

GASES NOBLES EN BASALTOS MARINOS

D.J. Terrell*

A finales de la década del sesenta se observó que al fechar rocas basálticas de la corteza oceánica se obtenían edades absolutas con el método Potasio-Argón mucho más antiguas de lo esperado. Estas anomalías fueron atribuidas a la existencia de un exceso de argón-40 y se postuló que esas rocas contenían argón llamado "inicial" desde su formación⁽¹⁻⁴⁾. Por otra parte, estudios recientes de isótopos de helio en fumarolas⁽⁵⁾, vidrios basálticos submarinos⁽⁶⁾, y rocas subaereas de islas oceánicas⁷ han sido interpretados como indicativos de la existencia de helio "primordial" en el manto. La existencia de helio primordial permite inferir que los otros gases nobles (Neón, Argón, Kriptón y Xenón) que son menos difusos, deben tener un componente importante en el interior de la Tierra.

Debido a que los gases nobles son químicamente inertes su distribución geológica está sujeta a los parámetros físicos del medio. Parámetros como la presión, temperatura, fugacidad son los que determinan el patrón de composición, entendiéndose por patrón a la relación que existe entre las abundancias relativas entre los elementos. Muestras de rocas provenientes de un magma homogéneo tendrán un patrón de composición similar. En el caso contrario, por su inactividad química, los gases nobles reflejarán mejor que otros elementos

*Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear,
Instituto de Geofísica, UNAM
D. Coyoacan 04510, D.F., MEXICO

la escala longitudinal de la heterogeneidad. Este asunto que ha empezado a ser discutido (17-19) resulta de mucha importancia tanto en el entendimiento de la evolución del Manto Terrestre como en la evolución de los magmas que dan origen a las cordilleras Centro-Oceánicas.

La inactividad química de los gases nobles caracteriza su comportamiento geológico como un grupo coherente, por lo que el patrón de composición puede ser utilizado en forma similar al grupo de las tierras raras. También son usados los isótopos como ^4He y ^{40}Ar para introducir el parámetro tiempo y así idear modelos dinámicos en la fenomenología geofísica. Las razones $^3\text{He}/^4\text{He}$ y $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ han sido utilizadas en discusiones sobre la formación y evolución de la atmósfera y el correspondiente degasamiento de la Tierra (8-10). Los gases nobles han sido estudiados en basaltos oceánicos en busca de un entendimiento de la generación de nueva corteza oceánica y de su alteración por el agua marina y de la información que las rocas submarinas traen del manto del cual provienen (10-12). También se ha intentado estudiar el efecto que sobre el patrón de los gases tiene el metamorfismo de muy bajo grado producido por el enterramiento cuando en la formación de corteza oceánica nuevas capas de roca basáltica sobreyacen a las anteriores en la región de la cresta oceánica (13). En estas condiciones el entendimiento de

las fugacidades de los gases nobles en agua supercrítica es fundamental (14).

En la interpretación geoquímica, ha resultado difícil utilizar los valores absolutos de las concentraciones de los elementos traza o de las razones isotópicas. Por ello se han ideado referencias con patrones estandar a partir de los cuales se puede indicar, en términos generales, el grado de evolución o diferenciación del material estudiado. Varias maneras han sido intentadas en el estudio de los gases nobles, ver por ejemplo el compendio de estudios editado por Alexander y Ozima, 1978 (15). La composición de la atmósfera terrestre ha sido propuesta como referencia en el estudio isotópico de los gases nobles. Para ello se define un factor de partición o fracción como (16):

$$F_x = \frac{(X_I/^{36}\text{Ar})_m}{(X_I/^{36}\text{Ar})_a} \quad \text{donde } X_I \text{ es el isó}$$

topo de interés, "m" se refiere a la muestra y "a" a la atmósfera.

Las razones isotópicas pueden ser medidas con gran precisión y exactitud en un espectrómetro de masas, y mediante un trazador o pipeta pueden hacerse determinaciones de concentración mediante una dilución isotópica. En la tabla 1 se muestran algunos resultados típicos obtenidos del análisis de rocas basálticas de la cordillera marina de Costa Rica (Costa Rica Rift) y en la Fig. 1 se muestra un diagrama de los Factores de Fraccionación

correspondientes. Se nota en esta figura que los patrones de las muestras de Costa Rica tienen en general cierta similitud con otros asaltos submarinos (TW10-3 y V25-1-T91 fueron tomados para comparación de Dymond y Hogan, 1973⁽¹¹⁾). Aunque en general los patrones son similares las diferencias son apreciables y estas pueden ser utilizadas en la interpretación geoquímica de las rocas.

La determinación cuantitativa de los gases nobles y de sus relaciones isotópicas requiere de métodos analíticos sofisticados, por lo tanto costosos. Sin embargo la investigación reciente en este campo ha demostrado la gran potencialidad de estos estudios. Las aplicaciones de estos estudios van desde el conocimiento teórico de la formación y evolución de nuestro planeta hasta el conocimiento práctico de los procesos que dan lugar a la formación de recursos minerales y al entendimiento de los procesos hidrotermales. Por lo tanto es importante apoyar el desarrollo de la investigación de los gases nobles en México.

Referencias

1. DALRYMPLE, G.D. & J.G. MOORE, 1968. Argon-40 excess in submarine pillow basalts from Kilauea volcano, Hawaii. *Science* 161, 1132.
2. NOBLE, C.S. & J.J. NAUGHTON, 1968. Deep ocean basalts: inert gas content and uncertainties in age dating. *Science* 162, 265.
3. FUNKHOUSER, J.G., D.E. FISHER & E. BONNATTI, 1968. Excess argon in deep sea rocks. *Earth Planet. Sci. Lett.* 5, 95.
4. OZIMA, M., I. KANEOKA & S. ARAMAKI, 1970. K-Ar ages of submarine basalts dredged from seamounts in the Western Pacific area and discussion of ocean crust. *Earth Planet. Sci. Lett.* 8, 237.
5. MAMYRIN, B.Z., I. N. TOLSTIKHIN, G.S. ANUFRIYEV, & I.L. KAMENSKII, 1969. Isotopic analysis of terrestrial helium on a magnetic resonance mass spectrometer. *Geochem. Internat.* 6, 517.
6. CRAIG, H. & J.E. LUPTON, 1976. Primordial neon, helium, and hydrogen in oceanic basalts. *Earth Planet. Sci. Lett.* 31, 369.
7. KRUIZ, M.D., W.S. JENKINS, & S.R. HART, 1982. Helium isotopic systematics of oceanic islands and mantle heterogeneity. *Nature* 297, 43.
8. OZIMA, M. & K. KUDO, 1972. Excess Argon in Submarine Basalts and an Earth-Atmosphere Evolution Model. *Nature Phys. Sci.* 239, 23.
9. HART, R., L. HOGAN & J. DYMOND, 1985. The Closed System Approximation for Evolution of Argon and Helium in the Mantle, Crust and Atmosphere. *Isotope Geoscience*. (en prensa).

10. FISHER, D.E., 1970. Heavy rare gases in a Pacific seamount. *Earth Planet. Sci. Lett.* 9, 331.
11. DYMOND, J. & L. HOGAN, 1973. Noble gas abundance patterns in deep-sea basalts: Primordial gases from the mantle. *Earth Planet. Sci. Lett.* 20, 131.
12. MITCHELL, J.G. & D.J. TERRELL, 1985. Downhole variation of potassium, Inert Gas Abundance, and Apparent K-Ar age in basalts from the Costa Rica Rift, Hole 504B, Leg 83, Deep Sea Drilling Project. in Anderson R.N., Honorez, J., Becker, K., et al, *Init. Repts. DSDP 83* Washington (U.S. Govt. Printing Office) 305.
13. TERRELL, D.J. & J.G. MITCHELL, 1983. Inert-gas contents of altered samples from Deep Sea Drilling Project Holes 501, 504B & 505B, Costa Rica Rift. in Cann J.R., Langseth M.G., et al *Init Repts. DSDP*, 69, 651.
14. MITCHELL, J.G. & D.J. TERRELL, 1984. Noble gas solubility in super-critical water: Implications for inert gas studies and geochronology. *Geof. Int.* 23, 483.
15. ALEXANDER Jr. E.C. & M. OZIMA, 1978. *Terrestrial Rare Gases*. (Advanced in Earth and Planetary Sciences 3) Center for Academic Publications Japan. Japan Sci. Soc. Press, 229 pp.
16. HENNECKE, E.W. & O.K. MANUEL, 1975. Noble gases in lava rocks from Mount Capulin, New Mexico. *Nature* 256, 284.
17. DUPRE, D., B. LAMBRET, D. ROUSSEAU & C.J. ALLEGRE, 1981. Limitations on the scale of mantle heterogeneities under oceanic ridges. *Nature* 294, 552.
18. MACHADO, N., J.N. LUDDEN, C. BROOKS & G. THOMPSON, 1982. Fine-scale isotopic heterogeneity in the sub-Atlantic mantle. *Nature*, 295, 226.
19. KRUIZ, M.D., W.J. KENKINS & S.R. HARRIS, 1982. Helium isotopic systematics of oceanic islands and mantle heterogeneity. *Nature* 297, 43.

(Recibido: agosto, 1985)