

Aplicación del análisis factorial (Modo-Q) a la clasificación de facies detríticas recientes en la plataforma continental de Cádiz

Application of Q-Mode factor analysis to the classification of recent detritic facies in the continental shelf of Cadiz

J.M. Gutierrez-Mas y F. López-Aguayo

Dpto. Estructura y Propiedades de los Materiales. Facultad de Ciencias del Mar. Univ. de Cádiz. Apto. 40. 11510 Puerto Real (Cádiz).

ABSTRACT

The application of factor analysis (Q-mode), to surficial non consolidated sediment samples of the northern continental shelf at the Gulf of Cadiz, has allowed to establish simultaneously granulometrical and mineralogical criteria for the classification of recent detritic sedimentary facies. Two sectors have been differentiated: a northern one, close to the Guadalquivir river mouth, characterized by bioclastic silty clays, related with the terrigen supplies of this fluvial course, and a southern one that occupies a sector of the shelf located southwards of Cadiz parallel, with quartzitic sandy sediments with a low sedimentation rate, due to the absence of fluvial supplies.

Key words: Recent sediments, mineralogical and granulometrical associations, statistics, factor analysis, continental shelf, Gulf of Cadiz.

Geogaceta, 14 (1993), 36-39
ISSN: 0213683X

Introducción

La aplicación de métodos de análisis multivariante, específicamente del Análisis Factorial (AF) en Modo-Q al tratamiento de datos, facilita el estudio cuando se trabaja con un amplio conjunto de variables y muestras, resuelve problemas como la clasificación y agrupamiento de éstas y ayuda a conocer la estructura interna de los grupos (Jöreskog *et al.*, 1976). En este estudio, se han utilizado como variables, en un primer caso, los componentes minerales mayoritarios del sedimento (cuarzo, feldspatos, filosilicatos, calcita, dolomita y aragonito), a fin de establecer las asociaciones mineralógicas dominantes en la zona. En un segundo análisis, se tratan conjuntamente estos componentes con fracciones granulométricas (grava, arena, limo y arcilla) para determinar las facies detríticas y representar su distribución areal en la plataforma continental norte del Golfo de Cádiz, entre la desembocadura del río Guadalquivir y el Cabo de Trafalgar (Fig.1).

El tratamiento estadístico se ha aplicado a datos mineralógicos (DRX, polvo policristalino) y granulométricos, obtenidos de 140 muestras de sedimentos superficiales de la plataforma y los

cálculos se han realizado con el Programa estadístico BMDP-4M. Entre los métodos de Análisis Factorial, se ha

aplicado el Modo-Q 6 factorial inverso (Cuadras, 1991), que permite establecer relaciones entre individuos, clasificar y

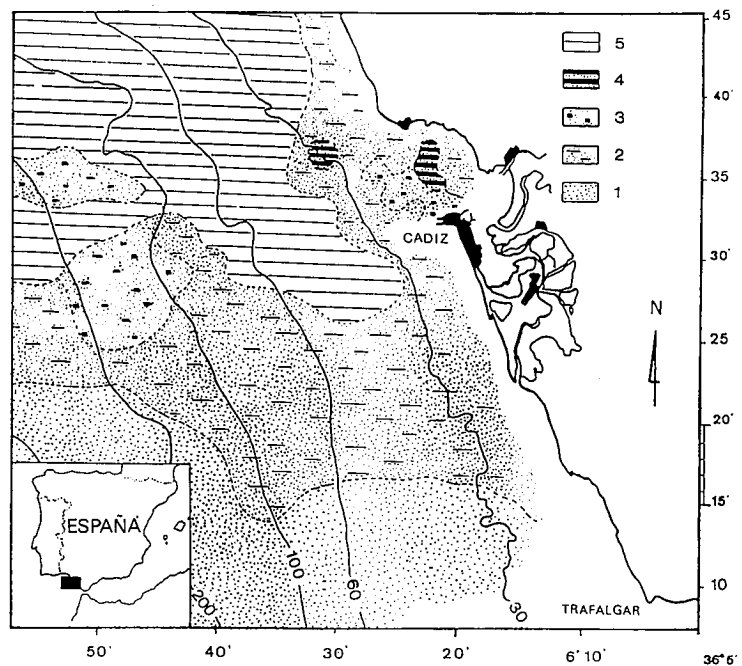


Fig. 1— Encuadre geográfico general del área de estudio y distribución de facies granulométricas. 1.- Arena; 2.- Arena-arcillosa; 3.- Arena-limosa; 4.- Limo-arenoso; 5.- Arcilla-limosa.

Fig. 1— Geographic location of study area and distribution of granulometrical facies. 1.- Sand; 2.- Clayed-sand; 3.- Silty-sand; Sandy-silt; 5.- Silty-clay.

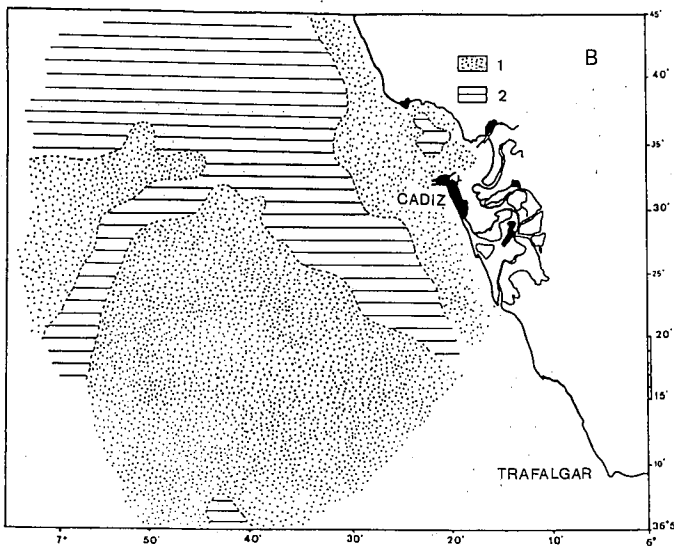
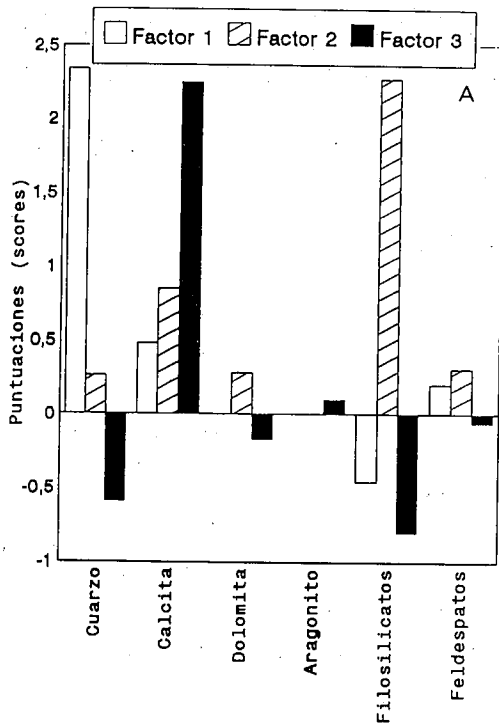


Fig. 2—Análisis Factorial (Modo-Q) de minerales. A) Representación gráfica de los valores (scores) de los minerales en los factores. B) Distribución de los factores (1.- Factor1: cuarzo-calcita; 1.- Factor2: filosilicatos-calcita).

Fig. 2—Factor Analysis (Q-mode) of minerals. A) Graphic representation of the mineral factor scores in the factors. B) Distribution of factors on the study area (F1: quartz-calcite; F2: phyllosilicates-calcite)

conocer la estructura interna de los grupos, esto es, las asociaciones mineralógicas y granulométricas dominantes. Se ha seguido el método de Imbrie (1963), que utiliza la matriz de similitudes construida a partir de los cosenos de los ángulos que forman dos individuos o muestras considerados como vectores.

Cada grupo de individuos asociados a un factor, está constituido por los que tienen valores de peso (*factors loadings*) más altos, y la estructura interna de cada grupo la dan las puntuaciones (factor scores) que toma cada variable en el factor.

En este tramo, la costa se orienta de

NNW a SSE con escalonamientos E-W y la plataforma tiene una anchura media de 50 km con ruptura de pendiente entre 100 y 200 m de profundidad, y en ella se instala la cabecera de valles y cañones submarinos. El talud tiene un bajo gradiente de profundidad y morfología lobulada (Melieres, 1974), surcado por abundantes cañones. La dinámica litoral está condicionada por el oleaje, que presenta, para condiciones tipo *sea* (temporal), enfrentamientos levante-poniente, con direcciones predominantes W y WNW; mientras que en tipo *swell* (mar de fondo) domina la componente de Poniente (Cedex, 1990); con una resultante general hacia el SE, favorecida por la orientación de la línea de costa. La plataforma está afectada por la corriente de Agua Superficial Atlántica (NASW) que, con dirección SE, transporta y distribuye materiales finos procedentes del Guadalquivir y otros cursos fluviales (Gutierrez Mas, 1992). El Flujo Mediterráneo no parece afectar a profundidades inferiores a los 200 m (Bray, 1986; Shull y Bray, 1989).

Granulometría y mineralogía

Los sedimentos de la plataforma continental de Cadiz son de naturaleza siliciclástica, con predominio de cuarzo e illita en facies arenosas y arcillosas respectivamente (Segado *et al.*, 1984; Gutierrez Mas, 1992). La distribución de facies granulométricas (Fig. 1) muestra los siguientes sectores: a) Litoral, con predominio de arenas; b) Fango de plataforma media y externa, al NW de la zona; c) Arenas-fangosas de la plataforma externa; y d) Arenas, en el sector sur de la plataforma. Los datos de poblaciones granulométricas, minerales pesados y geofísicos (Gutierrez Mas, 1992), indican para las facies fangosas del norte de la zona, cercanas a la desembocadura del Guadalquivir, un ambiente de depósito tipo prodelta submarino, y para el sector meridional, medios más energéticos, propios de zonas litorales afectadas por oleaje. La migración de sedimentos finos hacia el SE, sobre las arenas, provoca un cierto desequilibrio granulométrico y la ausencia de relación proximal-distal en el conjunto de la zona, reflejado por la falta de correlación entre tamaño medio de grano y profundidad, aunque si existe con la distribución de microfauna (Gutierrez Mas, 1992), afectada por factores más relacionados con la columna de agua.

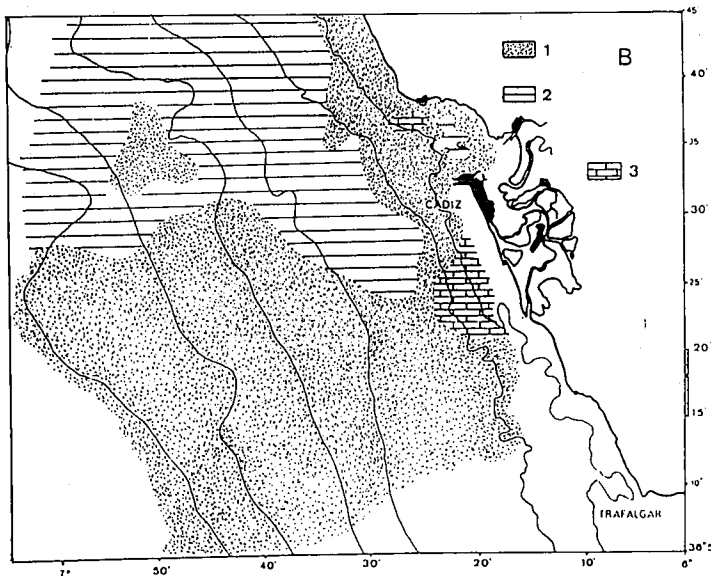
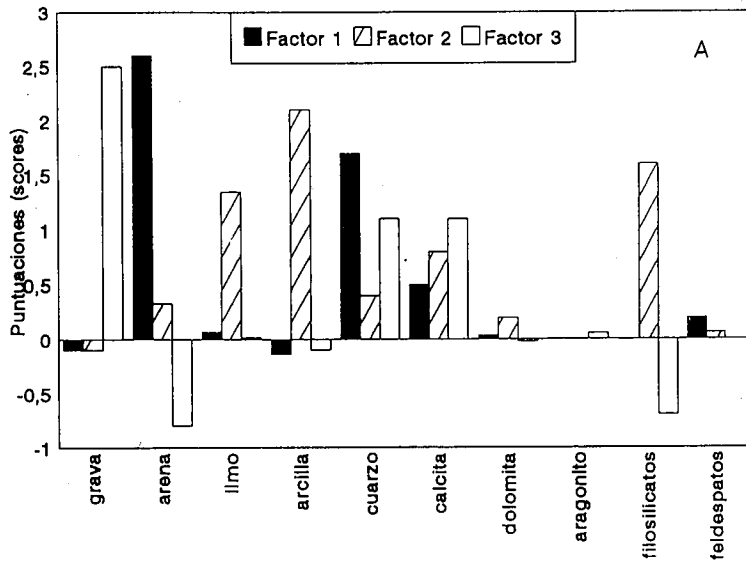


Fig. 3— Análisis Factorial (Modo-Q) de minerales y fracciones granulométricas. A) Representación gráfica de los valores (scores) de las variables en cada factor. B) Distribución de los factores (1.- Factor1: arena-cuarzo-calcita; 2.- Factor2: arcilla-filosilicatos-limo-cuarzo-calcita; 3.- Factor3: grava-cuarzo-calcita).

Fig. 3— Factor Analysis (Q-mode) of minerals and size fractions. A) Graphic representation of the variable factor scores in the factors. B) Distribution of factors on the study area (1.- Factor1: sand-quartz-calcite; 2.- Factor2: phyllosilicates-silt-quartz-calcite; 3.- Factor3: gravel-quartz-calcite)

Los análisis mineralógicos muestran al *cuarzo* como mineral mayoritario. Su contenido varía con el tamaño de grano de los sedimentos. Tiene un coeficiente de correlación con la arena de 0.85 y negativo con limo y arcilla (-0.8 y -0.9), lo que indica su tendencia a formar parte de facies granulométricas gruesas. El contenido medio es del 41%, con máximos del 80% en áreas litorales y mínimos (5 a 20%) en zonas fangosas pobres en arena, a favor de un

aumento del contenido en carbonatos de origen bioclástico.

Los *feldespatos* están escasamente representados, con concentraciones medias del 5%. Presentan una cierta correlación con arena (0.5) y negativa con arcilla y limo (-0.4). La distribución de *filosilicatos* está relacionada fuertemente con el tamaño de grano, presentando altos coeficientes de correlación con limo y arcilla (0.7 y 0.9), y negativa con la arena (-0.8), con un contenido

medio del 20% y valores máximos de 70% en formaciones fangosas.

Entre los minerales carbonatados, la *calcita* es el segundo en importancia de la fracción total. Su contenido presenta distribución homogénea y valores medios de 26%. No muestra correlación con los carbonatos, determinados por calcimetría, ni con bioclastos, pero su origen biogénico parece claro, no habiéndose observado cristales de calcita inorgánica. La correlación con la grava (0.5) se justifica por la presencia de fragmentos de caparzones de bivalvos y gasterópodos en esta fracción. La *dolomita* presenta contenidos medios inferiores al 5% y máximos del 14% en la plataforma externa y borde de ésta con distribución aleatoria. El *aragonito* presenta valores muy bajos y distribución heterogénea y tiene cierta correlación con la calcita (0.5) y la grava (0.4), posibles indicadores de transformaciones entre estos minerales y del carácter aragonítico de algunos bioclastos.

Análisis factorial

En un primer análisis, en el que solo se han considerado componentes minerales, se han obtenido tres factores (Fig. 2A), que explican prácticamente el 100% de la varianza del conjunto: El Factor 1, relaciona cuarzo y calcita (a distancia del primero) y explica por sí solo el 83%. Alcanza su mayor significación en sectores arenosos ubicados al SW de la plataforma y en el litoral (Fig. 2B). El Factor 2, asocia filosilicatos y calcita y explica el 15% del modelo, mostrando una distribución similar a la de los materiales fango-arcillosos que ocupan el NW de la zona (Fig. 2B). El Factor 3, agrupa positivamente a la calcita y negativamente cuarzo y filosilicatos y es poco significativo.

El segundo análisis, en el que se han tratado conjuntamente minerales y fracciones de tamaños granulométricos, presenta características similares y, de hecho, las asociaciones minerales son las mismas, pero agrupa a las muestras según su similitud mineralógica y granulométrica, permitiendo definir mejor la naturaleza sedimentológica de éstas y su clasificación en facies. Se han obtenido tres factores (Fig. 3A y 3B) que explican el 97% de la varianza del conjunto: El Factor 1, explica el 72% y agrupa el mayor número de muestras, bajo la asociación de las variables: arena, cuarzo y calcita. El Factor 2, explica

el 23% y asocia: arcilla, filosilicatos, limo, calcita y cuarzo. El Factor 3, explica solo el 2% y agrupa: grava, cuarzo y calcita y negativamente arena y filosilicatos.

Conclusiones

El Análisis Factorial en Modo-Q, se muestra como una técnica útil para el análisis de sedimentos detríticos. Su aplicación ha permitido clasificar a las muestras en facies, considerando simultáneamente la composición mineralógica y la granulometría.

El resultado del primer análisis muestra dos asociaciones mineralógicas dominantes en la zona: *cuarzo-calcita* y *filosilicatos-calcita-cuarzo*. El segundo análisis, mantiene las asociaciones anteriores, pero las liga a determinadas fracciones de tamaño, que dominan en los factores sobre la composición, existiendo un claro control granulométrico de la composición mineral de las facies. A gran escala, se diferencian dos facies, que ocupan distintos sectores de la plataforma: uno, al Sur, con predominio de *arenas-cuarzíticas-bioclásticas*, con una tasa de sedi-

mentación baja, debido a la ausencia de aportes de origen fluvial y otro, al Norte, cerca de la desembocadura del Guadalquivir, ocupado por formaciones *arcilloso-limosas*, asociadas a los aportes de este río.

La presencia de cuarzo en todos los factores, indica su inclusión en todos los tamaños, con predominio en la arena (Factor 1). Igualmente, la calcita, aparece en todos los factores y pone de manifiesto la constancia de este mineral en el sedimento, con independencia del tamaño de grano, debido a su origen bioclástico.

El Factor 2, indica facies fangosas, en cuya composición predominan minerales de la arcilla. La inclusión de cuarzo, como tercer componente, indica la participación, en menor proporción, de este mineral, en sedimentos finos.

El Factor 3, a pesar de su baja significación, es indicador de sectores de naturaleza básicamente calcárea, en puntos aislados de la plataforma y áreas sublitorales, donde no abunda el cuarzo ni minerales arcillosos y pone de manifiesto la constitución cuarzo-calcítica de la grava, constituida mayoritariamente por bioclastos y microcantos de cuarcita.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a D. Juan Luis Gonzalez Caballero, del Dpto. de Bioestadística de la Universidad de Cádiz, por el asesoramiento y ayuda en el tratamiento estadístico.

Referencias

- Bray, N. (1986). Data Report I. S.I.O. Reference Series 86-21, 212 pp.
- Cedex. (1990). Renro, Datos de Oleaje. Informe específico nº 6.
- Cuadras, C.M. (1990). Métodos de Análisis Multivariante. PPU, Barcelona.
- Gutierrez Mas, J.M. (1992). Tesis Doc. Univ. Cádiz, 364 pp.
- Imbrie, J. (1963). Office Naval Res., Geogr. Branch, Tech. Rep. 6, 83 pp.
- Jöreskog, K.G.; Klovamn, J.E. y Reymont, R.A. (1976). Geological factor analysis: Amsterdam, Elsevier, 178 pp.
- Melieres, F. (1974). Thèse Univ. de Paris, CNRS AV 206, 8, 235 pp.
- Segado, M.; Gutierrez, J.M.; Hidalgo, F.; Martinez, J.M. y Cepero, F. (1984). Bol. Geol. Min., 95, 310-324.
- Shull, N. y Bray, N. (1989). Data Report II. S.I.O. References Series 89-23, 259 pp.