone in the triangle, and it is therefore assumed that this space should be occupied by the groups of sediments that represent the missing environments or sub-environments, particularly by those sediments in which the traction population and the traction-suspension combinations dominate.

If Visser's (1969) premises and conclusions regarding the identification of the components of each sample from cumulative frequency curves and their hydrodynamic significance are correct, then the position of a point in a triangle represents the relation of the modes of transportation indicated by the corners of the triangle. The boundaries defined for each population group represent, in turn, boundaries within which the sedimentary processes that originate them act. It is therefore inferred that this principle can be used as an indicator in the interpretation of the sedimentary products and processes that occur in different depositional environments.

The procedure followed in this study to determine the zones corresponding to each group implies that they appear in the form of a polygon. Even though there are no arguments with which to state that the forms of these groups must necessarily be polygons, it is accepted that these can be modified if a large set of data is available with which they can be more accurately delimited. This is particularly so if they are plotted in terms of the distribution of the points corresponding to each sample and not in terms of the ranges that characterize each population group. Hence, it is assumed that modifications in the form of the groups will also affect the size.

In the diagram, the size of each population group represents the degree of variation in the proportions of the population components of the sediments. This criterion can be extrapolated to variations in the dynamic conditions that characterize them. In other words, the size of each group is, to a certain extent, equivalent to an expression of the uniformity or variability of the prevailing dy-



**Figura 5.** Ubicación de áreas y principales traslpos. A: áreas ocupadas por grupos poblacionales sin traslapo; B, C y D: áreas de superposición de primero, segundo y tercer orden.  
**Figure 5.** Location of areas and main overlaps. A: area occupied by population groups without overlap; B, C and D: areas of the first, second and third degree of overlap.

**Tabla 5.** Composición porcentual de áreas y traslpos de grupos poblacionales (orden de superposición) identificados en el diagrama triangular.  
**Table 5.** Percentage of the areas and overlaps of population groups (degree of overlap) identified in the triangular diagram.

Extensión de áreas y traslpos	%
Area de zonas poblacionales sin traslapo	43.17
Traslpo de dos zonas (primer orden)	18.66
Traslpo de tres zonas (segundo orden)	6.97
Area o zona "descubierta"	30.00

Si se aceptan como verdaderas las premisas y conclusiones que establece Visher (1969) sobre la identificación de los componentes de cada muestra a partir de la curva de frecuencias acumulativas, así como el significado hidrodinámico de aquéllas, se habrá de aceptar también que la posición de un punto dentro del diagrama triangular representa la relación de las formas de transporte que indican los miembros extremos del triángulo. Por tal motivo, los límites establecidos para cada grupo poblacional representan, a su vez, límites dentro de los que actúan los procesos

namíc conditions in the corresponding depositional environment. This assumption is confirmed by comparing two groups created under very different dynamical conditions, such as *turbidity current* or *tidal channel* and *dune*.

Regarding the establishment of population classes in a ternary classification diagram similar to that of Fig. 3, the adoption of several subclasses in accordance with the proportions of the components could be suggested, and the use of more elaborate, binomial or trinomial, terminology could be proposed, similar to the combination of ex-

sedimentarios que los originan. Se infiere que este principio puede aplicarse como un indicador en la interpretación de los procesos y productos sedimentarios que ocurren en los diferentes medios depositacionales.

El procedimiento aquí seguido para determinar las zonas correspondientes a cada grupo, conlleva que sus formas aparezcan como polígonos en la representación gráfica. Aunque no se dispone de argumentos que permitan afirmar que las formas de estos grupos necesariamente deban ser poligonales, se acepta que éstas sean modificadas al disponer de un conjunto amplio de datos que permita delimitarlas con mayor precisión. Sobre todo si son trazadas preferentemente en función de la distribución de los puntos correspondientes a cada muestra y no en función de los intervalos que caracterizan a cada grupo poblacional. Estas consideraciones permiten suponer que las modificaciones en la forma de los grupos afectarán también su extensión.

La extensión correspondiente a cada grupo poblacional en la representación gráfica expresa el grado de variación en las proporciones de los componentes poblacionales de los sedimentos que representa, criterio extrapolable a las variaciones de las condiciones dinámicas que los caracterizan. Expuesto en otros términos, la extensión de cada grupo equivale, en cierto grado, a una expresión de la uniformidad o variabilidad de las condiciones dinámicas imperantes en el correspondiente medio depositacional. Este supuesto queda suficientemente confirmado con los resultados de comparar entre sí dos grupos poblacionales originados bajo condiciones dinámicas muy diferentes, como la *corriente de turbidez o canal de mareas y dunas*.

Un posible comentario sobre el establecimiento de clases poblacionales en un diagrama de clasificación ternario semejante al de la Fig. 3, sería el sugerir la adopción de varias subclases de acuerdo con las proporciones de dichos componentes, y proponer el recurso de una terminología más elaborada, binomial o trinomial, similar a la combinación de miembros extremos que realizan Trefethen (1950), Shepard (1954) y Link (1966). En los sistemas triangulares de clasificación (Robinson, 1949; Trefethen, 1950; Shepard, 1954), el asignar un sedimento a una determinada clase o subgrupo, poblacional o textural, con base en las proporciones relativas de los tres componentes

trémicos usados por Trefethen (1950), Shepard (1954) and Link (1966). In triangular systems of classification (Robinson, 1949; Trefethen, 1950; Shepard, 1954), the assigning of a sediment to a certain class or subgroup, populational or textural, based on the relative proportions of the three components considered in the system, is equivalent to transforming the relation of continuous variables involved in a discrete variable. This procedure has the inconvenience of handling discrete variables and generates certain inconsistencies. Such is the case of very similar sediments that, because they are separated by group limits, are assigned different terms, in contrast to other less similar sediments that represent the same textural or populational group.

These considerations indicate that numerous granulometric and statistical analyses are needed in order to divide the triangle into definitive population classes, in such a way that the population groups can be included in these main categories, based on criteria that reflect the dynamic conditions of the processes that are dominant and common to the environments that they represent. Therefore, dividing the triangle based on esthetic, symmetric or mnemonic considerations, that would lead to terminology which is either ambiguous or of little use, should be avoided.

The overlapping distributions of the groups identified in the triangle indicate the limits between the sediments of different environments which are similar, both in the proportionality of the population components that comprise them and in the relations of the magnitude of the sedimentary processes that intervene in the formation of the deposit.

The types of relationship between groups as well as the expression of their univocal relationships indicate degrees of feasibility in differentiating the depositional environments, whereas the concept of degree of overlap attempts to assess the degree of difficulty in the discrimination of the environments through the number of overlaps with adjacent environments.

The size of the overlaps of each degree and their distribution in the triangle correspond, to a certain extent, to the most basic quantitative expression needed to identify the size and location of ambiguous or useless zones for the differentiation of depositional environments. As previously mentioned, the triangle does not include sediments of different

considerados en el sistema, es equivalente a transformar la relación de las variables continuas involucradas en una variable discreta. Este procedimiento conlleva las inconveniencias propias del manejo de las variables discretas y genera algunas contradicciones. Es el caso de sedimentos muy semejantes entre sí a los que, por estar separados por límites de grupos, les corresponden términos diferentes, en contraste con otros sedimentos de menor semejanza que representan a un mismo grupo textural o poblacional.

Tales consideraciones plantean la necesidad de realizar numerosos análisis granulométricos y estadísticos con el objeto de establecer la división del triángulo en clases poblacionales definitivas, que permitan incluir a los grupos poblacionales dentro de estas categorías mayores, con base en criterios que reflejen las condiciones dinámicas de los procesos dominantes y comunes a los medios que representan. Por tal motivo, se elude el establecimiento de divisiones dentro del triángulo apoyadas en ventajas estéticas, de simetría o de memorización, que contribuirían a acuñar terminología ambigua o de poca utilidad.

Las superposiciones o traslapes identificados en los gráficos de la distribución de los grupos habrán de considerarse como indicadores de límites donde los sedimentos de medios diferentes son similares entre sí, tanto en la proporcionalidad de los componentes poblacionales que los constituyen, como en las relaciones de magnitud de los procesos sedimentarios que intervienen en la formación del depósito.

Las categorías de relación entre los grupos, así como la expresión de sus relaciones unívocas, indican grados de factibilidad en la diferenciación de los medios depositacionales, mientras que el concepto de orden de superposición pretende calificar el grado de dificultad en la discriminación de los medios a través del número de traslapes con los medios adyacentes.

La extensión de las superposiciones de cada orden y su distribución dentro del triángulo corresponden, en cierto grado, a la expresión cuantitativa más elemental necesaria para identificar la magnitud y localización de zonas ambiguas o inútiles para la diferenciación de medios depositacionales. El hecho, antes mencionado, de que el triángulo no incluye a los sedimentos de varios ambien-

depositional environments and, therefore, it can be assumed that there are overlappings of a higher degree and magnitude in a representation that contains a greater variety of environments.

In the different aspects of the analysis of population groups, the use of the population triangle in the differentiation of depositional environments is often suggested. However, it should be considered that, in general, most studies on recent sediments need to determine and evaluate the sedimentary processes involved in the formation of the deposit and identify the characteristics of its materials, rather than to establish the depositional environment which is obviously identified during sampling. With regard to the objections that could arise from the limitations of these groups in the differentiation of depositional environments, particularly from those conclusions derived from the attempts to differentiate ancient sedimentary environments, it is necessary to consider that the value of the population triangle lies in the elements that it provides for the genetic classification of recent sediments, as well as in its capacity of comparative indicator of the importance of the processes of traction, saltation and suspension that occur in modern sedimentary environments.

## CONCLUSIONS

The meaning of grain-size distribution in detritic sediments, in terms of the dynamic processes that originate them, is one of the main problems that must still be resolved.

From the analysis and discussion of the information considered herein, it can be concluded that the representation of the population composition of sandy sediments in the proposed triangle is useful to discriminate, compare and visualize graphically the differences or similarities that, to a different extent as the case may be, are exhibited by the sediments of the depositional environments considered. The use of the population triangle in this sense, incorporates a quantitative expression for the genetic interpretation of these sediments, specifically in the ranking of the modes of transportation.

The inferences made, with regard to the concept of population groups, recommend that they be used as a first approximation in the ranking of the magnitude of the transport

res de depositación permite suponer la existencia de superposiciones de mayor orden y magnitud en aquella representación que involucra mayor variedad de ambientes.

Aunque en los diferentes aspectos del análisis de los grupos poblacionales se sugiere en repetidas ocasiones la utilización del triángulo poblacional para la diferenciación de medios depositacionales, debe considerarse que, en términos generales, la mayoría de los estudios de sedimentos recientes requieren determinar y evaluar los procesos sedimentarios que intervienen en la formación del depósito y reconocer las características de sus materiales más que establecer el medio depositacional, que obviamente se identifica durante su muestreo. Ante las objeciones que puedan plantear las limitaciones de estos grupos para la diferenciación de medios depositacionales, particularmente de aquellas conclusiones derivadas de los intentos de diferenciar medios sedimentarios antiguos, hay que reconsiderar que el valor del triángulo poblacional reside tanto en los elementos que proporciona para la clasificación genética de los sedimentos recientes, como en su calidad de indicador comparativo de la magnitud de los procesos de tracción, saltación y suspensión que operan en los medios sedimentarios actuales.

## CONCLUSIONES

El significado de la distribución de tamaño de grano en los sedimentos detríticos, en términos de los procesos dinámicos que los originan, es aún uno de los problemas centrales por resolver en sedimentología.

El análisis y discusión de la información expuesta permite concluir que la representación de la composición poblacional de los sedimentos arenosos en el triángulo propuesto es útil para discriminar, comparar y visualizar gráficamente las diferencias o similitudes que, en diferentes grados según el caso, manifiestan los sedimentos de los medios depositacionales considerados. La utilización del triángulo poblacional en el sentido propuesto, incorpora una expresión cuantitativa para la interpretación genética de estos sedimentos, específicamente en la jerarquización de los medios de transporte.

Las inferencias realizadas en torno al concepto de los grupos poblacionales recomiendan utilizarlos como primera aproximación en la jerarquización de la magnitud del

by traction, saltation and suspension that occurs in each depositional environment. In turn, the implicit relationships between the population composition of the sediments and the transport mechanisms that originate it, enable the identification of the hydrodynamic processes which must be directly measured in the field in order to properly understand recent sedimentary deposits.

The information used and the limitations discussed indicate that further sampling and granulometric analyses are needed in order to establish, based on population criteria, effective numerical values that could be used to differentiate depositional environments as well as subenvironments.

English translation by Christine Harris.

---

transporte por tracción, saltación y suspensión operante en cada medio depositacional. A su vez, las relaciones implícitas entre la composición poblacional de los sedimentos y los procesos de transporte que la originan, permite identificar aquellos procesos hidrodinámicos que es necesario medir directamente en el campo para comprender adecuadamente los depósitos sedimentarios actuales.

La información empleada y las limitaciones discutidas indican la necesidad de realizar muestreos de sedimentos y análisis granulométricos adicionales, a fin de establecer, con apoyo en los criterios poblacionales, valores numéricos eficaces que permitan la discriminación tanto entre ambientes como entre subambientes depositacionales.

## REFERENCIAS

- Blatt, H., Middleton, G. and Murray, R. (1980). **Origin of sedimentary rocks** (2nd ed.). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 782 pp.
- Bryant, E. (1986). Sample site variation in settling velocity distribution subpopulations using curve dissection analysis. **Sedimentology**, 33(5): 767-775.
- Crosby, E.J. (1972). Classification of sedimentary environments. J.K. Rigby and W.K. Hamblin (eds.), **Recognition of Ancient Sedimentary Environments**. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists Spec. Publ., 16: 4-11.

- Doeglas, D.J. (1946). Interpretation of the results of mechanical analyses. **J. Sedim. Petrol.**, 16(1): 19-40.
- Eschner, T.R. and Kircher, J.E. (1984). Interpretation of grain-size distributions from measured sediment data, Platte River, Nebraska. **Sedimentology**, 31(4): 569-573.
- Folk, R.L. (1966). A review of grain-size parameters. **Sedimentology**, 6(1): 73-93.
- Friedman, G.M. (1979). Differences in size distribution of populations of particles among sands of various origins. **Sedimentology**, 26(1): 3-32.
- Friedman, G.M. and Sanders, J.E. (1978). **Principles of sedimentology**. John Wiley & Sons, New York, 792 pp.
- Link, A.G. (1966). Textural classification of sediments. **Sedimentology**, 7(3): 249-254.
- Moss, A.J. (1962). The physical nature of common sandy and pebbly deposits. Part I. **Amer. J. Sci.**, 260(5): 337-373.
- Moss, A.J. (1963). The physical nature of common sandy and pebbly deposits. Part II. **Amer. J. Sci.**, 261(4): 297-343.
- Pettijohn, F.J. (1975). **Sedimentary rocks** (3rd ed.). Harper & Row Publ., New York, 628 pp.
- Reineck, H.E. and Singh, I.B. (1973). **Depositional sedimentary environments** (2nd ed.). Springer-Verlag, Berlin, 594 pp.
- Robinson, G.W. (1949). **Soils: Their origin, constitution and classification** (3rd ed.). Murby, London, 573 pp.
- Shepard, F.P. (1954). Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **J. Sedim. Petrol.**, 24(3): 151-158.
- Trefethen, J.M. (1950). Classification of sediments. **Amer. J. Sci.**, 248(1): 55-62.
- Viard, J.P. and Breyer, J.A. (1979). Description and hydraulic interpretation of grain size cumulative curves from the Platte River system. **Sedimentology**, 26(3): 427-439.
- Visher, G.S. (1969). Grain size distributions and depositional processes. **J. Sedim. Petrol.**, 39(3): 1074-1106.