

Evaluación termodinámica del modelo condrítico de los planetas terrestres

Thermodynamic evaluation of the chondritic model for the terrestrial planets

I. Casanova(*)⁽¹⁾ y J.C. Portela(**)

(*) ETSECCPB, Universidad Politécnica de Cataluña, Edificio C1, 08034 Barcelona

(**) Depto. Geoquímica, Petrología y Prospección Geológica, Facultad de Geología, Universidad de Barcelona, 08028 Barcelona

(1) A quien se debe dirigir la correspondencia

ABSTRACT

A new algorithm for the estimation of mineral phase chemistry condensed from a gas of solar composition has been elaborated. Extension of this method to low temperatures provides a very good match with bulk Earth composition, suggesting that equilibrium condensation may be a valid approach for estimating bulk chemistries of terrestrial-like planets.

Key words: Condensación, Condrito.

Geogaceta, 20 (5) (1996), 1070-1071
ISSN:0213683X

Introducción

Se ha utilizado el algoritmo de condensación en equilibrio descrito por Portela y Casanova (1995) para el cálculo de la composición global de los planetas terrestres del sistema solar. La composición de la Tierra, calculada por Allègre *et al.* (1995) se ha tomado como valor de referencia para la comparación entre el modelo termodinámico y las estimaciones llevadas a cabo en función de modelos geoquímicos planetarios. La buena coincidencia de ambas aproximaciones sugiere que los cálculos de condensación en equilibrio constituyen una aproximación válida para la evaluación de la composición de los planetas terrestres. Además, los resultados del presente trabajo refuerzan la idea de la composición condrítica de la Tierra.

Resultados

El principal objetivo de los cálculos de condensación mineral en equilibrio es llegar a saber si las secuencias de condensación obtenidas son representativas de las composiciones globales calculadas para los planetas terrestres del sistema solar (tomando la Tierra como referencia). En la Tabla 1, se re-

presentan las concentraciones (fracciones molares) calculadas de los minerales que se mantienen estables a 750° K, en función de la presión total inicial del sistema.

Con estos resultados, y para la composición de cada mineral (en función de las soluciones sólidas pertinentes) calculada por Portela y Casanova (1995), se ha estimado cuantitativamente el tanto por ciento en peso de cada elemento en el material producido por condensación en equilibrio a partir de una gas de composición solar. Tales resultados se comparan en la Tabla 2 con la composición global de la Tierra estimada por Allègre *et al.* (1995).

Los 11 elementos considerados para los cálculos representan aproximadamente el 96% de la composición total del material condensado y por lo tanto, son suficientemente representativos.

Discusión

Las discrepancias más notables entre el presente modelo y el de Allègre residen en las concentraciones de los dos elementos más volátiles de los citados en la lista: Na y S. Ambos elementos aparecen enriquecidos en el modelo de condensación en factores de ~3 y ~6, respectivamente. Dado que tal dis-

crepancia aparece solamente en tales elementos, y que los factores relativos son marcadamente diferentes, se interpreta que el enriquecimiento en elementos volátiles en el modelo presentado en este trabajo tiene un significado ge-

	X_i
Olivino	0.185
Clino-En	0.216
Diópsido	0.031
Plagioclasa	0.035
Metal	0.383
Espinela	0.009
Esfena	0.001
Troilita	0.139

Tabla 1.- Fracciones molares (X_i) paradis-tintos minerales condensados y estables a 750 K ($P=10^{-3}$ atm).

Table 1.- Mole fractions (X_i) for different condensed minerals stable at 750 K ($P=10^{-3}$ atm).

Elemento	% peso (calculado, este trabajo)	% peso (calculado, Allègre et al., 1995)
Mg	14.89	15.87
Fe	28.76	28.17
Si	16.00	17.22
O	30.52	32.44
Ca	1.41	1.61
Na	0.72	0.25
Al	1.47	1.51
Ni	1.60	1.61
Co	0.07	0.09
Ti	0.05	0.07
S	4.50	0.70
Suma:	99.99	99.54

Tabla 2.- Comparación entre las composiciones químicas calculadas por condensación en equilibrio de un gas de composición solar y estimadas para la Tierra (Allègre et al., 1995)- *Normalizados.

Table 2.- Comparison between the chemical compositions calculated for equilibrium condensation of a gas of solar composition and estimated for the Earth (Allègre et al., 1995)- * Normalized.

nético. Hay que tener en cuenta, que para la composición (solar, según Anders y Grevesse, 1989) considerada en este trabajo, más del 99% del sodio se condensa en forma de plagioclasa (componente albítico), y la totalidad del azufre lo hace en forma de troilita (FeS). Así, los enriquecimientos calculados en el modelo teórico pueden ser atribuidos a que éste no contempla fenómenos de volatilización subsecuente. Para volatilizar un elemento determinado, al menos de manera parcial, la temperatura mínima que debe alcanzarse es la de su condensación. Según los cálculos de Portela y Casanova (1995), la temperatura de condensación de la plagioclasa (con su componente albítico que contiene el sodio) es de 1396 K, y la de la troilita de 777 K. Por lo tanto, la volatilización del Na (y S) debió tener lugar a temperaturas superiores a ~1400K. La pregunta que surge ante tal observación es la siguiente: ¿Se produjo tal volatilización antes o durante la acreción de los planetesimales que formaron la Tierra? En el primer caso, se requeriría un proceso múltiple de condensación (en equilibrio), vaporización y re-condensación (esta vez fuera de equilibrio) para así conseguir el empobrecimiento en los elementos volátiles citados. Esta serie de procesos, aunque en principio plausible, no permiten ex-

plicar por qué los otros elementos, con diferentes grados de volatilidad, no experimentan empobrecimientos substanciales como los del Na y S. La única alternativa que puede explicar este fenómeno es que el proceso de volatilización fuera selectivo, y en ningún caso superara la temperatura de condensación del componente albítico en la plagioclasa. En vista de la alta improbabilidad de que este fuera el caso, ya que es difícil concebir tal proceso selectivo de volatilización en la nebulosa solar (Casanova y Grossman, 1993, 1994), se favorece la segunda posibilidad, es decir, que el empobrecimiento observado de Na y S se debe a calentamiento sin-acrecional del planeta.

Referencias

- Allègre, C.J., Poirier, J-P., Humler, E. y Hofmann, A.W. (1995) . *Earth and Planetary Science Letters* 134: pp. 515-526.
- Anders, E y Grevesse, N. (1989) . *Geochimica et Cosmochimica Acta* 53: pp.197-214.
- Casanova, I. y Grossman, L. (1993) . *Meteoritics* 28: pp. 335-336
- Casanova, I. y Grossman, L. (1994) . *Lunar and Planetary Science XXV*: pp.223-224
- Portela, J.C. y Casanova, I. (1995) . *Actas del VI Congreso de Geoquímica de España*: pp. 11021-11030.