

Programa para el cálculo asociado a la datación absoluta por termoluminiscencia

Jose Graciano Arribas Fernández

Departamento Química Agrícola, Geología y Geoquímica.
Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid.

Resumen

El programa TL-CALCULATOR (TLC) ha sido desarrollado para facilitar el cálculo de la datación de una cerámica por el método de la termoluminiscencia (TL). A partir de las curvas de TL generadas por el sistema experimental y de los contenidos en U, Th y K de la muestra, este programa calcula la dosis beta equivalente, la corrección de supralinealidad, la dosis anual y la fecha de cocción de la cerámica, así como los distintos errores asociados a cada parte del cálculo y el margen de confianza de la datación. Los subprogramas SEE y PLOT permiten a su vez la consulta de los ficheros de datos generados y el estudio comparado de las curvas de TL, así como la realización del «plateau-test».

Abstract

The TL-CALCULATOR program (TLC) has been developed to facilitate the calculations of the age of a sherd by means of thermoluminescence (TL). From the TL glow curves obtained in the TL apparatus and the U, Th and K contents of the sample, this program calculates the equivalent beta dose, the supralinearity correction, the annual dose and the age, as well as the different error limits and the overall error for a sample. The SEE and PLOT subprograms enable the user to consult the data files generated by the main program, to compare the different TL glow-curves, and make the «plateau test».

1. Introducción

Dentro de las diversas técnicas de fechado de restos arqueológicos, la datación absoluta por termoluminiscencia (TL) se ha convertido en uno de los métodos, junto con el C-14, más ampliamente usados (AITKEN, 1985; ARRIBAS et al., 1989). El hecho de ser aplicada a materiales inorgánicos como cerámicas, terracotas, piedras de horno u hogares, la convierte en una técnica complementaria al C-14, con la ventaja sobre éste de utilizar muestras con significado arqueológico propio, y no restos orgánicos relacionados a veces de manera poco clara con el yacimiento.

La TL es, brevemente, la emisión de luz que se produce cuando un mineral es calentado después de haber sido expuesto a una radiación ionizante. Esta emisión posee dos características: a) la intensidad es proporcional a la cantidad de radiación recibida y b) un calentamiento hasta una temperatura dada «borra» la emisión de TL por debajo de esa temperatura. Así, la intensidad de emisión de TL observada la podemos relacionar con la cantidad de radiación recibida desde el último calentamiento importante. En el caso de una cerámica, durante su fabricación se

eliminó toda la TL acumulada anteriormente (TL geológica), aumentando posteriormente con la intensidad de radiación recibida, procedente de los isótopos radiactivos del Th, U y K presentes en la cerámica y en el terreno adyacente durante el enterramiento. Como esta radiación ha sido prácticamente constante a lo largo del tiempo, la edad de la cerámica la podemos expresar como:

$$Edad = \frac{Dosis\ total}{Dosis\ anual}$$

La dosis total absorbida la calculamos a partir de las curvas de TL, y la dosis anual por medio del análisis del contenido en elementos radiactivos de la cerámica y el entorno. Esta fórmula en principio sencilla, se complica en la práctica al tener en cuenta todos los factores que influyen: contenido en agua, sensibilidad de la muestra, distintas procedencias de la radiación; etc. Todo ello hace del cálculo un proceso, si no excesivamente complicado, sí muy laborioso.

El proceso de datación de una muestra por TL se puede desglosar en cuatro partes (fig. 1):

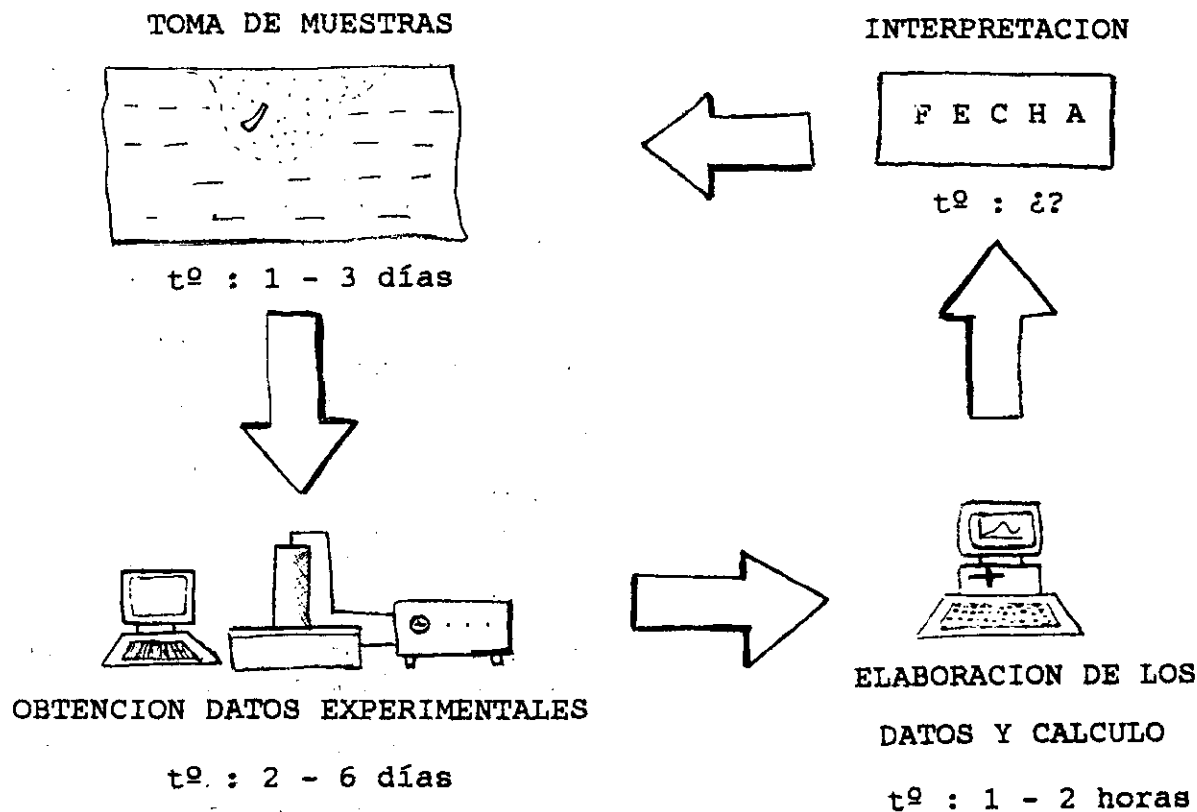


Fig. 1.—Esquema del proceso de datación de una cerámica por TL, y tiempo aproximado de duración de cada una de las etapas.

- Toma de las muestras en el yacimiento.
- Preparación de las mismas en el laboratorio y obtención de datos (curvas de TL y análisis químico).
- Cálculo de la edad a partir de los datos experimentales.
- Interpretación de la fecha en el contexto arqueológico.

El programa TL-CALCULATOR (TLC) ha sido desarrollado para agilizar el cálculo de la edad a partir de los datos experimentales con un doble objetivo: automatizar al máximo el proceso de datación, lo cual permite un mayor acercamiento de la técnica a personas no excesivamente relacionadas con ella, y disminuir el tiempo dedicado a la obtención de resultados, lo que aumenta el tiempo disponible para analizarlos.

2. Descripción del programa

El menú principal del programa consta de 6 opciones (fig. 2), cada una de las cuales se corresponde con una parte determinada del cálculo. Pueden funcionar de forma aislada o «en cascada», es decir, partiendo de los datos generados en el sistema de TL y los

TL-CALCULATOR	Laboratorio de Datación U.A.M	Version 1.0
MENU		
1	WATER CONTENT	
2	EQUIVALENT DOSE	
3	SUPRALINEARITY	
4	DOSE RATE	
5	AGE AND ERRORS	
6	AGE OF A CONTEXT	
<ESC>	EXIT	
Choose an option		

Fig. 2.—Menú principal del programa TLC y distintas opciones de cálculo.

obtenidos por el análisis químico, se van corriendo las distintas partes en secuencia. Los datos generados en cada una de las opciones son almacenados y utilizados en los cálculos siguientes. Las distintas opciones o partes del cálculo son:

Opción 1.—Contenido en agua. A partir de los pesos de la muestra tal y como fue tomada en el yacimiento, saturada en agua y seca, se calcula la cantidad de H₂O máxima que dicha cerámica puede contener, expresada como porcentaje sobre el peso total de la muestra. Esta cantidad se denomina «agua de saturación» (H₂O sat), y se utiliza para corregir los valores de dosis de radiación recibidos por la muestra, que son función del contenido en agua de la misma. La entrada de datos es similar a cualquier hoja de cálculo.

Opción 2.—Cálculo de la dosis beta equivalente (ED). Esta magnitud se define como la dosis de irradiación β que debo suministrar a una muestra para inducir en ella una intensidad de emisión de TL equivalente a la TL natural observada. A partir de las intensidades de emisión a una temperatura dada obtenidas tanto en las curvas de TL natural (TL_n) como en las irradiadas a diferentes dosis (TL+ β), se construye una regresión lineal dosis-intensidad que, extrapolada hasta el eje de abscisas ($I_{TL}=0$), nos da el valor de ED requerido. El programa calcula la ecuación de la recta, el coeficiente de regresión, el intervalo de confianza de la x extrapolada y el error porcentual asociado a la regresión. En pantalla se puede visualizar la distribución de puntos y la recta

de regresión, imagen que puede ser volcada a plotter (Fig. 3). Como opciones del cálculo se pueden eliminar de la regresión los puntos debidos a errores experimentales y corregir los valores de dosis en caso de ser erróneos. Se calcula también el factor k de corrección de efectividad de la radiación alfa, a partir de las correspondientes curvas de TL+ α .

Opción 3.—Cálculo de la corrección de supralinealidad (I). Esta opción es similar a la anterior, diferenciándose únicamente en que la recta de crecimiento se realiza a partir de los datos de curvas de «segundo barrido», es decir, sobre muestras a las que se les ha borrado ya su TL arqueológica. De esta forma se comprueba si existe falta de linealidad en la producción de TL a bajas dosis, calculándose en su caso la corrección correspondiente. En pantalla se visualiza la recta de crecimiento junto con la obtenida en la opción 2 (si se ha realizado).

Opción 4.—Valor de la dosis anual. Se obtiene a partir de los resultados del análisis químico, en concreto de los valores de cuentas por minuto (c.p.m.) del contador de actividad alfa (que nos da los contenidos en Th y U) y del de actividad beta (contenido en K). Se calcula de esta forma la dosis recibida anualmente por la cerámica en mGy/año, así como el porcentaje de dosis correspondiente a cada tipo de radiación: alfa, beta o gamma. Los valores finales están corregidos con el contenido en agua medio durante el enterramiento. Para la dosis gamma total se efectúa una corrección en función del espesor medio en

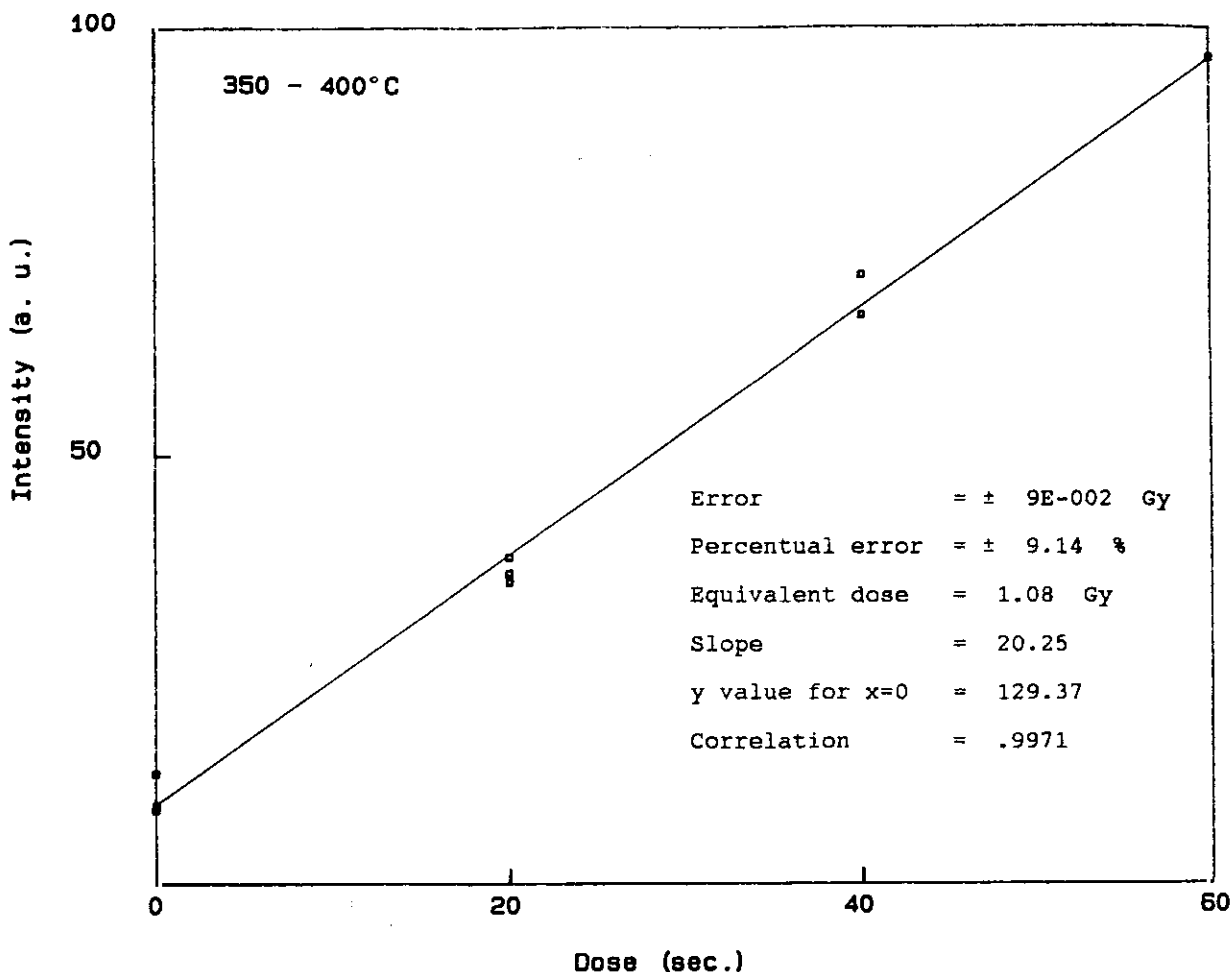


Fig. 3.—Recta de regresión de los pares de puntos (dosis-intensidad) y cálculo de la ED para la muestra M-11, ladrillo de restauración procedente del Teatro Romano (Mérida).

cerámicas. La dosis α es, a su vez, corregida por medio del factor k calculado en la opción 2, el cual es función de la diferencia de sensibilidad en la producción de TL por parte de las radiaciones α y β .

Opción 5.—Edad de la muestra y errores asociados al cálculo. Esta sería la opción final, y no puede accederse a ella sin haber realizado anteriormente la opción 4. A partir de los datos obtenidos anteriormente, se calcula la edad de la cerámica, el error asociado a la datación y los distintos errores parciales (AITKEN, 1976). Toda esta información, junto con la obtenida a lo largo del programa, es almacenada en un fichero de datos que puede visualizarse al final de esta opción (fig. 4), o en cualquier momento mediante el subprograma SEE.

Opción 6.—Permite el cálculo de la edad asociada a un estrato, nivel arqueológico, o grupo de muestras coetáneas, a partir de las fechas obtenidas para al

menos tres muestras del mismo. La fecha final es una media ponderada con los distintos errores obtenidos en cada cálculo, separados en aleatorios y sistemáticos, de forma que el resultado final es la fecha del yacimiento con dos errores: Edad $\pm e \pm q$, donde «e» representa el error teniendo en cuenta solamente los errores aleatorios y «q» teniendo en cuenta también los sistemáticos (AITKEN, 1985). El valor de «e» se utiliza para comparaciones con fechas obtenidas por la misma técnica, mientras que «q» es útil a la hora de comparar con fechas obtenidas por técnicas distintas a la TL.

Subprograma PLOT.—Dado que la mayoría de los sistemas de obtención de las curvas de TL no permiten visualizar más que una o dos curvas contemporáneamente, este subprograma permite el estudio comparado de hasta 7 curvas en pantalla, así como obtener una imagen en plotter de las mismas (Fig. 5).

CV-1					
ED	37.31 ± 1.6 Gy				
I	0				
Doserate	7.23 ± .34 mGy/a				
Age	5160 ± 341 years				
σ	6.61	H2O sample	11.06	H2O ground	25
σ_1	2.44	cpm	.675	cpm	56
σ_2	2.6	K2O	3.9	K2O	1.96
σ_4	3.79	Amb. dose	0	α counts	824
σ_5	2.27	a value	.2		
σ_6	1	H2O sat	14.77		
σ_7	3.23				
α dose	43 %	β potassium	33 %		
β dose	42 %	β U + Th	10 %		
g dose	15 %				

Fig. 4.—Ficha final de datos con todos los resultados obtenidos en el cálculo de la edad de la muestra CV-1, cerámica neolítica del yacimiento de la Cueva de La Vaquera (Segovia).

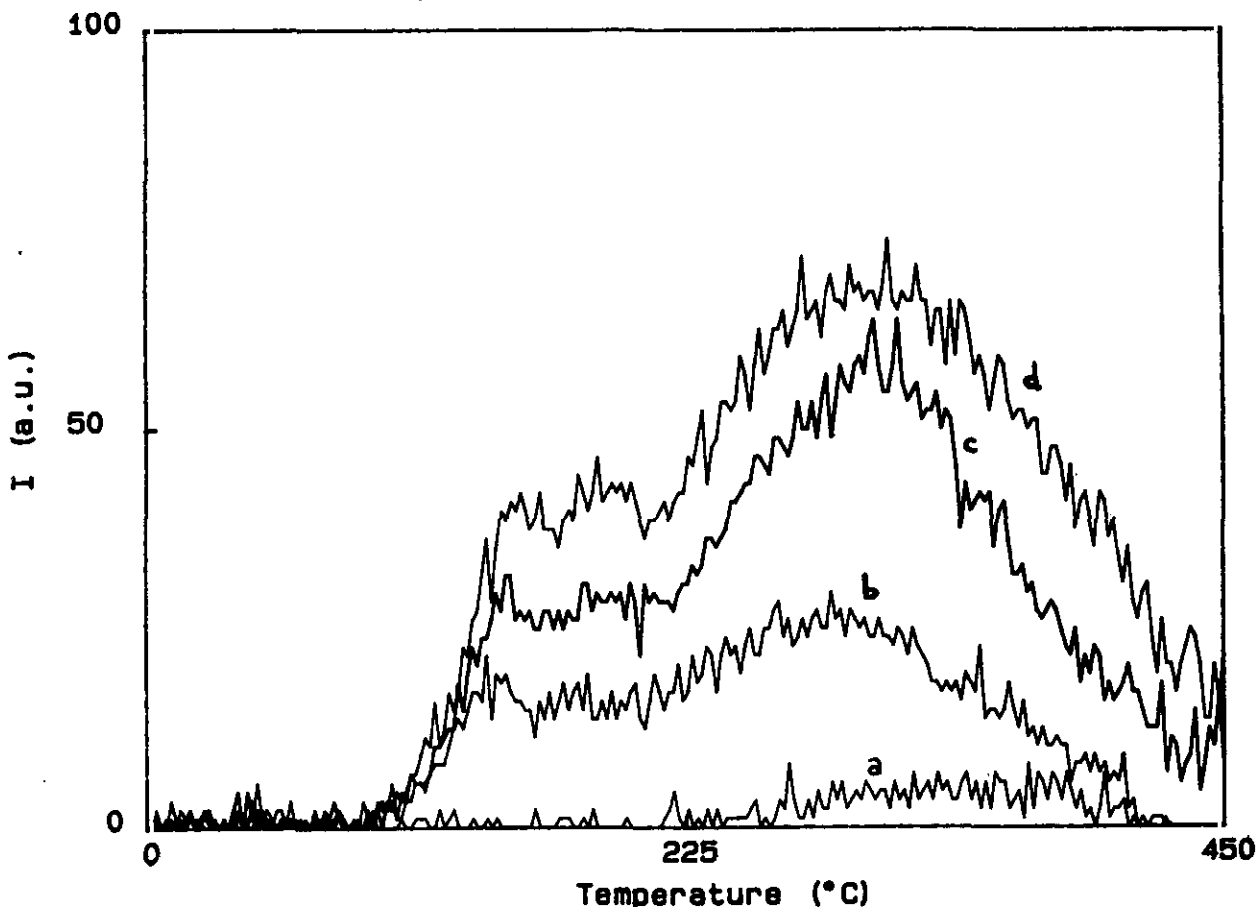


Fig. 5.—Representación de las curvas de TL en el programa PLOT, pertenecientes a la muestra M-11 del Teatro Romano de Mérida. La diferenciación de las curvas se realiza en pantalla por colores (a: TL natural; b, c y d: TL irradiada veinte, cuarenta y sesenta segundos, respectivamente).

Esto es interesante al objeto de visualizar las variaciones de muestra a muestra, así como para observar el crecimiento de la intensidad de TL con la irradiación. Para facilitar el trabajo con las curvas de TL, este subprograma permite realizar sustracciones de curvas (por ejemplo, para eliminar la emisión de fondo, si ésta se ha recogido como una curva aparte), cambiar la escala de visualización tanto en la vertical (para curvas de baja intensidad) como en la horizontal (ampliando o disminuyendo el intervalo de temperatura visualizado), suavizar el trazado («smoothing») y desplazar cada una de las curvas independientemente en la horizontal («shifting») para ajustar los máximos de emisión. Es posible realizar a su vez el test del «plateau» (AITKEN, 1985), el cual nos da el intervalo de temperatura válido para datación.

3. Consideraciones finales

El programa ha sido realizado mediante el compilador de Turbo Basic de Bortland International Inc. (1987), versión 1.0, ocupando la versión ejecutable aproximadamente 70 Kb. La toma de los datos generados por el sistema de medida de TL se ha ajustado a los formatos de fichero creados por el

equipo TL- DA-10 (BØTTER-JENSEN, 1988) del Risø National Laboratory (Dinamarca), si bien es posible mediante cambios mínimos adaptarlo a cualquier tipo de fichero generado por otros equipos de TL. La salida a Plotter corresponde a un HP- ColorPro, realizándose la salida a impresora mediante volcados de pantalla. Los gráficos visualizados en el monitor necesitan de una tarjeta EGA o superior, pudiendo correrse el programa en cualquier tipo de ordenador compatible PC.

BIBLIOGRAFIA

- AITKEN, M.J.
1976 «Thermoluminescent age evaluation and assesment of error limits: revised system». *Archaeometry* 18, pp. 233-238.
- AITKEN, M.J.
1985 *Thermoluminescence Dating*. Academic Press.
- ARRIBAS, J.G.; CALDERON, T.; BLASCO, C.
1989 «Datación absoluta por termoluminiscencia: un ejemplo de aplicación arqueológica». *Trabajos de Prehistoria*, 46, pp. 231-246.
- BØTTER-JENSEN, L.
1988 «The automated Risø TL dating reader system» *Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, vol 14, nº 1/2, pp. 177-180.