

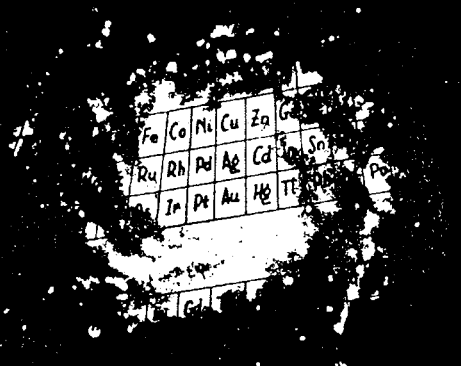
I CONGRESO IBÉRICO DE GEOQUÍMICA

VII CONGRESO DE GEOQUÍMICA DE ESPAÑA

Editor:

CEDEX

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas



Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	
Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn
In	Pb	Au	Hg	Tl	Po	

CÓNDRULOS DE PIROXENO EN EL METEORITO DE SEVILLA:
COMPOSICIÓN QUÍMICA Y METAMORFISMO ASTEROIDAL.

Jordi Llorca Piqué

Departament de Química Inorgànica. Universitat de Barcelona.
Diagonal 647, 08028 Barcelona.

RESUMEN.

Se ha determinado en detalle la composición química de los cóndrulos ricos en piroxeno del meteorito de Sevilla. Se ha analizado la concentración elemental de los elementos mayoritarios y minoritarios de los piroxenos y la mesostasis y la composición global de los cóndrulos, así como perfiles composicionales en los cristales de piroxeno. La distribución elemental indica que el meteorito de Sevilla es el resultado de un proceso de metamorfismo planetario a partir de un precursor condritico primitivo.

ABSTRACT.

Detailed chemical studies have been made of pyroxene-rich chondrules in the meteorite of Sevilla. Major and minor element concentrations in pyroxenes and mesostases, and bulk compositions of the chondrules have been measured, as well as zoning profiles in the pyroxene crystals. Compositional trends are consistent with a Sevilla meteorite origin from mineral equilibration in primitive chondrite material during planetary metamorphism.

INTRODUCCIÓN.

Las condritas ordinarias constituyen un tipo de meteoritos rocosos que se caracterizan por contener esferas silicatadas de algunos mm de diámetro llamadas cóndrulos. La formación de los cóndrulos tuvo lugar hace más de $4,5 \times 10^9$ años mediante mecanismos todavía poco conocidos, por lo que su estudio constituye un eslabón imprescindible en la comprensión del origen y evolución del sistema solar. Según su textura, mineralogía y composición química, las condritas ordinarias se clasifican en los tipos petrológicos 3, 4, 5 y 6 (Van Schmus and Wood, 1967). Las condritas del tipo 3 contienen asociaciones minerales muy heterogéneas que se encuentran lejos del equilibrio químico. A medida que aumenta el tipo petrológico los minerales constituyentes son cada vez más homogéneos y el grado de equilibrio químico es también mayor.

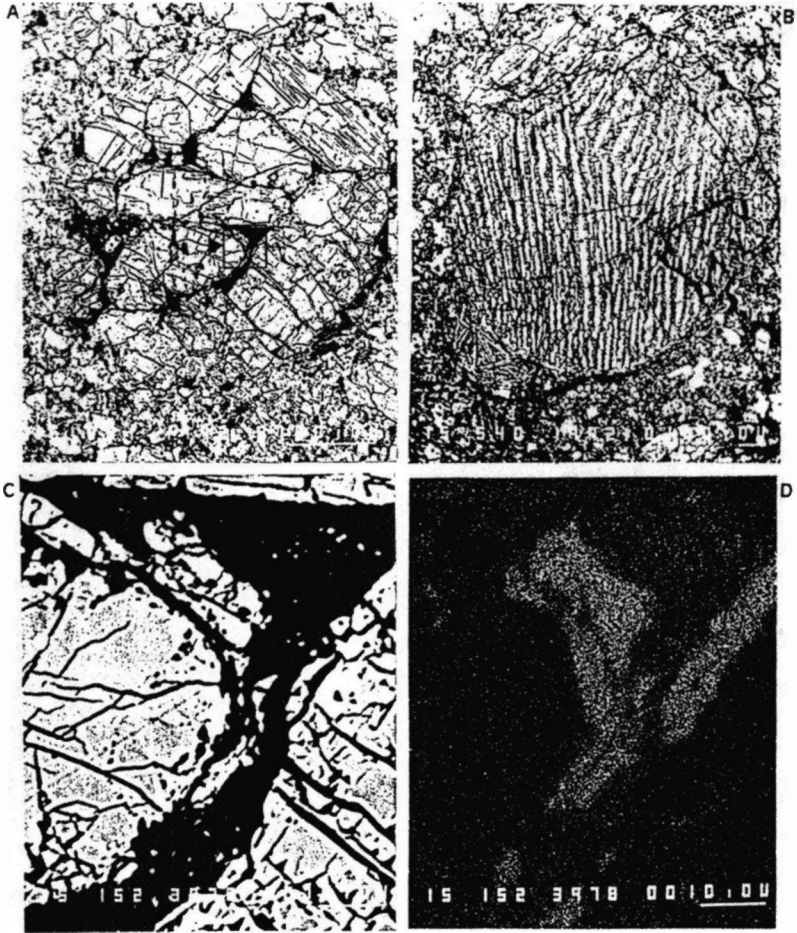


Figura 1. Imágenes obtenidas con microscopía electrónica de barrido del meteorito de Sevilla. a) Cóndrulo del tipo IAB; b) cóndrulo barrado de olivino y piroxeno; c) ampliación del interior del cóndrulo mostrado en a); d) diagrama de R.X. correspondiente al Ca del área mostrada en c).

De un modo genérico, se considera que las condritas de tipo petrológico mayor se formaron a partir de las de tipo petrológico más primitivo. La alteración de los cóndrulos pudo haber tenido lugar tanto en la nébula solar mediante procesos de intercambio con el polvo y gas nebulares (Hewins, 1989), como en los cuerpos asteroidales mediante procesos metamórficos de equilibrio con la matriz circundante (McSween et al., 1988) y por alteración acuosa (Llorca and Brearley, 1992). En este trabajo se ha estudiado la distribución química de los elementos mayoritarios y minoritarios presentes en los cristales de piroxeno de los cóndrulos del meteorito de Sevilla (figura 1), una condrita ordinaria del tipo petrológico 4 (Casanova et al., 1990) que cayó el 1 de Noviembre de 1862 (Graham et al., 1985). Los cóndrulos analizados pertenecen al tipo IAB y IIAB (cóndrulos con cristales de olivino y piroxeno que se diferencian por su contenido en hierro) e IB (cóndrulos con cristales porfiríticos de piroxeno) (Scott and Taylor, 1983). También se han estudiado cóndrulos barrados de olivino y piroxeno. Los resultados obtenidos indican que la alteración de los cóndrulos en el meteorito de Sevilla tuvo lugar por procesos de metamorfismo planetario.

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.

El estudio se ha realizado sobre la muestra UNM 846 mediante microscopía electrónica de barrido y microsonda electrónica (JEOL 733, 15 keV, 20 nA). Se ha utilizado un haz de electrones de 1 μm de diámetro. Los errores asociados se han mantenido menores al 1 % y 10 % para los elementos mayoritarios y minoritarios, respectivamente. Los resultados analíticos se han corregido siguiendo el método de Bence y Albee (Bence and Albee, 1968). El total de los análisis se ha mantenido siempre entre el 99 y el 101 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Todos los cóndrulos analizados (16 en total) muestran texturas ígneas de acuerdo con un origen por cristalización a partir de una esfera fundida (figura 1). Los cristales de piroxeno muestran caras poco desarrolladas en contacto con la mesostasis. Los cóndrulos más abundantes son los del tipo IAB (pobres en Fe) e IIAB (ricos en Fe), ambos contienen cristales de olivino además de piroxeno. En la tabla 1 se muestra la composición química detallada correspondiente al núcleo y borde de los cristales de piroxeno y a la mesostasis en los dos tipos de cóndrulos. En la figura 2 se muestra la ubicación de la composición del núcleo y el borde de los cristales de piroxeno en el diagrama ternario En-Fs-Wo.

	Cóndrulos tipo IAB			Cóndrulos tipo IIAB		
	Núcleo	Borde	Mesostasis	Núcleo	Borde	Mesostasis
SiO₂	55.0(5)	53.6(4)	61.7(1)	54.6(4)	56.0(4)	64.7(4)
Al₂O₃	0.1(0)	2.5(9)	19.8(9)	0.1(1)	3.3(1)	20.9(2)
TiO₂	0.1(0)	0.4(1)	0.1(1)	0.2(0)	0.3(0)	0.1(0)
Cr₂O₃	0.1(0)	0.3(1)	0.2(0)	0.1(0)	0.5(0)	0.7(0)
MgO	28.6(3)	23.7(2)	2.6(9)	28.6(3)	19.1(2)	0.9(0)
FeO	14.9(4)	15.4(9)	1.1(6)	15.1(2)	9.0(1)	2.3(0)
MnO	0.4(1)	0.4(0)	-	0.5(0)	0.3(0)	-
CaO	0.8(1)	3.3(9)	7.4(9)	0.8(0)	10.3(1)	2.3(0)
Na₂O	-	0.4(2)	7.1(1)	-	1.2(0)	8.1(1)

Tabla 1. Composición química del núcleo y borde de los cristales de piroxeno y mesostasis en cóndrulos del tipo IAB y IIAB del meteorito de Sevilla.

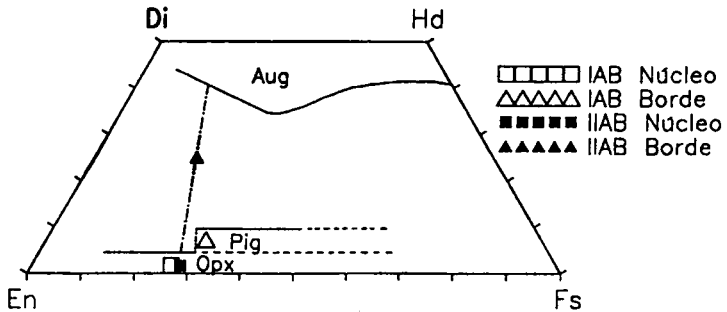


Figura 2. Representación en un diagrama ternario Wo-En-Fs de la composición química del núcleo y borde de los piroxenos en cóndrulos del tipo IAB y IIAB del meteorito de Sevilla.

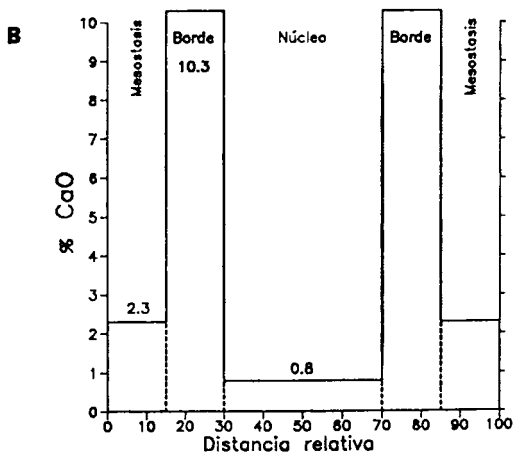
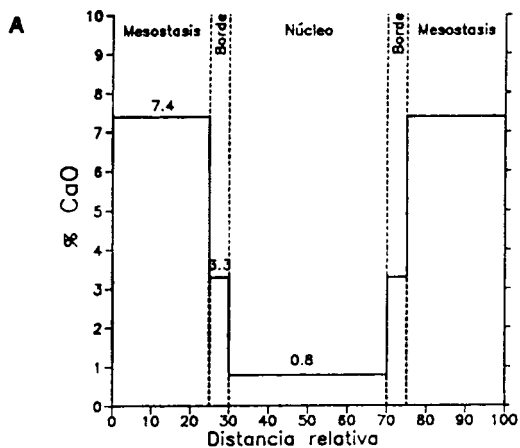


Figura 3. Representación gráfica del contenido en Ca del núcleo y borde de los cristales de piroxeno y mesostasis en cóndrulos del tipo IAB (a) y del tipo IIAB (b) del meteorito de Sevilla.

Se deduce que en todos los tipos de cóndrulos la composición en el interior de los cristales de piroxeno es pobre en Ca (ortopiroxeno) y aproximadamente la misma (1,7 % Wo, 71 % En). Todos los cristales de piroxeno se encuentran rodeados de una fase de piroxeno rica en Ca (figura 1), cuya composición se sitúa entre una fase pigeonita (7,3 % Wo) en los cóndrulos del tipo IAB y una fase augita (25 % Wo) en los del tipo IIAB. Asimismo el borde de los cristales de piroxeno en los cóndrulos del tipo IAB se encuentra especialmente enriquecido en Fe (15 % FeO) con respecto a los cóndrulos del tipo IIAB. La composición global del cóndrulo (básicamente el contenido en Fe y Mg) determina el tipo de fase a desarrollar (Noguchi, 1989). La fase rica en Ca que rodea a los cristales de piroxeno en los cóndrulos del tipo IIAB triplica en grosor a la correspondiente en los cóndrulos del tipo IAB (figura 3). La figura 3 ilustra que existe gradación en el contenido en Ca entre los cristales de piroxeno y la mesostasis en los cóndrulos del tipo IAB (0,8-3,3-7,4 % Ca), mientras que en los cóndrulos del tipo IIAB el contenido en Ca de la fase rica en Ca (10,3 % Ca) es mucho mayor que el valor de los cristales de piroxeno y la mesostasis (0,8 y 2,3 % Ca, respectivamente). En las figuras 4 y 5 se muestran los perfiles composicionales medios obtenidos a partir del análisis transversal de cristales individuales. Además de los rasgos composicionales mencionados para los elementos mayoritarios, existen también diferencias a nivel de elementos minoritarios (especialmente Na, Cr y Mn). Teniendo en cuenta que el meteorito de Sevilla es una condrita ordinaria del tipo 4, resulta interesante comparar los resultados obtenidos en este trabajo con los descritos en el meteorito Semarkona, una condrita ordinaria del tipo 3 muy poco alterada desde su formación (Jones and Scott, 1989). Se deduce que los valores de FeO y MnO de los cristales de piroxenos obtenidos en el meteorito de Sevilla (15 % FeO, 0,4 % MnO) son mayores que los valores respectivos de Semarkona (1,2 % FeO, 0,2 % MnO), mientras que los valores de Cr₂O₃ y Al₂O₃ (0,1 % Cr₂O₃, 0,1 % Al₂O₃) son claramente inferiores a los de Semarkona (0,9 % Cr₂O₃, 1,1 % Al₂O₃). Por otro lado, la mesostasis en el meteorito de Sevilla está desvitrificada con respecto a Semarkona. Teniendo en cuenta los parámetros de difusión del Fe y Mg en cristales de olivino y piroxeno, junto con los datos de composición química y morfología obtenidos en los cristales de olivino de los meteoritos de Sevilla y Semarkona (McCoy et al., 1991), los resultados obtenidos en el presente trabajo indican que los cóndrulos del meteorito de Sevilla son el resultado de un proceso de metamorfismo planetario a partir de material primitivo de naturaleza similar a la de las condritas ordinarias primitivas del tipo petrológico 3.

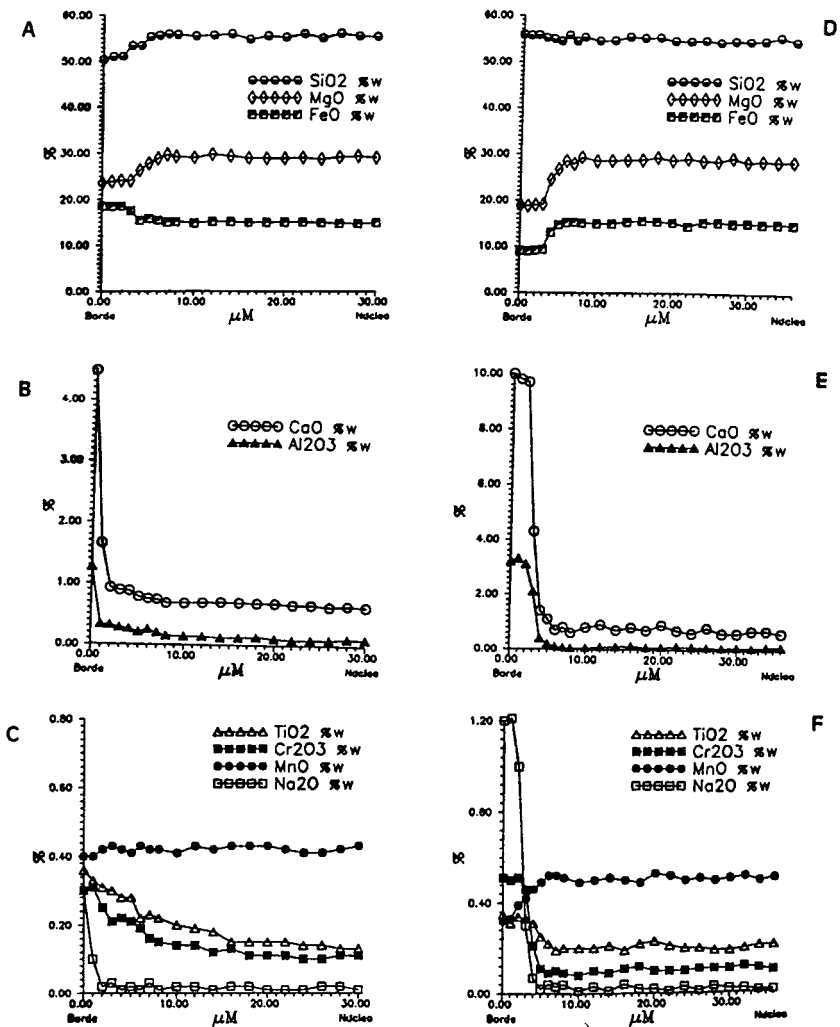


Figura 4. Perfiles composicionales medios de elementos mayoritarios (Si, Mg y Fe) y minoritarios (Ca, Al, Ti, Cr, Mn y Na) correspondientes a piroxenos en cóndrulos del tipo IAB (a, b y c) y del tipo IIAB (d, e y f) del meteorito de Sevilla.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo ha sido en parte financiado por NASA, proyecto NAG 9-497 (J.J. Papike, i.p.) y realizado parcialmente en el *Institute of Meteoritics*, Albuquerque, EE.UU.

REFERENCIAS.

- Bence, A.E. and Albee, A.L. (1968) Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. J. Geol. 72, 382-403.
- Casanova, I., Keil, K., Wieler, R., San Miguel, A. and King, E.A. (1990) Origin and history of chondrite regolith, fragmental and impact-melt breccias from Spain. Meteoritics 25, 127-135.
- Graham, A.L., Bevan, A.W.R. and Hutchinson, R. (1985) Catalogue of Meteorites, 4th ed. British Museum of Natural History, pp. 323.
- Hewins, R.H. (1989) The evolution of chondrules. Proc. NIPR Symp. Antarctic Meteorites 2, 200-220.
- Jones, R.H. and Scott, E.R.D. (1989) Petrology and thermal history of type IA chondrules in the Semarkona (LL3.0) chondrite. Proc. Lunar Planet. Sci. Conf. 19, 523-536.
- Llorca, J. and Brearley, A.J. (1992) Alteration of chondrules in ALH 84034. An unusual CM2 carbonaceous chondrite. Lunar Planet. Sci. Conf. 23, 793-794.
- McCoy, T.J., Scott, E.R.D., Jones, R.H., Keil, K. and Taylor, G.J. (1991) Composition of chondrule silicates in LL3-5 chondrites and implications for their nebular history and parent body metamorphism. Geochim. Cosmochim. Acta 55, 601-619.
- McSween, H.Y., Sears, D.W.G. and Dodd, R.T. (1988) Thermal metamorphism. Meteorites and the Early Solar System (Eds. J.F. Kerridge and M.S. Matthews), Univ. Arizona Press, pp.102-113.
- Noguchi, T. (1989) Texture and chemical composition of pyroxenes in chondrules in carbonaceous and unequilibrated ordinary chondrites. Proc. NIPR Symp. Antarctic Meteorites 2, 169-199.
- Scott, E.R.D. and Taylor G.J. (1983) Chondrules and other components in C, O, and E chondrites: Similarities in their properties and origins. Proc. Lunar Planet. Sci. Conf. 14, 275-286.
- Van Schmus, W.R. and Wood, J.A. (1967) A chemical-petrologic classification for the chondritic meteorites. Geochim. Cosmochim. Acta 31, 747-765.