



RESPUESTA TL DE DOSÍMETROS DE LiF:Mg,Cu,P+PTFE (MÉXICO) Y GR200A (CHINA)

P.R. González Martínez¹, J. Azorín Nieto², Claudio Furetta²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Apartado Postal 18-1027, México, D.F.

²Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, 09340 México, D.F

Abstract

TLD-100 was the commercial dosimeter more known since some decades ago. This dosimeter was considered for many research groups as the reference material for developing new TL materials for ionizing radiation dosimetry. Actually it seems that TLD-100 is going to be replaced by the Chinese material GR200A, as reference material due that this material in addition to be considered as a tissue equivalent material, is 30 to 35 times more sensitive than TLD-100. Results of the study of the TL response of LiF:Mg,Cu,P+PTFE developed at ININ-Mexico, comparing them with those of GR200A are presented. These results showed that the sensitivity ($s = \text{TL intensity/weight} \times \text{dose}$) to gamma radiation of the LiF:Mg,Cu,P+PTFE dosimeters was 4.34 meanwhile that of the commercial dosimeter was 3.41. Detection threshold of the dosimeters studied was 2.22 and 0.52 μGy respectively. Repeatability after 10 cycles Irradiation-reading-annealing was $\pm 1.39\%$ and $\pm 1.86\%$ respectively. Both types of dosimeters presented a linear response as a function of gamma radiation in the range from 0.02 mGy and 100 Gy.

Resumen

Hasta hace algunas décadas el dosímetro comercial conocido como TLD-100, era considerado por los diferentes grupos de investigación como punto de referencia en el desarrollo de nuevos materiales TL para dosimetría de la radiación ionizante. Hoy en día parece ser desplazado por el GR200A, comercializado en China, ya que éste no solo es considerado equivalente con el tejido, sino que además es entre 30 y 35 veces más sensible que el TLD-100. En este trabajo se presentan los resultados del estudio de la respuesta TL de LiF:Mg,Cu,P+PTFE desarrollado en ININ-México, tomando como referencia al GR200A. Los resultados mostraron que la sensibilidad ($s = \text{Intensidad TL} / \text{masa} \times \text{dosis}$) a radiación gamma de los dosímetros de LiF:Mg,Cu,P+PTFE fue de 4.34 y la del dosímetro comercial fue 3.41. El umbral de los dosímetros estudiados fue de 2.22 y 0.52 μGy respectivamente. La reproducibilidad, después de diez ciclos de irradiación lectura y borrado térmico fue de $\pm 1.39\%$ y $\pm 1.86\%$ en el mismo orden. Los dos tipos de dosímetros presentaron una respuesta lineal en función de la dosis de radiación gamma entre 0.02 mGy y 100 Gy.

Introducción

En la actualidad el costo de un dosímetro está dado por su equivalencia con el tejido y por su sensibilidad a la radiación. El fluoruro de litio activado con magnesio, cobre y fósforo (LiF:Mg,Cu,P), es uno de los materiales TL más utilizados en el campo de la dosimetría de

la radiación. Sin embargo, su elevado costo, lo hace cada vez menos accesible para el sector salud y para los diferentes centros de investigación. Es por esta razón que en México, nuestro grupo ha estado investigando acerca del desarrollo de nuevos materiales TL equivalentes al tejido y de alta sensibilidad.

En este trabajo se presentan los resultados del estudio comparativo de la sensibilidad de dosímetros comerciales de LiF:Mg,Cu,P (GR200A, China), con los de LiF:Mg,Cu,P+PTFE desarrollados en el ININ. Aunque este material lo desarrollamos hace poco más de diez años⁽¹⁾, no fue sino hasta hace poco en que optimizamos su utilización mediante la elaboración de dosímetros en forma de pastilla^(2,3), con lo cual nos permite medir eficientemente niveles de dosis de radiación ambiental y personal en tiempos relativamente cortos.

Desarrollo experimental

Los dosímetros estudiados en este trabajo fueron los DTL comerciales GR200A fabricados en China, en forma de discos de 4.5 mm de diámetro, 0.9 mm de espesor y una masa promedio de 28.33 ± 0.83 mg. Los DTL de LiF:Mg,Cu,P+PTFE, elaborados en el ININ fueron de 5 mm de diámetro, 0.5 mm de espesor y una masa promedio de 23.72 ± 0.50 mg, (9.48 mg de material TL y 14.23 mg de PTFE).

Antes de exponerse a la radiación, los dosímetros se sometieron simultáneamente al tratamiento estándar de borrado, el cual consiste en calentar 240°C por 10min, seguido de 100°C por 2 horas⁽²⁻⁴⁾.

La lectura de los dosímetros se llevó a cabo en el equipo lector de TL Harshaw Mod. 4000, acoplado a una PC. La señal TL fue digitalizada mediante dos canales de una *interface* RC232C. La integración de la señal TL fue entre 60 y 240°C , a una tasa de calentamiento de 2°C/s . Todas las lecturas se llevaron a cabo en atmósfera de nitrógeno para evitar contribuciones espurias en las lecturas TL⁽⁵⁾.

Un lote de dosímetros de cada tipo, que no habían sido expuestos a la radiación, se les dio su tratamiento estándar de borrado, se dejaron enfriar a temperatura ambiente y en seguida se procedió a tomar sus lecturas de fondo. Las lecturas obtenidas se extrapolaron en la curva de calibración, que se obtuvo posteriormente con los mismos dosímetros al ser irradiados con radiación gamma. Con las dosis estimadas en dicha curva de calibración, se determinó el umbral de detección de acuerdo con la ecuación (1).

$$t \cdot s \leq 0.1 \text{ mGy} \quad (1)$$

donde:

- t es la *t* de *student* para $n-1$ grados de libertad (95% de confianza)
- s desviación típica de la muestra

Otro lote de cada uno de los dosímetros estudiados, se sometió al mismo tratamiento térmico de borrado, se dejaron enfriar a temperatura ambiente y en seguida se colocaron en portadosímetros de plástico para ser irradiados en condiciones de equilibrio electrónico, a

una dosis de 100mGy de radiación gamma de ^{60}Co . Las lecturas TL se tomaron al día siguiente de la irradiación, registrándose además la masa de cada dosímetro, para determinar la sensibilidad de acuerdo con la ecuación (2)⁽⁶⁾.

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\text{Intensidad TL}}{\text{masa} \times \text{dosis}} \quad (2)$$

Para determinar el intervalo de linealidad de la respuesta TL, de los dosímetros estudiados, en función de la dosis de radiación gamma, se colocaron cuatro dosímetros de cada tipo en portadosímetros de plástico para ser irradiados en un intervalo de dosis entre 0.02mGy y 1000Gy. La irradiación de los dosímetros, a bajas dosis, se realizó con la fuente de radiación gamma de ^{137}Cs propiedad de la CNSNS, a una tasa de dosis es de 2.94 mGy/h. Mientras que para dosis intermedias, se uso el irradiador gamma de ^{60}Co Vickrad, con una tasa de dosis de 30.6 Gy/h y para irradiar a altas dosis se uso el irradiador Gammacell 220 a una tasa de dosis de 201.28 Gy/h, estos últimos son propiedad del ININ. Todas las lecturas TL tomaros al día siguiente de la irradiación.

La prueba de reproducibilidad, se llevó a cabo de la forma siguiente; Un lote de cada tipo de dosímetros en estudio, se le dio su tratamiento estándar de borrado, se dejaron enfriar a temperatura ambiente y en seguida se irradiaron a una dosis de 100mGy de radiación gamma de ^{60}Co , las lecturas TL se tomaron media hora después de la irradiación, registrándose además la masa de los dosímetros estudiados. Este proceso se repitió hasta por diez ciclos consecutivos.

Resultados

Las lecturas de fondo promedio obtenidas de los dosímetros estudiados, se extrapolaron en la curva de calibración correspondiente, con las dosis estimadas se determinó el umbral de detección, sustituyendo los valores obtenidos en la ecuación 1, los valores resultantes en cada caso fueron; 0.52 y 2.22 μGy para GR200A y LiF:Mg,Cu,P+PTFE respectivamente.

En la tabla 1, se resumen las lecturas TL promedio obtenidas al irradiar los dosímetros estudiados simultáneamente a 100mGy de radiación gamma de ^{60}Co . Donde se aprecia que la lectura de los dosímetros comerciales es aproximadamente el doble de la lectura de los dosímetros locales, sin embargo, se aprecia también que la masa es casi tres veces mayor. Al aplicar la ecuación 2, la sensibilidad resultante fue 3.41 y 4.34 para GR200A y LiF:Mg,Cu,P+PTFE respectivamente.

Tabla 1. Tipo de dosímetro, forma y masa

Dosímetro	Intensidad TL (u.a.)	Masa promedio (mg)	Sensibilidad (S)
GR200A	9676.79	28.33±0.83	3.41
LiF:Mg,Cu,P+PTFE	4118.62	23.72±05 (9.48 material TL+14.23 PTFE)	4.34

La figura 1 muestra la intensidad TL de los dosímetros irradiados en el intervalo de dosis entre 0.02mGy y 1000Gy. Mientras que la figura 2, presenta únicamente el intervalo donde la intensidad TL de los dosímetros estudiados fue lineal. En esta figura se aprecia que

dichos dosímetros presentaron una respuesta lineal en función de la dosis entre 0.02 y 100Gy. A dosis más altas se aprecia claramente la fase de saturación, sin presentar la fase de suprasensibilidad.

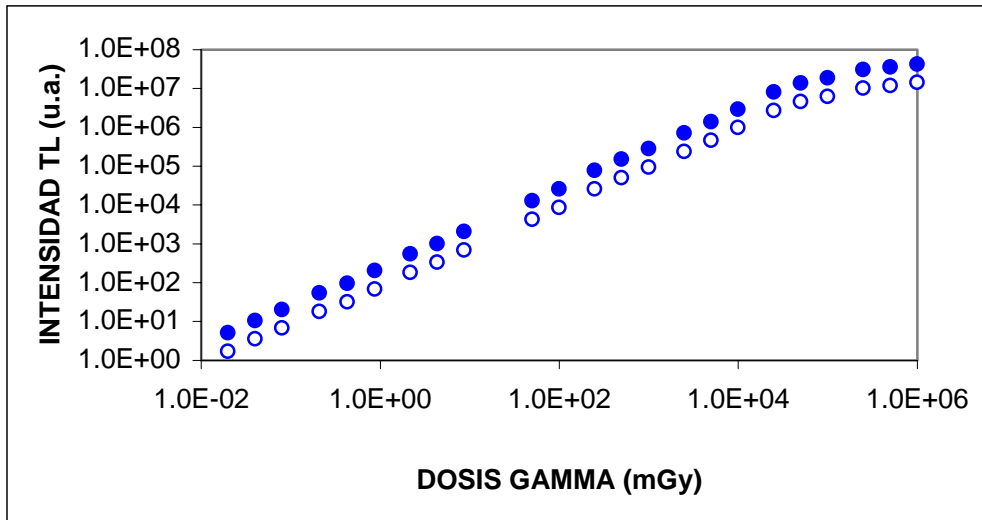


Fig. 1. Intensidad TL en función de la dosis de radiación gamma de ^{60}Co ,
 ●LiF:Mg,Cu,P+PTFE ○GR200A

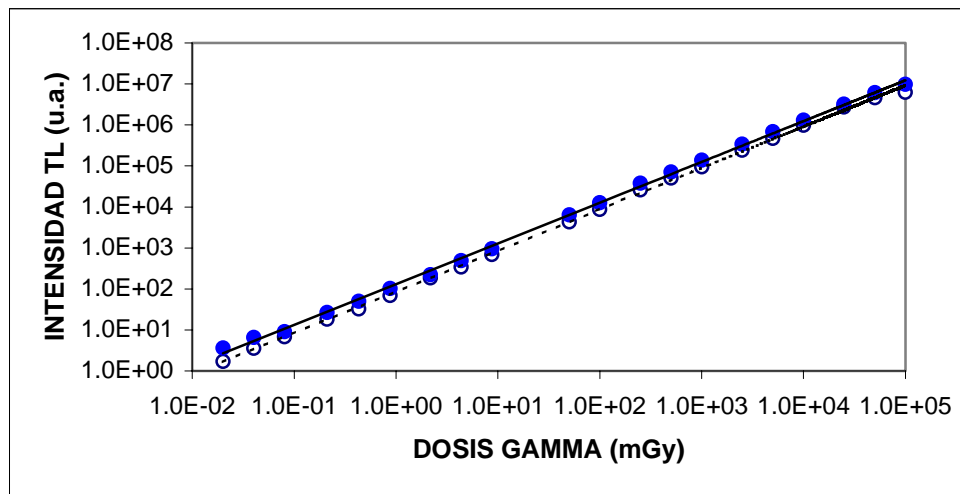


Fig. 2. Linealidad de respuesta TL en función de la dosis de radiación gamma de ^{60}Co ,
 ●LiF:Mg,Cu,P+PTFE ○GR200A

Los dosímetros que se usaron en la prueba de reproducibilidad, tuvieron una masa TL promedio de 27.89 y 10.82 mg para GR200A y LiF:Mg,Cu,P+PTFE respectivamente. Después de irradiar los dosímetros por 10 ciclos a una dosis de 94.53 ± 0.95 mGy de radiación gamma de ^{60}Co , la reproducibilidad se estimó en función de la sensibilidad que

presentaron durante los 10 ciclos de tratamiento térmico de borrado, irradiación y lectura. Sustituyendo los valores obtenidos en la ecuación 2, la sensibilidad promedio fue de 4.38 ± 0.06 y 3.28 ± 0.06 ; con ± 1.39 y ± 1.86 %DS para LiF:Mg,Cu,P+PTFE y GR200A respectivamente, cumpliendo ampliamente con el requisito de la norma internacional que es de $\pm 5\%$ DS⁽⁷⁾. Dichos resultados se muestran gráficamente en la figura 3.

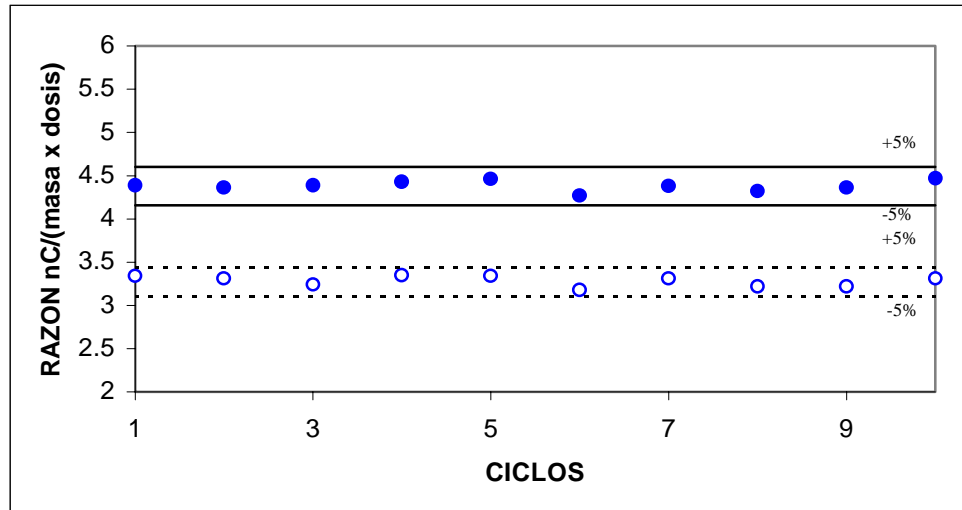


Fig. 3. Reproducibilidad de la respuesta TL, ●LiF:Mg,Cu,P+PTFE ○GR200A

Conclusiones

El umbral de detección del dosímetro comercial fue cuatro veces más bajo que el del dosímetro local. La sensibilidad del dosímetro local fue 1.3 veces mayor que la del dosímetro comercial. Los dos tipos de dosímetros presentaron una respuesta lineal a radiación gamma entre 0.02mGy y 100Gy, por arriba de esta dosis, en ambos casos se apreció la fase de saturación. La reproducibilidad de su respuesta presentó ± 1.86 y ± 1.39 %DS, para GR200A y LiF:Mg,Cu,P+PTFE respectivamente, cumpliendo ampliamente el requisito de $\pm 5\%$.

De los resultados obtenidos, podemos concluir que los dosímetros TL de LiF:Mg,Cu,P+PTFE desarrollados en el ININ-México, cumplen ampliamente con los requisitos de las normas internacionales para ser utilizados en forma masiva en dosimetría ambiental, personal y en los diferentes centros de investigación.

Referencias

1. Azorín J., Gutiérrez A., Niewiadomski T. and González P. Radiat. Prot. Dosim. **33(1/4)** 283-286 (1990).
2. González P.R., Ramírez A. y Azorín J. ININ, CB-96-22, noviembre 1996.

3. P.R. González, J. Azorín. Radiat. Phys. and Chem. **61** 425-427 (USA, 2001).
4. Wang S., Cheng G., Wu F., Li Y., Zha Z., Zhu J. Rad. Prot. Dos. 14 223, 1986.
5. Attix F.H. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. John Willey & Sons, N.Y. 1986.
6. Attix F.H. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1986.
7. International Electrotechnical Commission. Thermoluminescent Dosimetry for Personnel and Environmental Monitoring. Technical Committee No. 45. 1984.