

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1 Termoluminiscencia, luminiscencia ópticamente estimulada y creación de defectos en cristales de KCl: Eu²⁺ y KBr: Eu²⁺

La eficiencia de la LOE de cristales de KCl:Eu²⁺ expuestos a radiación X y UV fue investigada por primera vez por Nanto (Nanto *et al*, 1993a, 1993b, 1994). En todos los casos se empleó la fotoestimulación de la respuesta luminiscente y se obtuvo una señal centrada alrededor de 420 nm que generalmente se atribuye a la transición electrónica del nivel 4f⁶5d al estado base del Eu²⁺. Es interesante notar que esta misma banda se observa para la respuesta termoluminiscente cuando estos cristales se exponen a radiación ionizante (α , β , γ) y no ionizante, con la particularidad de que la intensidad en esta señal TL es proporcional a la dosis de radiación (Meléndrez *et al*, 1996a, 1996b, Castañeda *et al*, 1996). La similitud entre la banda de emisión en 420 nm tanto para LOE como para TL sugiere que el origen de este comportamiento luminiscente es el mismo; es decir, que los centros de recombinación son alcanzados por electrones activados ya sea térmica u ópticamente. Generalmente se emplea una explicación que involucra la creación de Eu³⁺ a partir de Eu²⁺ durante el proceso de irradiación, lo cual podría llevarse a cabo ya que los rayos X son capaces de producir este tipo de daño; sin embargo, la radiación no ionizante tal como la UV crea defectos a través de un proceso que no está muy bien entendido, pues la energía que proporciona al cristal es significativamente menor que la brecha de energía prohibida.

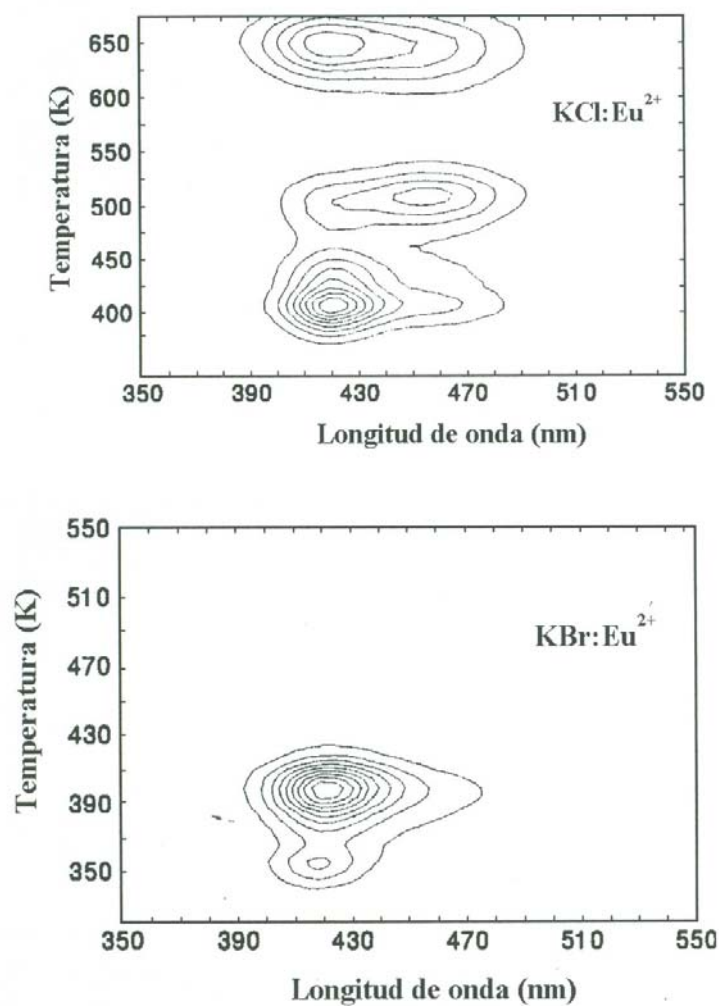


Figura 19. Curvas de contorno de termoluminiscencia de KCl:Eu²⁺ y KBr:Eu²⁺. La emisión de 420 nm se observa después de la irradiación UV por un minuto usando una lámpara de Deuterio. (Pedroza-Montero *et al*, 2000).

La figura 19 muestra las curvas de contorno de TL para muestras de KCl:Eu^{2+} y KBr:Eu^{2+} irradiadas con UV. En investigaciones anteriores, los picos de TL centrados alrededor de 383 y 487 K se asociaron a los centros F en cristales de KBr:Eu^{2+} y KCl:Eu^{2+} , respectivamente (Aceves *et al*, 1994, Pérez-Salas *et al*, 1996). En las curvas de TL mostradas en la figura 19 también se observa la emisión característica del europio alrededor de los 420 nm. La emisión de LOE más eficiente (cuyo pico está alrededor de los 420 nm) se obtiene cuando los cristales de KCl:Eu^{2+} y KBr:Eu^{2+} son fotoestimulados con luz de 560 y 632 nm, respectivamente. La figura 20 muestra esta emisión centrada alrededor de los 420 nm a temperatura ambiente para KCl:Eu^{2+} y KBr:Eu^{2+} . Esta banda se asocia comúnmente a la transición dipolar permitida del estado $4f^65d$ al $4f^7$ de los iones de europio colocados en los centros de catión (Rubio, 1981).

La figura 21 muestra el comportamiento de la LOE como función del tiempo. El desvanecimiento de la parte de la señal más intensa y de corta duración respecto al tiempo en que se realiza el experimento, se llama desvanecimiento. El desvanecimiento característico (medido a oscuras y a temperatura ambiente) aparece como consecuencia de la recombinación rápida de los electrones atrapados en trampas superficiales. El proceso de LOE es mucho más eficiente en el KBr:Eu^{2+} como se aprecia en las figuras 20 y 21. Esta situación es similar a la que se encuentra en el proceso de TL (Pérez-Salas *et al*, 1996, Rubio *et al*, 1981), lo cual sugiere que existe una correlación directa entre los procesos de atrapamiento y recombinación en LOE y TL. Este hecho es sumamente importante cuando se detalla por qué la producción de defectos en KBr:Eu^{2+} con luz ultravioleta es más eficiente que en KCl:Eu^{2+} .

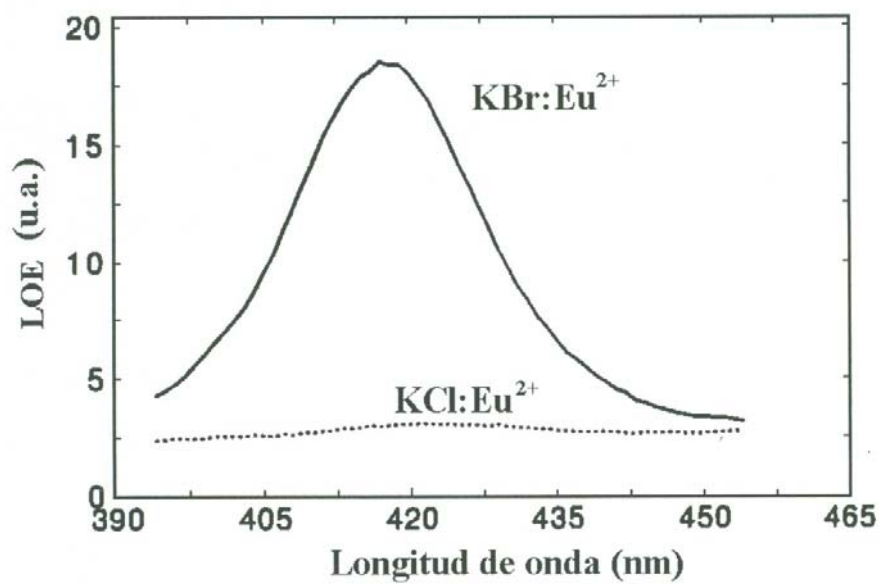


Figura 20. Emisión de la respuesta de LOE para KBr:Eu^{2+} y KCl:Eu^{2+} previamente irradiados por un minuto con luz UV de una lámpara de Deuterio. Los cristales se fotoestimularon con luz de 632 y 560 nm, respectivamente. (Pedroza-Montero *et al*, 2000).

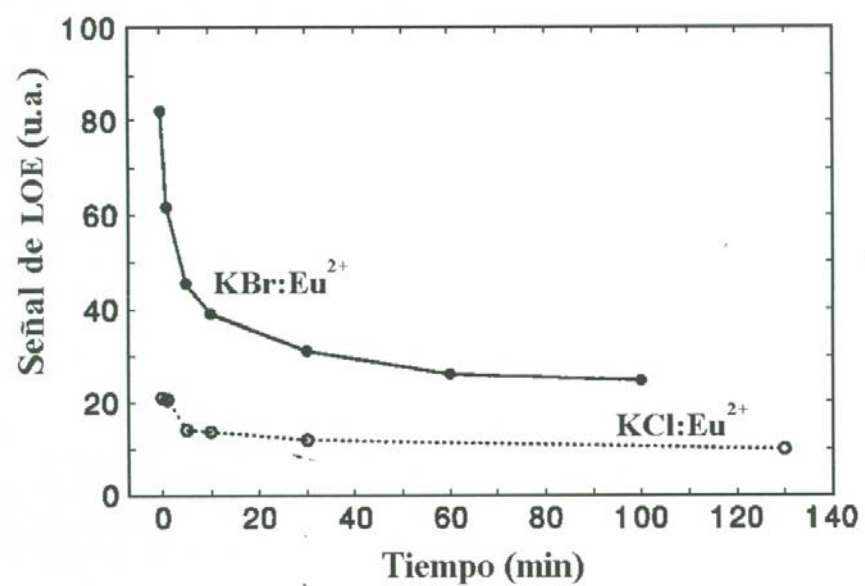


Figura 21. Comportamiento típico de la señal de LOE a temperatura ambiente. Los cristales se fotoestimularon con luz de 632 y 560 nm, respectivamente. (Pedroza-Montero *et al*, 2000).

En trabajos previos se estudió el proceso de creación de defectos en estos dos tipos de cristales para irradiaciones X y UV a 300 K (Pérez-Salas *et al*, 1996, Rubio *et al*, 1981) y se encontró que solamente se crean centros F en KBr:Eu²⁺, mientras que en KCl:Eu²⁺ se generan centros F y F_Z cuando son expuestos a rayos X. Por tanto, se concluye que los centros F_Z se crean más eficientemente bajo irradiación UV en KCl:Eu²⁺ mientras que los centros F aparecen preferentemente cuando la irradiación es por rayos X. El mecanismo para la creación óptica de los defectos de radiación en KCl:Eu²⁺ ha sido explicado en términos de la fotoionización del complejo impureza-vacancia (Eu²⁺-Vc) que ocurre durante la etapa de irradiación UV (Aguirre de Cárcer *et al*, 1988). Como resultado se producen los centros Eu²⁺-Vc y los electrones en algunas trampas se recombinan subsecuentemente a través de un proceso de relajación, dando como resultado la TL y la LOE observadas. El único problema en este mecanismo es la ausencia aparente del Eu³⁺ cuando las irradiaciones se hacen a temperatura ambiente, a pesar de muchos intentos independientes para detectarlo experimentalmente. Desde luego, en el caso de los cristales irradiados con rayos X duros, es posible que se presente el mecanismo antes descrito debido a que la energía del fotón es más grande que la brecha de energía prohibida.

La participación de los centros F en el fenómeno de TL y LOE se muestra en la figura 22 para el caso de KCl:Eu²⁺. La gráfica muestra las intensidades de TL y LOE normalizadas para una muestra que se irradió con una luz de 250 nm. La LOE presenta dos regiones para las cuales la señal disminuye, la primera región en el rango de los 320-420 K y la segunda en 400-500 K. Esas dos regiones han sido asociadas mediante estudios de la respuesta de TL a los centros F_Z y F, respectivamente (Aceves *et al*, 1994). Una situación

similar también se observa en KBr:Eu^{2+} excepto que la caída de la señal de LOE ocurre alrededor de los 350 K, que es una temperatura en la cual los centros F se recombinan (Pérez-Salas *et al*, 1996). Es muy importante notar que la participación de los centros F y F_z ocurre en la termoluminiscencia en muestras irradiadas a temperatura ambiente, tanto con UV de baja energía como con rayos X. Cabe señalar que adicionalmente al proceso que involucra la ionización del europio existe otro proceso en el cual los defectos primarios provocados por la radiación son centros F y H ya discutidos. La excitación de la red cristalina puede lograrse mediante radiación ionizante o excitando la red en las bandas VUV de excitón, pero si hay impurezas algunas veces también es posible que se excite la red a través de las bandas de la impureza. En este caso consideramos que es posible la existencia de un modelo alternativo para la formación de defectos que se basa en la excitación de la red con una consecuente transferencia de energía, en lugar de la ionización del Eu^{2+} .

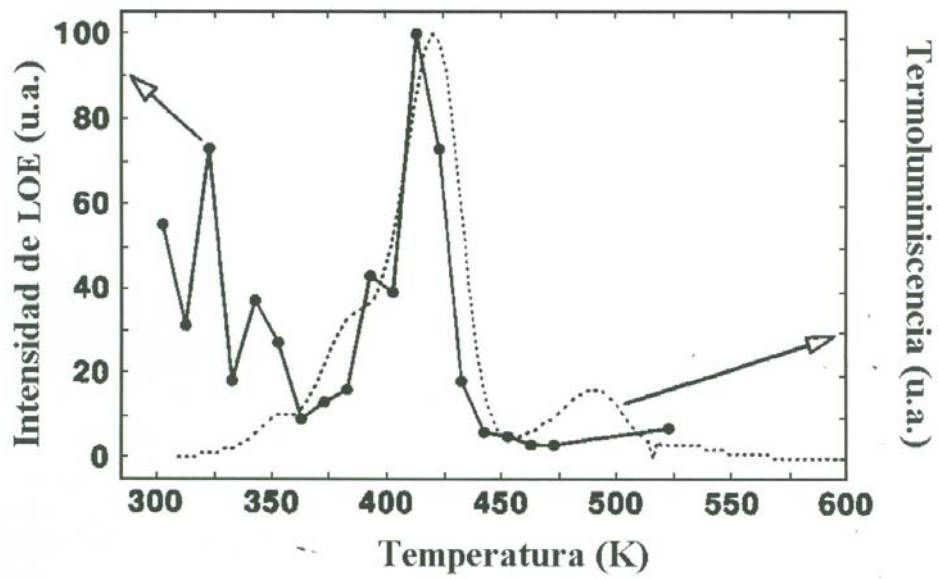


Figura 22. Comparación de las respuestas de TL y LOE de KCl:Eu²⁺ irradiado a temperatura ambiente con una luz de 250 nm. (Pedroza-Montero *et al.*, 2000).

III.2 Procesos de estimulación óptica y su relación con la curva de termoluminiscencia en KCl:Eu^{2+} y KBr:Eu^{2+}

La figura 23 presenta la deconvolución de las curvas de TL para los cristales KCl:Eu^{2+} y KBr:Eu^{2+} expuestos a rayos X a temperatura ambiente. Las deconvoluciones se realizaron utilizando un programa de ajuste basado en el método de Marquardt de mínimos cuadrados. El modelo de ajuste es el de Randall-Wilkins o de cinética de primer orden que se describe en la sección I.5.

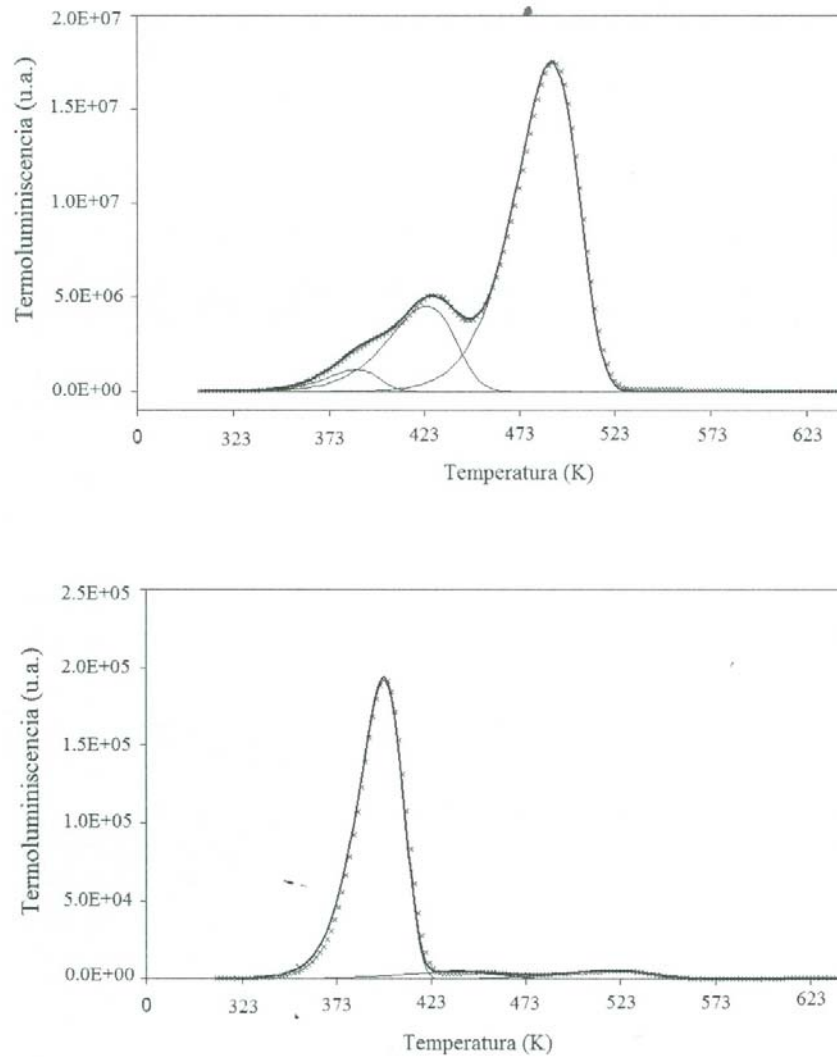


Figura 23. Curvas de TL para KCl:Eu²⁺ (arriba) y KBr:Eu²⁺ (abajo) expuestos a rayos X a temperatura ambiente. Las curvas presentan la deconvolución de los picos de acuerdo a la suposición de cuasi-equilibrio de Randall-Wilkins. Las (x) son los datos experimentales y la línea sólida el resultado del ajuste.

La figura 24 muestra las curvas de TL de KCl:Eu^{2+} en los casos en los que el cristal se expone a rayos X y UV. El cristal se somete a radiación ionizante y, como se puede observar de la figura 23, presenta picos de TL alrededor de 373, 413 y 473 K. El pico de 473 K se considera como el pico dosimétrico debido a su estabilidad (bajo desvanecimiento) y el comportamiento lineal de la señal de TL con la dosis de radiación (cinética de primer orden con bajo o nulo reatrapamiento electrónico). Como ya se dijo, los centros de recombinación termoluminiscente están asociados con los centros F y F_2 producidos por efecto de la radiación (Aceves *et al*, 1994). Nótese que la luz UV produce una curva de TL en la que el pico asociado con los centros F es de menor intensidad comparado con el pico correspondiente en la curva de TL obtenida cuando la muestra se expone a los rayos X. El caso contrario ocurre con los picos de TL a bajas temperaturas producidos por UV, que presentan una intensidad muy grande. De aquí sobresale que la luz UV debe crear poco daño y una menor cantidad de centros F, pero puede llenar un gran número de trampas las cuales pueden localizarse físicamente en la superficie o primeras placas cristalinas del material.

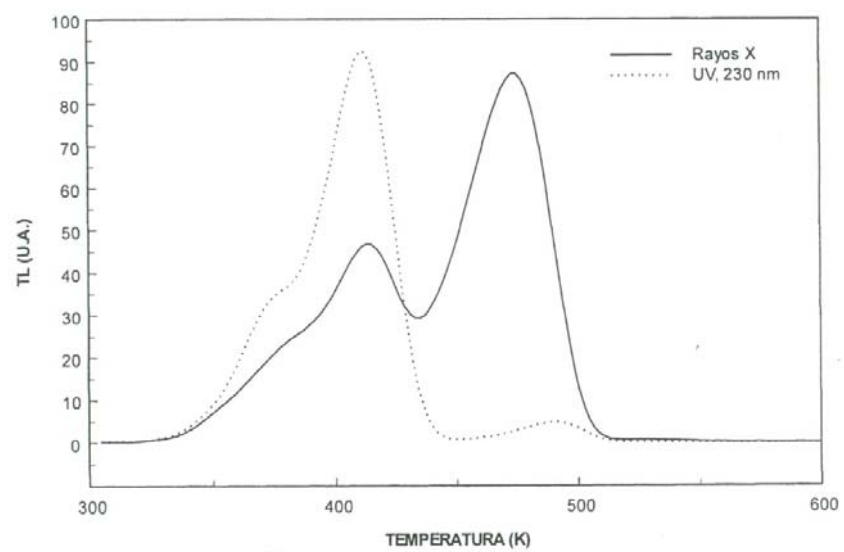


Figura 24. Curvas de TL para KCl:Eu²⁺ expuesto a rayos X y radiación UV de 230 nm (Pedroza-Montero *et al.*, 2001).

El efecto del blanqueo óptico (BO) sobre el KCl:Eu^{2+} es liberar portadores de carga de trampas para electrón. Simultáneamente en este proceso se favorece el reatrapamiento por otros centros que dan lugar a una serie de recombinaciones radiativas y no radiativas distintas a las obtenidas por TL. En la figura 25 se muestra el efecto de la exposición de las muestras para diferentes tiempos con luz F para KCl:Eu^{2+} sometido previamente a radiación X. En este caso el blanqueo óptico (BO) se realiza con luz monocromática de la banda F (560 nm).

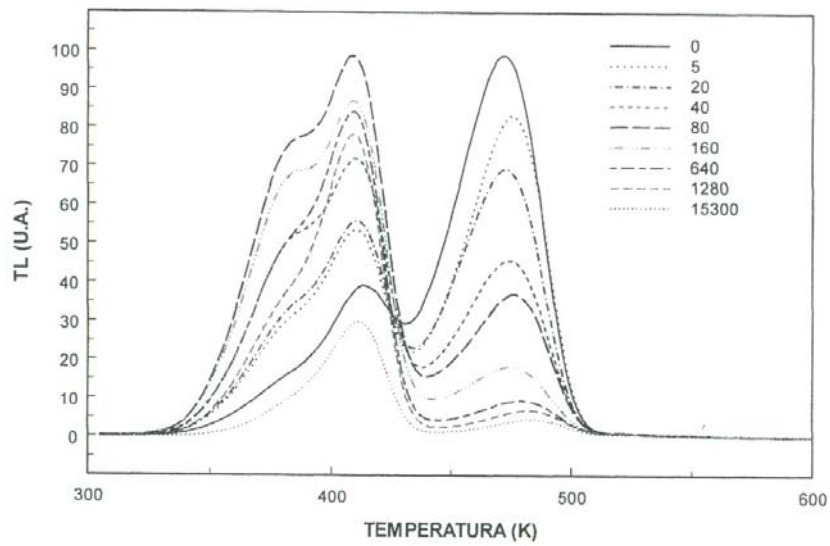


Figura 25. Blanqueo óptico a diferentes tiempos de luz F para KCl:Eu²⁺ sometido previamente a radiación X. Los tiempos de blanqueo están en segundos. (Pedroza-Montero *et al*, 2001).

La figura 26 presenta cómo se afectan los picos principales considerando la respuesta integrada de cada pico de TL. La exposición a luz F disminuye la intensidad de la TL del pico a 473 K, cuya recombinación involucra los centros F, lo que indica que se está llevando a cabo un proceso de blanqueo de los centros F. Debido a la interacción con la luz F (560 nm), se liberan electrones atrapados en vacancias y éstos son reatrapados en trampas existentes o se recombinan. El proceso es conocido como un fenómeno de fototransferencia en el cual los portadores de carga atrapados (inicialmente en la trampa más profunda a 473 K) son liberados y eventualmente atrapados de nuevo en trampas a menor temperatura localizadas en 370-420 K (Pedroza-Montero *et al*, 2001). En la figura 26 se observa claramente el reatrapamiento de los electrones liberados ópticamente mediante luz F a través del incremento de la TL de los picos de 373 y 413 K. El aumento de los picos de 373 y 413 K alcanza un máximo que coincide con el mínimo de termoluminiscencia del pico de 473 K. Al parecer, una vez blanqueados todos los centros F, los picos TL en 373 y 413 disminuyen sólo ligeramente su intensidad de TL integrada respecto de la TL original producida por la irradiación X. Esto indica la distinta naturaleza de los picos de 373 y 413 K en relación al pico de 473 K que está directamente relacionado con los centros F, ya que la luz F no puede blanquear completamente los picos de 373 y 413 K.

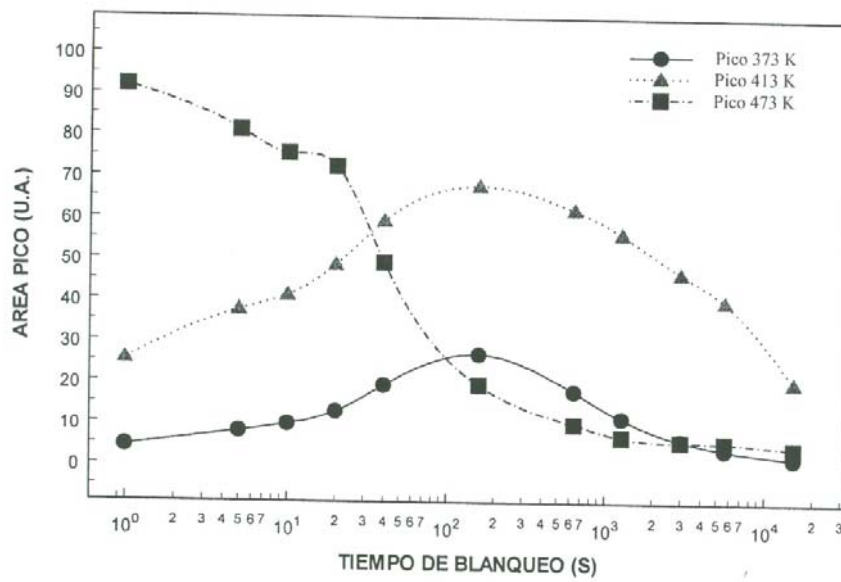


Figura 26. Blanqueo óptico para los diferentes picos de TL de KCl:Eu²⁺ (Pedroza-Montero *et al*, 2001).

La respuesta de luminiscencia ópticamente estimulada (LOE) depende también de la temperatura, ya que se encuentra relacionada con mecanismos de recombinación que involucran a los centros F y F_2 , por lo que el efecto de la disminución de los centros F con la temperatura juega un papel muy importante en la generación de la señal de LOE. Para notar experimentalmente estas correlaciones, la figura 27 muestra el comportamiento de la intensidad de la señal de la LOE como función de la temperatura. La disminución de la LOE con la temperatura se ilustra conjuntamente con una curva de TL. Entonces, al disminuir la densidad de centros F respecto de la temperatura, se observa claramente que ocurre también un mínimo en la emisión de LOE a la temperatura de 473 K, asociada a los centros F. Aceves *et al* (1994), examinaron el comportamiento del tratamiento térmico de los centros F, y encontraron que éste ocurre exactamente a la misma temperatura que el quenching de LOE; en consecuencia es evidente la participación de los centros F en el proceso de recombinación tanto de la TL como de la LOE.

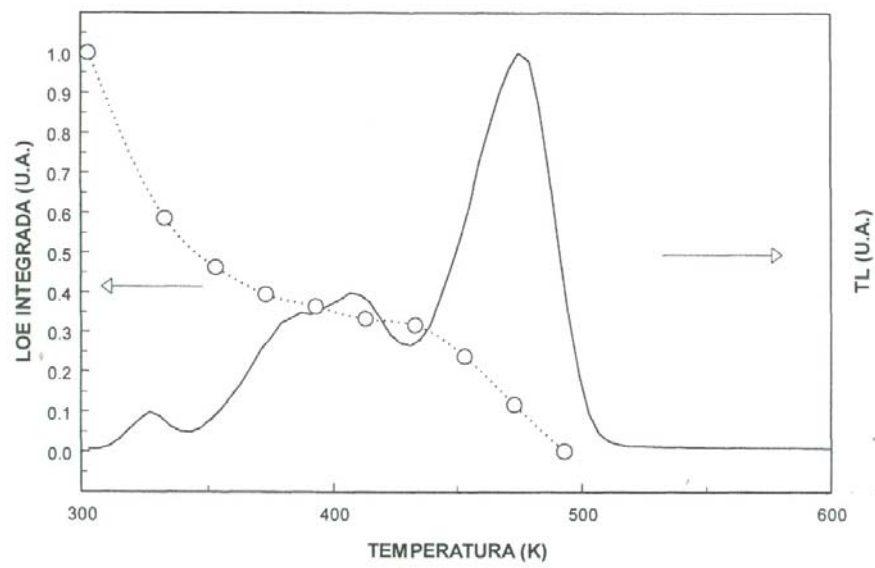


Figura 27. Curva de TL y LOE para cristales de KCl:Eu^{2+} previamente expuestos a rayos X (Pedroza-Montero *et al.*, 2001).

III.3 Termoluminiscencia fototransferida en fósforos de KCl:Eu^{2+}

El fenómeno luminiscente estimulado en cristales de KCl:Eu^{2+} es un proceso complejo que involucra la participación de al menos cuatro fenómenos principales de relajación, como la termoluminiscencia (TL), el blanqueo óptico (BO), la termoluminiscencia fototransferida (PTTL) y la luminiscencia ópticamente estimulada (LOE). La comprensión de la correlación de esos mecanismos, que habitualmente se consideran aislados sin ninguna dependencia unos de otros, adquiere una singular importancia cuando estos mismos procesos se consideran como partes de un mecanismo de relajación global, que puede explicarse a través de un modelo fenomenológico y proporciona información de la respuesta luminiscente del KCl:Eu^{2+} . Desde esta perspectiva, la respuesta luminiscente se establece en base de una generación simultánea de TL y LOE, donde los centros de recombinación radiativa se blanquean, existe una señal significativa de termoluminiscencia fototransferida, y los centros blanqueados previamente con los procesos de TL y LOE se reactivan con la captura de electrones liberados de trampas superficiales o de baja energía de activación (Pedroza-Montero *et al.*, 2002).

Existen en la literatura resultados similares a este respecto, como los reportados por Wintle y Murray para sedimentos ricos en cuarzo (Wintle y Murray, 1997). En el caso de KCl:Eu^{2+} , durante el proceso de excitación (o exposición) de los cristales a la radiación algunas transiciones térmicamente estimuladas se acompañan por transiciones en los estados de energía de centros no radiativos a centros radiativos o viceversa. Desde luego, esto modifica apreciablemente y también correlaciona el espectro de TL y LOE.

Adicionalmente, es posible establecer una conexión entre la PTTL y los centros F y F_z que son los responsables directos de las respuestas de TL y LOE en KCl:Eu^{2+} .

La figura 28 muestra la evolución de la respuesta de PTTL del KCl:Eu^{2+} a medida que se estimula con luz de diferentes longitudes de onda en un rango de 400 – 700 nm. En todos los casos los picos de TL característicos se encuentran alrededor de 370, 390 y 470 K, los primeros dos picos se relacionan con los centros F perturbados (F_z) y el último con los centros F. Conforme crece la longitud de onda, se observa que la intensidad de los picos asociados a los centros F_z aumentan mientras que, simultáneamente, el pico relacionado con el centro F disminuye su intensidad. Esto podría sugerir una dependencia de la sección eficaz de los centros termoluminiscentes con la longitud de onda y la temperatura, en una forma similar interpretada por McKeever (McKeever, 2000). Otra posible explicación es que la luz que estimula dispara un proceso no excitónico donde los complejos $\text{Eu}^{2+}\text{-V}_c$ (Europio + Vacancia de catión) se destacan como centros de recombinación preferentes, lo que da como resultado un incremento en la concentración de los centros F_z . Sin embargo, la concentración total de centros F y F_z disminuye de su valor inicial cuando se emplea luz de 450 nm hasta un mínimo cuando luz de 560 nm se utiliza como fuente estimuladora de la respuesta luminiscente. A partir de este momento se inicia un proceso regenerativo que llena las trampas de electrón con cargas liberadas de trampas más profundas, aumentando de esta manera los niveles de ocupación de las trampas a una concentración de centros F y F_z cercana a la original, para longitudes de onda alrededor de los 700 nm. Esto implica una foto-migración de los electrones alojados en trampas profundas en 470 K a trampas localizadas alrededor de 370 y 390 K. Tal reatrapamiento concluye cuando la trampa de

470 K está casi vacía e inician las trampas de baja temperaturas a liberar sus cargas. Para tiempos más largos todas las trampas para electrón se vacían y, probablemente, se origina un mecanismo que remueve todos los sitios de recombinación.

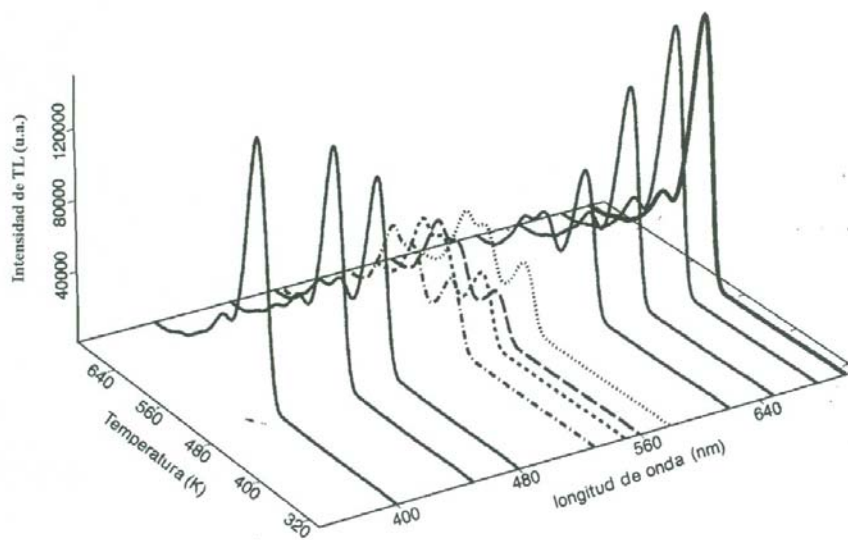


Figura 28. Respuesta PPTL en KCl:Eu²⁺ para distintas longitudes de onda de la luz estimuladora en un rango de 450 a 700 nm. Note que el pico de alta temperatura de la TL coincide con los máximos relativos de los picos de baja temperatura de TL cuando se emplea la luz del centro F (560 nm). (Pedroza-Montero *et al*, 2002).

III.4 Termoluminiscencia de películas de diamante crecidas por CVD expuestas a radiación ionizante y no ionizante.

III.4.1 Películas de diamante depositado por el método de CVD asistida por microondas

En la figura 29 se muestran dos curvas TL de películas de diamante depositado por el método de CVD expuestas a radiación UV. Esta curva TL muestra cuatro bandas alrededor de 120, 220, 320 y 370 °C. La curva de TL es una banda ancha con picos que se traslapan. El pico de 320 °C es el más prominente y el de 220 °C es cinco veces más pequeño. Los picos de 120 y 370°C son muy débiles pero se pueden apreciar claramente en escala logarítmica. El análisis de las curvas TL arrojó los valores para la temperatura máxima (T_m), la energía de activación (E), la intensidad máxima (I_m) y el factor de frecuencia (s) para cada pico, lo que permite reconocer la cinética de los procesos luminiscentes. En este caso todos los picos se comportaron siguiendo un proceso de cinética de primer orden. La tabla I presenta los valores de los parámetros de ajuste antes mencionados, calculados para un promedio que incluye a 55 curvas de TL.

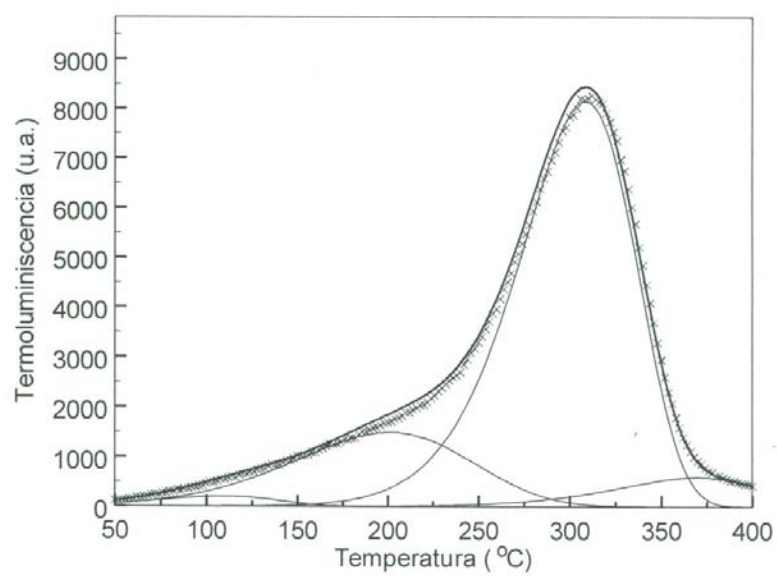


Figura 29. Curvas de termoluminiscencia para películas de diamante depositado por el método de CVD irradiados con una luz UV de 250 nm por 3 horas. (Barboza-Flores *et al*, 2002).

Espesor de la muestra (μm)	$T_m(^{\circ}\text{C})$	E (eV)	s (s^{-1})
3	148	0.41	9.47×10^3
	267	0.66	1.88×10^5
	313	1.0	6.77×10^7
6	174	0.33	5.44×10^2
	275	0.66	1.51×10^5
	316	1.0	5.96×10^7
12	320	1.0	5.30×10^7
180	148	0.51	2.04×10^5
	178	0.66	4.42×10^6
500	295	0.66	8.45×10^4
	327	1.0	4.04×10^7

Tabla I. Parámetros cinéticos estimados de la deconvolución de las curvas de TL.

El efecto de la radiación UV sobre la eficiencia en la creación de TL (espectro de excitación) muestra que cada pico tiene una respuesta diferente a la misma. En la figura 30 se observa que el espectro de excitación de TL tiene una banda ancha alrededor de 190-260 nm. Es evidente que el pico en 320 °C posee la eficiencia termoluminiscente más alta comparado con los picos de 370 °C y 120 °C. El máximo de 370 es debido a trampas con una energía de activación alrededor de 1 eV y un factor de frecuencia $s=1.8 \times 10^4 s^{-1}$. Los otros picos al parecer corresponden a trampas superficiales con energías de activación en el rango de 0.3-0.8 eV y s del orden de $10^2-10^6 s^{-1}$. Estos parámetros concuerdan con datos previamente reportados para películas de diamante CVD irradiado con UV (Bizarri *et al*, 1999).

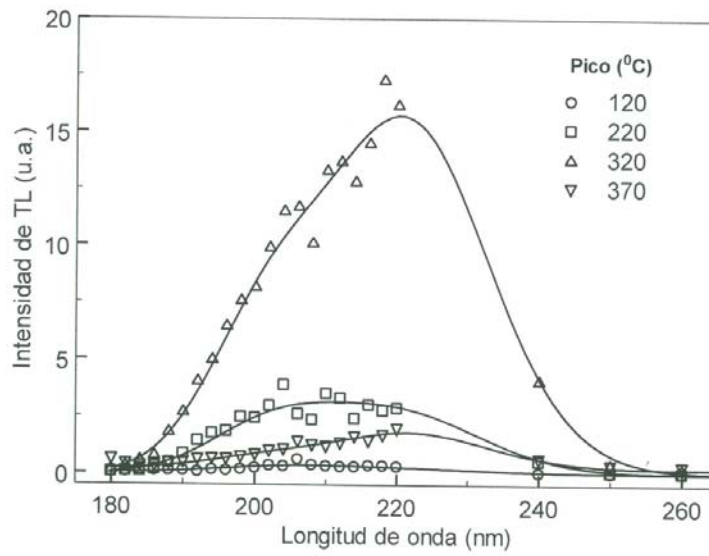


Figura 30. Espectro de creación de termoluminiscencia de películas de diamante CVD irradiados con luz UV monocromada por un minuto. Los picos 1-4 corresponden a los picos 120, 220, 320 y 370 °C, respectivamente. (Barboza-Flores *et al*, 2002).

La figura 31 muestra la dependencia de la TL integrada para cada pico respecto a la dosis UV de irradiación a 240 nm. Los picos en 220 y 320 °C muestran una conducta lineal como función de la dosis de irradiación. Una investigación más detallada de la dependencia de la dosis con la longitud de onda de irradiación revela que el rango de 240 a 260 nm esta dependencia es mejor que el rango de longitudes de onda más cortas. Alrededor de 220 nm hay un decremento notable y continuo en la TL integrada conforme la dosis aumenta. De hecho, para irradiaciones con 218, 240 y 260 nm la dependencia con el tiempo de iluminación es lineal para tiempos de exposición cortos y sublineal para tiempos de exposición largos. A este respecto, es posible que el ritmo de llenado de las trampas disminuya en el tiempo durante la iluminación debido a que otras trampas actúan como trampas competitivas y cuya existencia y dependencia con la longitud de onda podría deducirse de la curva de TL y su deconvolución como se observó en la figura 29.

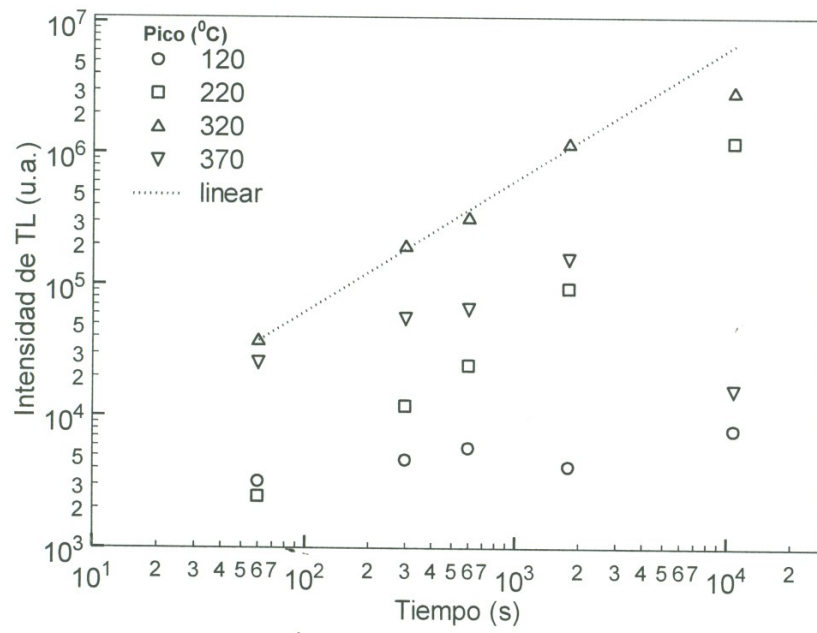


Figura 31. Curvas de termoluminiscencia integrada para películas de diamante CVD como función del tiempo de irradiación (240 nm). Los picos 1-4 corresponden a los picos 120, 220, 320 y 370 °C, respectivamente. (Barboza-Flores *et al*, 2002).

III.4.2 Películas de diamante CVD asistida por filamento caliente (HFCVD) expuestas a radiación UV y β .

La figura 32 muestra el espectro de excitación de la termoluminiscencia para películas de diamante CVD con espesores de 3, 6, 12, 180 y 500 μm . La gráfica muestra la curva de TL integrada expuesta a cinco minutos de luz UV de una particular longitud de onda. Claramente se ve que el máximo de la TL ocurre dentro del rango de 210 a 215 nm lo cual concuerda con el corte en la fotosensitividad observada en los fotodetectores de diamante. La muestra con el espesor de 500 μm presenta una eficiencia diez veces mayor que la muestra de 180 μm . Por otro lado, la figura 32 indica que la muestra de 3 μm es mucho más eficiente para crear la emisión de TL comparada con las muestras de 6 y de 12 μm . Esto se debe a la formación de defectos cristalinos en forma de frontera de grano, defectos por enlaces sueltos e impurezas creadas durante el proceso de crecimiento.

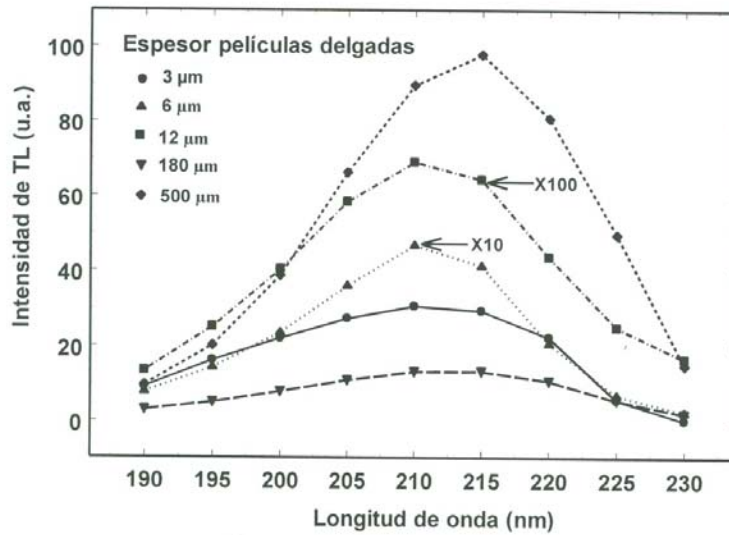


Figura 32. Espectro de excitación de la TL para diamante irradiado con UV de películas con espesores de 3, 6, 12, (MWCVD) y 180 y 500 μm (HFCVD). Las muestras fueron expuestas por cinco minutos a luz UV en el rango de 190 a 230 nm. (Barboza-Flores *et al.*, 2003).

Desde luego, entre más gruesa es la película más grande es la eficiencia de la TL; sin embargo, en este caso particular se necesita un examen más profundo para llegar a una conclusión confiable, debido a que durante el proceso de crecimiento varios tipos de defectos e impurezas se pueden incluir intrínsecamente en la película de diamante, los cuales evidentemente afectan las características termoluminiscentes de la película policristalina. Este efecto claramente se muestra en la figura 33, que presenta las curvas de TL de las películas de diamante obtenidas mediante la exposición de la muestra por tres minutos a una luz ultravioleta con una longitud de onda en el rango de 200-215 nm (donde se produce la máxima eficiencia TL como se muestra en la figura 32). Conforme aumenta el tiempo de crecimiento de las películas las muestras producen picos TL más intensos alrededor de los 320 °C que aquellos obtenidos para tiempos más pequeños. De hecho, un ajuste computacional para los picos TL indica la existencia de picos a 148 y 178 °C para la muestra de 180 μm y picos en 295 y 327 °C para la muestra de 500 μm. Esto es contrario a los resultados de las películas de diamante crecidas por CVD asistido por microondas.

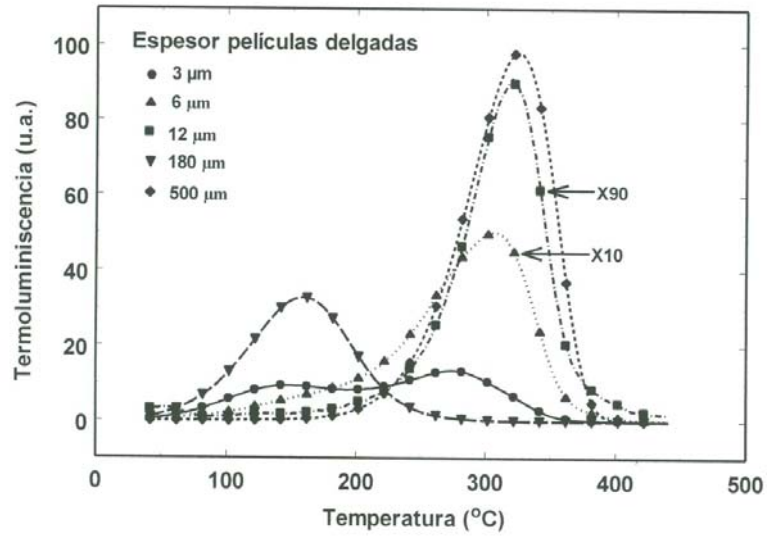


Figura 33. Curvas de termoluminiscencia de películas de diamante irradiado con UV de películas con espesores de 3, 6, 12, 180 y 500 μm . Las muestras se irradiaron a temperatura ambiente con luz UV en el rango de 210 a 215 nm. (Barboza-Flores *et al.*, 2003).

Es importante mencionar que para la mayoría de las aplicaciones dosimétricas los picos de alta temperatura son más estables que aquellos localizados a baja temperatura debido a su desvanecimiento cercano a temperatura ambiente. Por lo tanto, los picos de baja intensidad alrededor de los 320 °C no necesariamente significan una conducta de TL deficiente sino lo contrario (Gan *et al*, 2002, Ahn *et al*, 2002, Barboza-Flores *et al*, 2002). El comportamiento dosimétrico, esto es la TL integrada como función de la dosis de irradiación UV se presenta en la figura 34.

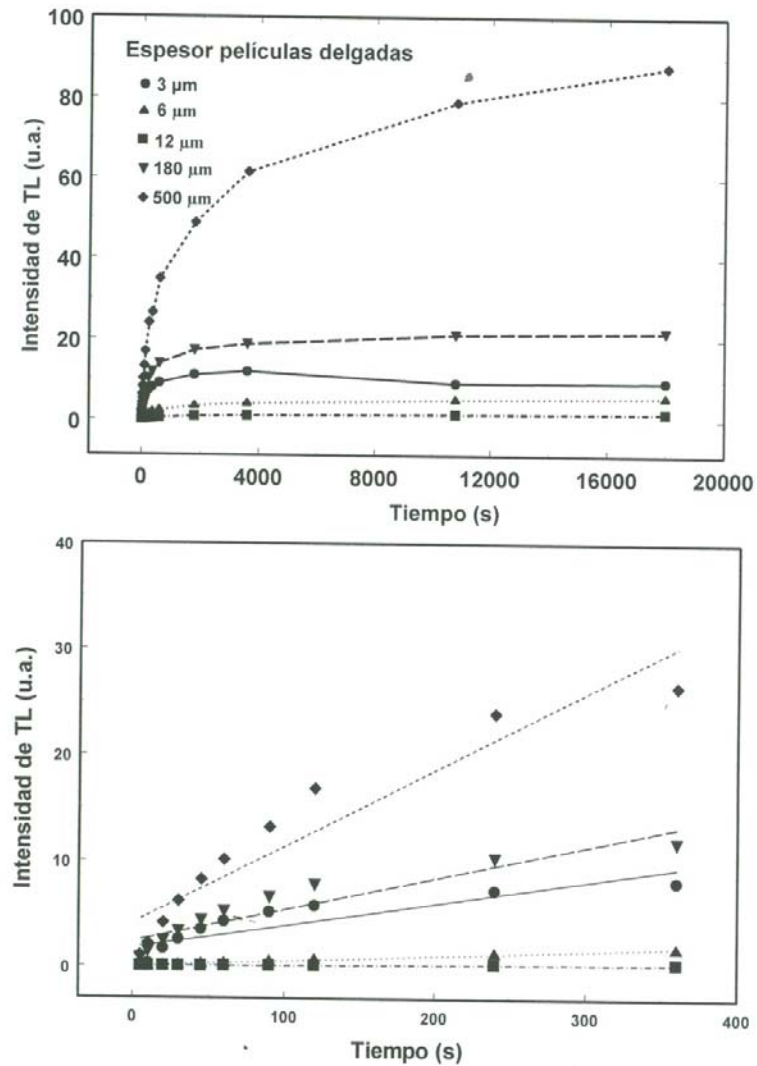


Figura 34. Arriba se muestra la termoluminiscencia integrada como función de la dosis UV. Las irradiaciones se efectuaron a temperatura ambiente. En la gráfica de abajo se muestra en detalle el comportamiento dosimétrico para tiempos menores a 400 s. (Barboza-Flores *et al*, 2003)

La respuesta a la dosis de las películas de 500 y 180 μm HFCVD es más intensa que la de las muestras MWCVD. Hay una respuesta significativa a la dosis en un rango de 4000 segundos de irradiación para la muestra de 3 μm respecto a las de 6 y 12 μm . En esta gráfica se observa también que existe una desviación de la conducta lineal cuando se alcanza un régimen de saturación en tiempos de exposición grandes para las muestras MWCVD. La muestra de 500 μm es la que tiene la mejor dependencia en la respuesta de TL a la dosis UV con dos regiones lineales y sin un aparente régimen de saturación.

Respecto a las muestras expuestas a la radiación β la figura 35 muestra las curvas de TL que presentan características similares respecto a las muestras irradiadas con luz UV. En esta figura se muestran las curvas TL para las muestras de 180 y 500 μm expuestas a 1500 Gy de una dosis de radiación β , la cual exhibe un pico en 191 (con una cinética de segundo orden) y otro en 343 $^{\circ}\text{C}$ (con una cinética de primer orden). Además la figura también presenta las curvas de las muestras de 6 y 12 μm . Los picos de alta temperatura en los especímenes β -irradiados están desplazados alrededor de unos 20 $^{\circ}\text{C}$ respecto a las muestras irradiadas con UV. La causa de este comportamiento podría asociarse a la existencia de una respuesta diferente a la radiación debido a las condiciones morfológicas o estructurales de la superficie de las películas de diamante.

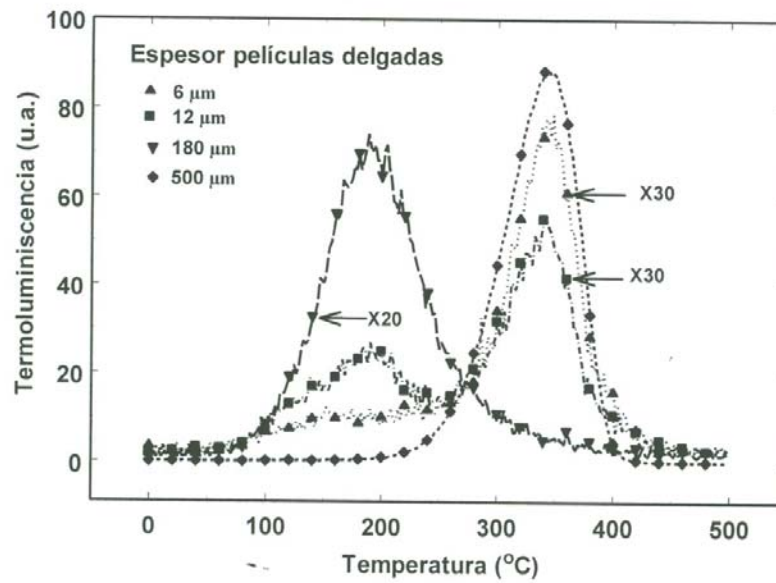


Figura 35. Curvas de termoluminiscencia de películas de diamante con espesores de 6, 12, 180 y 500 μm . Las muestras fueron irradiadas a temperatura ambiente con rayos β en un rango de 0.8 a 1500 Gy (Barboza-Flores *et al*, 2003).

Quizás la característica más importante de estas muestras expuestas a rayos β se exhibe en la figura 36, en la cual se observa un comportamiento dosimétrico adecuado para todas las muestras resaltando un amplio rango de linealidad respecto a la dosis que va hasta los 300 Gy, que es una dosis que está más allá de cualquier aplicación de radioterapia o clínica.

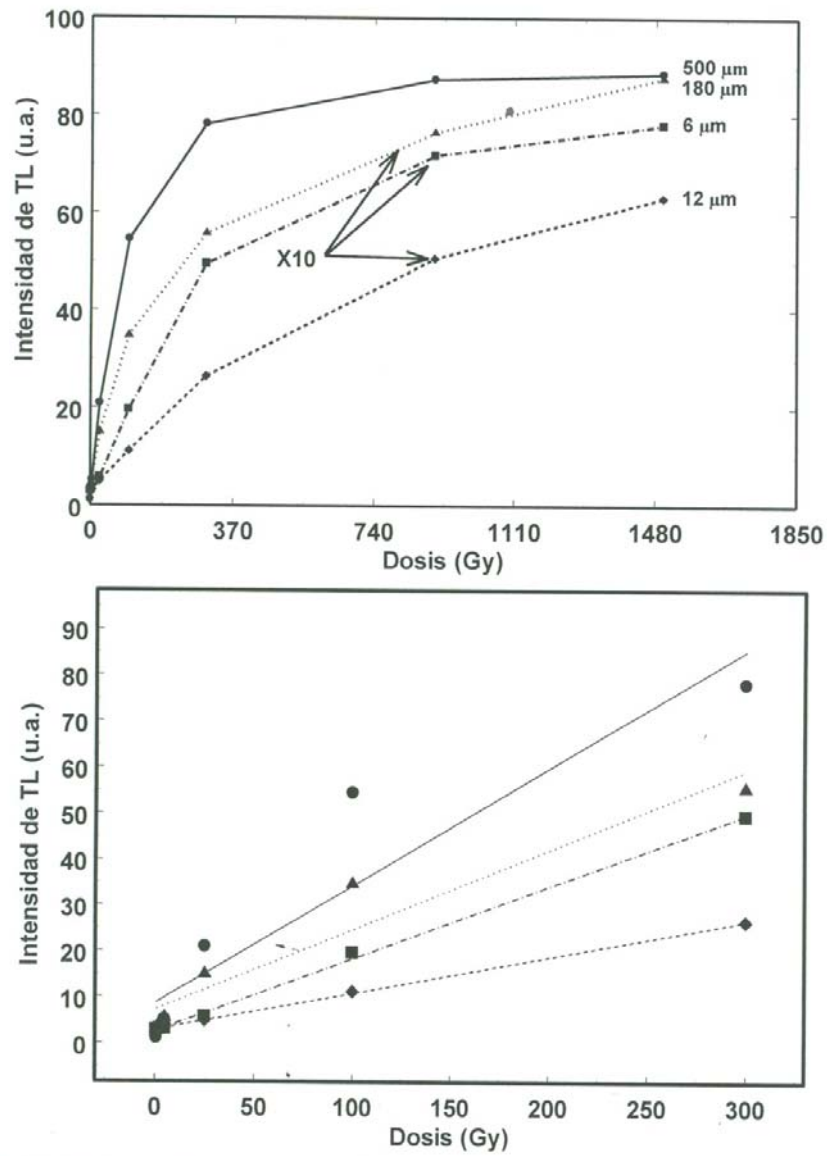


Figura 36. Arriba se muestra la termoluminiscencia integrada como función de la dosis β de irradiación. La irradiación se efectuó a temperatura ambiente. Abajo se presenta en detalle el comportamiento de la TL integrada para dosis β menores a 300 Gy. (Barboza-Flores *et al*, 2003).