

ANÁLISIS CLUSTER APLICADO A LA CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS SEDIMENTOS PROFUNDOS DEL MEDITERRÁNEO SUR-OCCIDENTAL.

Marcel.li Farrán y Andrés Maldonado

Instituto Jaime Almera, C.S.I.C.

Las cuencas occidentales del Mar Mediterráneo han estado caracterizadas durante el Cuaternario superior por la existencia de ciclos sedimentarios alternantes que parecen reflejar una fluctuación de las condiciones oceanográficas (1,2,3). Durante los últimos años una serie de estudios en estas cuencas han sido orientados a la caracterización de dichas fluctuaciones en función de las oscilaciones climático-eustáticas. En este trabajo se aborda concretamente la caracterización geoquímica de los sedimentos del margen Sur-Balear y Mar de Alborán en base al análisis de 257 muestras procedentes de 21 testigos continuos de pistón obtenidos en 3 campañas oceanográficas (E-3D-78, CO-80-4, CO-81-2). Los testigos de pistón fueron recogidos del margen continental distal en zonas con fuerte relieve o en altos topográficos aislados, al objeto de muestrear depósitos con índices de sedimentación bajos. Esta aproximación presenta la ventaja de suministrar testigos con una amplia escala estratigráfica pero así mismo tiene el inconveniente de la existencia de series condensadas e hiatos debido a la escasez de aportes y a los deslizamientos gravitativos en masa.

El análisis micropaleontológico de estos testigos (J.M. Gonzalez-Donoso, comunicación personal) ha demostrado que las series analizadas pertenecen al Cuaternario medio y superior excepto un testigo (E-3D-35392) que ha sido atribuido al Mesiniense por la ausencia de microfauna y a la presencia de evaporitas. Los testigos fueron muestreados sistemáticamente con un intervalo de 40 cm, excepto en las zonas con variaciones litológicas en las que se muestrearon los niveles representativos. La mayoría de estos sedimentos corresponden a depósitos de suspensiones entre las que predominan las hemipelagitas. No obstante estos depósitos muestran notables variaciones en composición y color reflejando una oscilación en las condiciones ambientales que han sido atribuidas tanto a factores locales como a oscilaciones regionales a la escala de la cuenca. (4)

Las muestras fueron sometidas a análisis sedimentológicos (carbonatos, granulometría, mineralogía, etc.) y geoquímicos (metales pesados). Los metales se han determinado en la fracción soluble en agua regia mediante espectrometría de absorción atómica (perkin-Elmer 603), analizándose los siguientes elementos Fe, Mn, Co, Ni, Pb, Cu, Sr, Ca y Mg. Los resultados de los análisis geoquímicos, complementados con algunos parámetros sedimentológicos, fueron sometidos a un tratamiento estadístico uni y multivariable mediante computador (5).

Resultados y discusión

El dendrograma obtenido a partir de la matriz de correlación de las variables estudiadas define la agrupación de dos conjuntos de variables (Fig. 1). El primer conjunto está constituido por la asociación Mn-Co-Ni-Cu-Fe

muestran una correlación directa entre sí y decreciente en el orden indicado. Dentro de este grupo el hierro presenta índices de correlación inferiores a la generalidad del grupo debido a que este elemento forma compuestos más estables, tales como sulfuros frente a los otros elementos de mayor movilidad geoquímica. El otro conjunto está constituido por la agrupación CaCO_3 -Ca-Ca/Mg-Sr-Pb que corresponde a una asociación de carbonatos; no obstante, dentro de este grupo destaca la presencia de plomo que se atribuye a la sustitución del calcio por este metal en las redes de los carbonatos.

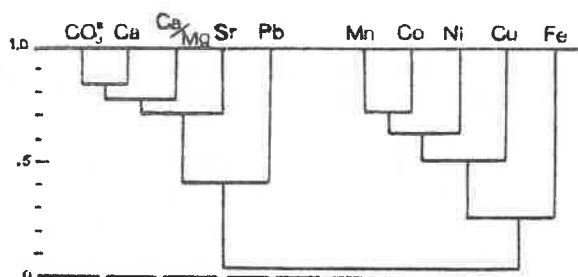


Figura 1.- Correlaciones entre las variables estudiadas.

El análisis de componentes principales (ACP) confirma estas agrupaciones. El primer factor, que contribuye un 38% de la varianza total, representa al primer conjunto de variables definidas en el dendrograma. El segundo factor tiene una contribución algo menor (30.4% de la varianza) y representa al resto de las variables analizadas. El tercer factor se puede atribuir básicamente al hierro aunque este elemento entra asimismo a formar parte del segundo factor (Fig. 2).

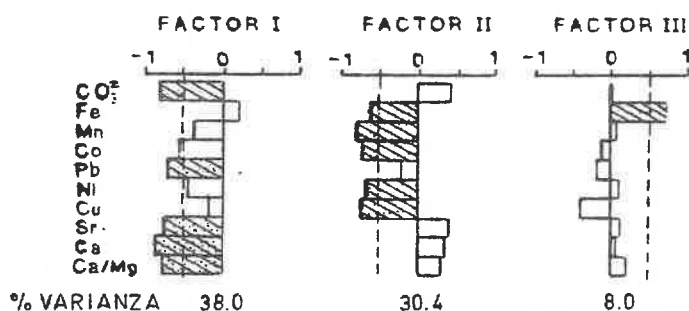


Figura 2.- Valores propios de las variables en los tres primeros factores del ACP.

Las muestras han sido agrupadas en 10 clases por un tratamiento cluster no jerarquizado, en función de la varianza de los 6 primeros factores (Fig. 3a). El análisis de los valores medio y desviaciones standard de las variables para cada conjunto de muestras, definido por el análisis cluster, pone de relieve que las variables que mejor caracterizan cada conjunto son las correspondientes a aquellas que tienen los valores propios más altos para los tres primeros factores; es decir, carbonato calcico (factor 1), manganeso (factor 2) e hierro (factor 3). A partir de estas variables se demuestra que las diferentes clases definidas por el análisis

sis cluster presentan varios tipos de relaciones entre sí (Fig.3b). En el primer conjunto de clases localizado en la parte superior del diagrama se observa una transición progresiva caracterizada por un aumento de carbonatos excepto en los dos extremos del conjunto que están definidos por clases con un cambio brusco en los parametros geoquímicos. El segundo conjunto de clases se proyecta en la parte inferior del diagrama y está constituido por sedimentos con bajos contenidos en carbonatos y muy altos en metales. Este conjunto de clases está individualizado del anterior, pudiendo presentar una transición especialmente por los componentes de la clase 10.

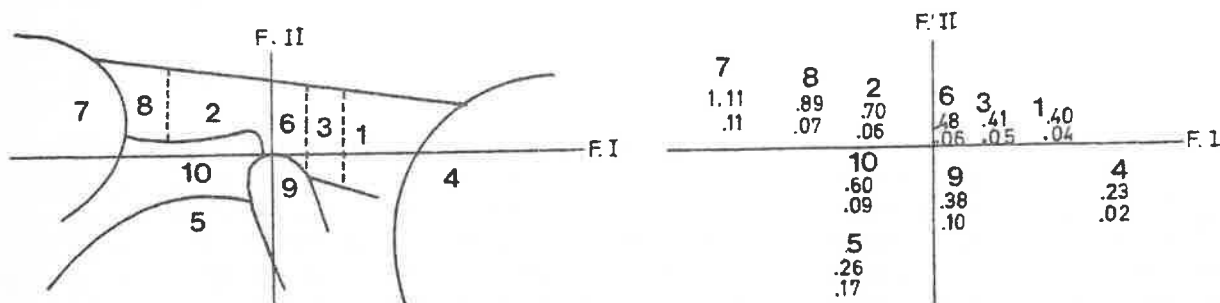


Figura 3.- a) Distribución de las clases proyectadas en el plano de los dos primeros factores. b) Valores de las relaciones CaCO_3/Fe y Mn/Fe respectivamente, de las 10 clases definidas.

La correlación negativa entre el carbonato y el hierro que se presenta en el conjunto de las clases proyectadas en la parte superior del diagrama puede ser atribuida a la influencia terrígena en el sedimento la cual se manifestaría directamente por el hierro. En general las muestras de este conjunto corresponden a fangos carbonatados (más de un 38% en carbonato) de colores claros homogéneos y con ausencia de estructuras primarias atribuibles a corrientes; la bioturbación puede ser intensa en los testigos con bajo índice de sedimentación. Estas clases representan el 58% del total de las muestras analizadas e invariablemente las muestras de los techos de los testigos se distribuyen en estas clases. Este análisis permite atribuir las muestras de dichas clases a condiciones oceanográficas similares a las actuales, donde las aguas del fondo se encontraban bien oxigenadas debido a corrientes y fenómenos de convección vertical. El proceso sedimentario más importante para el desarrollo de los fangos carbonatados es la sedimentación hemipelágica diferencial, que en las diferentes provincias deposicionales del margen puede tener una cierta contribución de flujos gravitativos en masa tal como ha sido demostrado en otros sectores del margen sur-baleár (4).

Las muestras correspondientes a las clases de la parte inferior del diagrama están representadas por lodos de color ocre, naranja o marrón oscuro frecuentemente muy laminados y que no presentan bioturbación. Estos depósitos pueden ser asimilables a los protosapropel del Mediterráneo oriental, formados en condiciones anoxicas sobre el fondo debidas a un estancamiento de las masas de agua y ausencia de mezcla vertical (1). Bajo estas condiciones se depositan sedimentos enriquecidos en materia orgánica y metales pesados que han debido precipitar basicamente en forma de sulfuros. Dentro de este grupo de clases el ligero empobrecimiento de $\text{Mn}-\text{Co}-\text{Ni}-\text{Cu}$ de la clase 9 respecto a la clase 5 debe ser atribuido a un proceso de migración diferencial de los metales más móviles que puede en parte contribuir al enriquecimiento en metales en la clase 10, generalmente localizada estratigraficamente en los testigos por encima de la clase 9 o 5, aunque hay otros mecanismos que pueden explicar este fenómeno. En efecto, la clase 10 con un contenido medio en carbonato calcico proximo al 51% presenta una relación carbonato/hierro y manganeso/hierro indicativa de

un enriquecimiento en manganeso al mismo tiempo que lo está en cobalto, níquel y cobre. Los depósitos de esta clase deben representar estratigráficamente la transición de las condiciones anaerobias sobre el fondo, recogidas por las clases 5 y 9, a las condiciones de mezclas vertical de masas de agua en las que se depositarían los lodos calcareos oxidados de las clases 2 y 8. Así la clase 10 reúne por una parte las características de las condiciones de mezcla vertical, por los altos contenidos en carbonatos, y por otra parte las condiciones anaerobias sobre el fondo, caracterizadas por la precipitación de metales. La clase 10, representaría en consecuencia la zona de interfase entre las aguas anoxicas y las aguas oxigenadas, donde las fluctuaciones de la pincoclina condicionarían la precipitación bien de las facies calcareas o de las facies enriquecidas en metales pesados.

La clase 7 reúne un conjunto de muestras con alto contenido en arena de foraminíferos, que dispara el contenido en carbonato cálcico ($\bar{x}=66\%$ CaCO₃). Dos procesos pueden ser los responsables de este tipo de depósitos: corrientes sobre el fondo, que actúan aumentando la selección del tamaño de grano, y las corrientes de convección vertical, que producen un aumento de la productividad primaria, que a su vez se manifiesta en un "boom" en la población de organismos plantónicos.

Un testigo del Messiniense con margas dolomíticas azoicas, y trazas de yeso, y otro testigo situado en el ascenso continental de Málaga, con importantes influencias continentales puestas de manifiesto por anomalías en el contenido en hierro, níquel y magnesio, originadas por los aportes procedentes de los macizos ultramáficos de Ojen y Ronda, son todas las muestras que constituyen la clase 4. Esta clase se caracteriza fundamentalmente por un bajo valor de la relación calcio/magnesio, y representa las facies más apartadas de las características geoquímicas de los sedimentos hemipelágicos del Mediterráneo suroccidental, distanciamiento que se pone de manifiesto por la ausencia de muestras en la zona de transición entre la clase 4 y la clase representativa de facies hemipelágicas más próxima (clase 1).

Conclusiones

El tratamiento estadístico multivariable de los parámetros geoquímicos de los sedimentos, reduce las múltiples interrelaciones entre variables, a tres factores principales definidos por asociaciones representativas de elementos. Estas se interpretan como a) variaciones en los aportes detrítico-terrágenos y b) en función de las condiciones paleoceanográficas de la cuenca. El análisis cluster cuantifica la influencia de estos factores en las muestras clasificándolas y, pone de manifiesto básicamente las variaciones de las condiciones paleoceanográficas de la cuenca, las cuales están a su vez relacionadas con las fluctuaciones climático-eustáticas del Cuaternario.

Referencias

- 1.-Maldonado, A. (1978). Investigación y Ciencia 23: 32-44.
- 2.- Kelling, G., Maldonado, A. y Stanley, D.J. (1979). Smithsonian Contr. Marine Sc., 3, 52 p.
- 3.- Canals, M., Maldonado, A., Mangini, A. and Williams, D. (1982). XXVIIIth Congress Assem. Plén. C.I.E.S.M. Rapports et Proces-verbaux des Réunions, Cannes, 29: 00-00.
- 4.- Maldonado, A., Canals, M. (1982). Acta Geol. Hispanica. 17: 00-00.
- 5.- Lebart, L., Morineau, A. et Tabard, (1977). Techniques de la description statistique. 351 p. Ed. Dunod. Paris.