

## **DETERMINACION PRELIMINAR DE LA EDAD APARENTE DE LA MACUSANITA\***

**J. Espichán<sup>1</sup>, P. Flores<sup>1,2</sup>, A. Zúñiga<sup>1,2</sup>, M. Brocca<sup>1</sup>,  
G. Arroyo<sup>1</sup> y M. Montoya<sup>1,2</sup>**

**(1) Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería  
Apartado 31.139, Lima - Perú.**

**(2) FINES-GID, Centro Nuclear RACSO de Huarangal, IPEN  
Apartado 1687, Lima - Perú.**

---

**(\*) Este resultado forma parte del informe del practicante J. Espichán (estudiante de la UNI) en el IPEN.**

## RESUMEN

Se ha calculado la edad aparente de un vidrio volcánico proveniente de Chapi (Macusani, Puno), mediante la técnica de huellas de fisión. Las muestras fueron colocadas en resina epóxica, pulidas, grabadas con HF al 30% durante 60 s y luego lavadas. Para el conteo se usó microscopio Ortholux, provisto de un ocular x25 y objetivo x50. La fluencia neutrónica en el reactor RP-10 fue medida por el método de hojuelas, usando hojuelas de oro bajo cadmio (Au/Cd) y hojuelas desnuda (Au/B). La fluencia medida fue  $(2,68 \pm 0,03)10^{15}$  n/cm<sup>2</sup>. Las cuentas de fisiones inducidas fueron 3784 en 215 campos, obteniéndose una densidad de  $D_1 = (8,8 \pm 1,8)10^6$  tr/cm<sup>2</sup>. Las cuentas de trazas fósiles fueron de 598 en un total de 242 campos, de las que se obtuvo una densidad de  $(2,47 \pm 1,65)10^4$  tr/cm<sup>2</sup>. De estos datos, conjuntamente con las constantes correspondientes a la fórmula de la edad, se obtuvo la edad aparente  $t_a = (4,64 \pm 0,3)10^6$  años.

## INTRODUCCION

En este trabajo se utilizará el método de huellas de fisión en un sólido para determinar la edad de un vidrio volcánico, denominado macusanita (por su proveniencia de Macusani, Chapi, Puno). La macusanita, como todo vidrio volcánico, contiene impurezas de uranio con sus isótopos 235 y 238. La concentración de uranio-235 se puede determinar irradiando la muestra con neutrones térmicos con flujo  $\Phi$ , que durante un tiempo dado produce una fluencia  $n$ , midiendo la densidad de huellas inducidas  $D_1$ , que es proporcional a la densidad de fisiones producidas y a la eficiencia de revelado  $n_{235}$  de esas fisiones. La sección eficaz de fisión del uranio 235 inducida por neutrones térmicos está definida por  $\sigma$ .

El tiempo transcurrido desde la formación de la muestra está en relación con la densidad de huellas de fisión espontánea del U-238, llamadas fósiles, cuya densidad, definida por  $D_f$  es proporcional a la densidad de fisiones y a la eficiencia de revelado  $n_{238}$  de esas funciones. El uranio-238 tiene una constante de fisión  $L_f$  y una constante de desintegración total  $L_d$ .

Tomando en cuenta las definiciones anteriores, la edad aparente de la muestra está dada por

$$t_a = (1/L_d) \ln(1 + (D_f/D_i)(L_d/L_f)(C_{235}/C_{238})\sigma n) \quad (1)$$

En la fórmula (1)

$$\sigma = 1,073 \times 10^{-22} \text{ cm}^2$$

$$L_f = (6,85 \pm 0,2) 10^{-17} \text{ años}^{-1}$$

$$L_d = 1,5410^{-10} \text{ años}^{-1}$$

$C_{235}$  y  $C_{238}$  son 0.71% y 99.29%, respectivamente.  $D_f$ ,  $D_i$  y  $n$  deben ser determinados experimentalmente. Para mayor información sobre el método ver ref. /1/.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### Preparación e irradiación muestras

La macusanita se encuentra Macusani, región de Chapi, Puno. Se selecciona una muestra en una región que no haya sufrido recocido natural y presión externa. Después de codificar adecuadamente, se hace un corte que incluya la parte central del vidrio volcánico, la que ha sufrido menos recocido y presión externa. Se toma una porción de la parte cortada y se fracciona en pequeños trozos. Se toma una parte para la determinación de huellas fósiles y otra para las huellas inducidas.

Las porciones dedicadas a huellas inducidas son recocidas a una temperatura de 350 °C, durante una hora, para borrar las huellas fósiles. Una muestra de 24,27 mg es colocada en una bolsita pequeña de 40,87 mg. Las muestras en las bolsas se colocaron en portamuestras cilíndricas de 7,7 cm de altura y 2,8 cm de diámetro. Quedan pendientes otras irradiaciones.

Se prepararon cápsulas de plásticos para 2, 4, 6 y 10 minutos, los cuales se irradiaron las de 2 y 4 minutos.

### Grabado y contaje de huellas

Las muestras irradiadas y las no irradiadas fueron colocadas en la parte inferior de moldes de 1 cm de diámetro y 1 cm de altura, cubriéndolas luego de resina epóxica y dejándolas secar 1 día.

Se pulió las caras de los cilindros. Para ello, se usó sucesivamente lijas metalográficas P230, P600 y P1000. Finalmente se pulió con alúmina ( $Al_2O_3$ ) utilizando una pulidora Ecomet III. Se usó paños de pulido Microcloth.

Para grabar las huellas de la muestra se utilizó HF al 30% durante 60 s. Luego se lavó con agua. En la ref. /2/ se muestra como se determina la forma óptima del grabado.

### Medición de la fluencia neutrónica

Para la medición de la fluencia se usó la técnica de activación neutrónica de hojuelas metálicas, usando el formalismo de Westcott /3/. Las hojuelas fueron de oro-197 bajo cadmio (Au/Cd) y hojuela desnuda (Au/B). En el portamuestras se distribuyó las hojuelas en el orden (Au/Cd), (Au/B) y (Au/Cd). La vida media del Au es ( $64,26 \pm 0,31$ ) h.

Para la determinación de la fluencia se midieron algunas cantidades, las que vamos a mencionar.

La razón de cadmio fue  $10,78 \pm 0,12$ .

La eficiencia del oro fue determinada usando patrones de Ba-137 y Cs-137. La eficiencia obtenida para el Au fue  $(2,042 \pm 0,0001)10^{-3}$ . La actividad absoluta del oro fue  $(1,5807 \pm 0,0114)10^5 s^{-1}$ .

El flujo térmico, medido a 10kw, fue  $(3,193 \pm 0,034)10^{10} n/cm^2 s$  y la radiación fue a 7 MW, durante 120 s. De modo que la fluencia calculada para las condiciones de irradiación es de

$$n = (2,68 \pm 0,03) \times 10^{15} n/cm^2 \quad (2)$$

### Densidad de fisiones fósiles e inducidas

El conteo se hizo con el microscopio óptico ORTHOLUX, provisto de un ocular x25 y objetivo x50. La superficie de conteo se determinó con una cuadrilla de 10 x10 de 0,01 cm de lado y 0,0004 de área.

Se tomaron 215 campos para la muestra irradiada (inducida), determinados por dos filas de la cuadrícula. Para la muestra no irradiada

(fósiles) se contó 242 campos, siendo cada campo toda la cuadrícula.

Las densidad de huellas inducidas y fósiles fueron

$$D_i = (8,8 \pm 1,8)10^5 \text{ tr/cm}^2 \quad (3)$$

y

$$D_f = (2,47 \pm 1,65)10^4 \text{ tr/cm}^2 \quad (4)$$

respectivamente.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Usando la fluencia (2) y las densidades de huellas fósiles e inducidas medidas (3) y (4), en la fórmula (1) se obtiene la edad aparente:

$$t_a = (4,64 \pm 0,3)10^6 \text{ años.}$$

Este resultado puede ser comparado con  $(2,88 - 4,93)10^6$  años, obtenido por G. Poupeau et al. /4/.

Podemos concluir que con la determinación preliminar de la edad aparente de un vidrio volcánico por huellas de fisión, se está introduciendo exitosamente esta técnica, la que merece mayor esfuerzo para su completo dominio.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] R.L. Fleischer, P.B. Price y R.M. Walker, Phys. Rev. 156, 2(1967).
- [2] M. Brocca, A. Zuñiga, P. Flores y M. Montoya, este número de la Revista Peruana de Física.
- [3] C.H. Westcott, Effective Cross Section values for wellmoderated thermal reactor spectra, AECL 1101 (1960).
- [4] G. Poupeau, N. Sabil, I.M. Villa, G. Bigazzi, N. Vatin-Perignon, P. Flores, P. Pereyra, G. Salas y G. Arroyo, a ser publicado en Tectonophysics.