

DOSIMETRIA DE RADIACIONES POR RPE SOBRE HUESO

Raúl GALLEGOS

Universidad de San Agustín, Arequipa, PERU

*Benjamín MARTICORENA **

Instituto Peruano de Energía Nuclear, Aptdo. 1687, Lima - Perú.

RESUMEN

Se estudia la intensidad de la absorción RPE en muestras de hueso de vacuno irradiadas con una fuente beta de Sr^{90} de 45 mCi. Se observa que la señal varía linealmente con la cantidad de radiación absorbida, por lo menos hasta un 1.5×10^6 Rads. Debido a este resultado positivo, puede preverse el empleo de hueso como dosímetro de radiaciones.

ABSTRACT

RPE absorption intensity over cow bone samples irradiated with a 45 mCi Sr^{90} beta source is studied. The signal is observed to vary lineary with the amount of absorbed radiation, at least until 1.5×10^6 Rads. Because of this positive result bone may be considered for being employed as radiation dosimeter.

INTRODUCCION

Es sabido que en una muestra de hueso sometida a irradiación gamma se observa señal paramagnética electrónica. Mascarenhas [1] ha observado también una señal paramagnética en hueso de rata in-vivo. Los centros paramagnéticos creados por la interacción de la radiación con el hueso son estables por lo menos hasta los 21 días posteriores a la irradiación [1]. Estas condiciones sugieren la posibilidad de usar el hueso como dosímetro de radiación, siendo preciso antes establecer la linealidad de la producción de centros paramagnéticos con la cantidad de radiación recibida, así como la independendencia de la magnitud de la señal RPE con la energía de los gamma dentro de un rango de valores de ésta.

CONCEPTOS BASICOS Y ASPECTOS EXPERIMENTALES

Los requisitos que se exige a un material para ser empleado como dosímetro son el que los efectos medibles que en él crea la irradiación sean estables en el tiempo; que tales efectos

(*) Dirección actual, Universidad Ricardo Palma, Aptdo. 138, Lima—PERU.

tos sean una función lineal de la intensidad de radiación recibida; que los mismos no dependan de la energía de la irradiación, al menos dentro de un rango extenso de valores de ella y que tenga una sensibilidad alta a la radiación, de manera que pueda ser usado con dosis intermedias y bajas tanto como con altas dosis.

La corteza del hueso tiene una estructura mineral bastante compleja basada en el hidroxiapatito, que es una forma de fosfato de Calcio cristalino [2] agregada a la componente orgánica. No hay evidencia sobre la naturaleza de los centros paramagnéticos creados por irradiación en muestras de hueso. El Calcio ionizado u otros centros en la estructura de la apatita alterada podrían ser responsables de la señal RPE que aparece luego de la irradiación.

Una señal RPE de hueso irradiado es la mostrada en la figura 1. La similitud de esta señal con la que ofrece un hueso fósil sometido a radiación proveniente de su entorno [3] durante su largo enterramiento (Fig. 2) nos lleva a concluir que la señal paramagnética debe ser explicada como un desequilibrio de spin en el sistema inorgánico del hueso, ya que la parte orgánica de la estructura del mismo ha desaparecido completamente en el espécimen fósil.

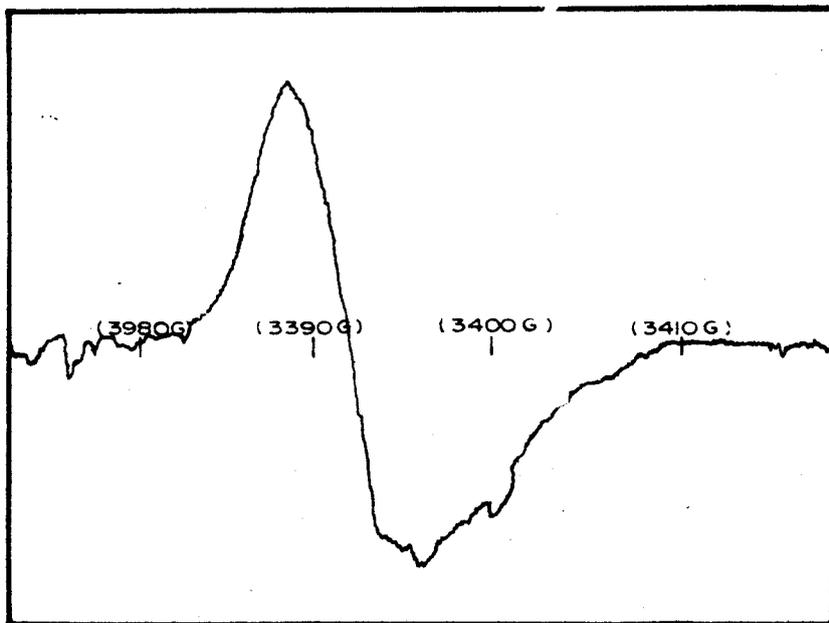


Fig. 1. Señal RPE en banda X para muestra de hueso de vacuno (corteza de la médula) luego de someterla a 8 horas de irradiación con una fuente beta de Sr-90. La parte derecha de la resonancia es más ancha que la parte izquierda, lo que denota la presencia de dos resonancias muy próximas una a la otra. Amplitud del registrador: 100 mV/pulg.

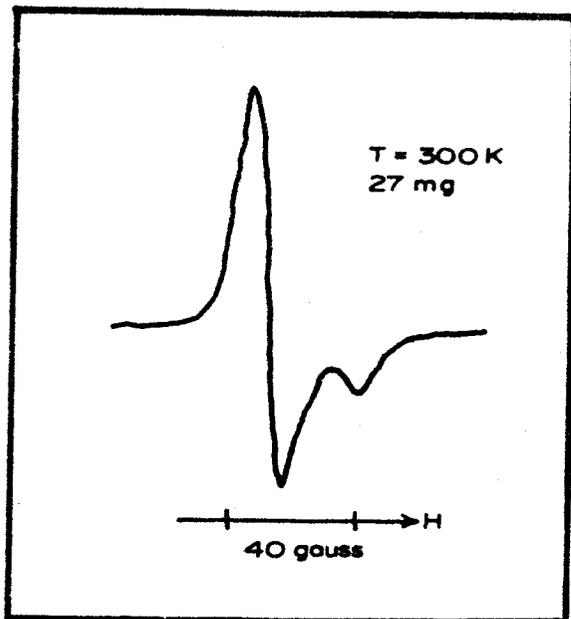


Fig. 2. Espectro RPE producido por 27 mg. de esmalte molar de ma. todonte de Ayusbamba.
 EL espectro es producido luego de irradiación con la misma fuente beta que la de la muestra de la figura 1.
 (Extraído de [3] con la autorización del autor).

En la figura 1 se observan dos resonancias cercanas, (de valores de g muy vecinos) alrededor de los 3400 G de campo estático externo en un espectrómetro RPE de banda X. Un calentamiento a baja temperatura ($T < 60^\circ \text{C}$) permite promediar el valor de g , mezclando los dos tipos de centros presentes en la muestra. Se ha observado que la señal resonante de una muestra sometida a calentamiento por un corto lapso luego de la irradiación da una absorción a partir de las dos iniciales.

En una primera serie de experiencias para probar en primer lugar la linealidad de la respuesta a la radiación hemos trabajado con radiación beta proveniente de una fuente de Sr-90 (45 mCi) situada a una distancia standar de la muestra (16 mm). La geometría de la muestra, así como la de la fuente es de discos de aproximadamente 1 cm de diámetro, ubicados paralelamente uno frente a otro a la distancia arriba indicada. La radiación beta que llega a la muestra es capaz de producir la ionización responsable de la generación de los centros paramagnéticos. Los electrones secundarios arrancados multiplican la acción ionizante inicial.

Cuando se desea observar el efecto de la radiación gamma, es preciso rodear la muestra de una caja maciza del mismo material (hueso), a fin de que los gamma ingresantes produzcan electrones secundarios, requeridos para la ionización. El mismo montaje se requiere para utilizar la muestra como dosímetro frente a una fuente de neutrones. En nuestros ensayos con radiación gamma (proveniente de la fuente de Co-60 de 1000Ci de la Dirección de Aplicaciones del IPEN) y con radiación de neutrones (proveniente del RP-0) hemos empleado una caja cilíndrica (Fig. 3) de hueso de 0.5 cm de espesor, aproximadamente. Al

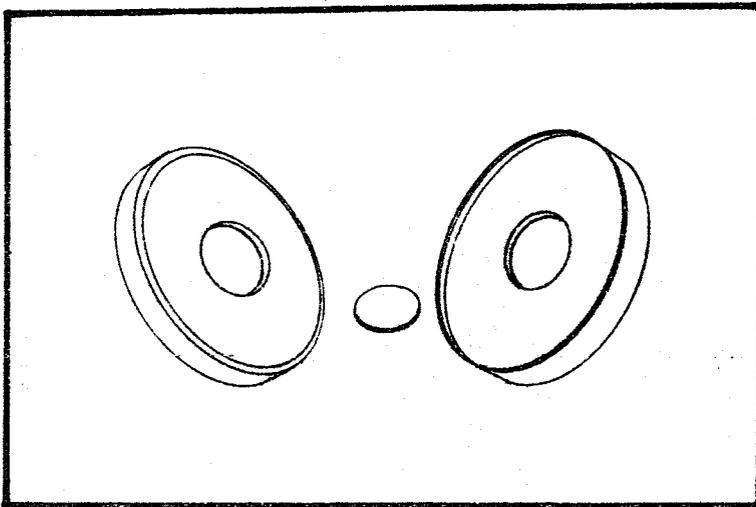


Fig. 3. Caja de hueso para irradiación gamma y neutrónica.

llevar las muestras irradiadas a medición en el espectrómetro RPE, no se ha observado señal, lo que indica que el espesor de la caja de hueso utilizada es aún insuficiente para producir electrones secundarios en número medible.

Por otro lado, para conocer la cantidad de radiación absorbida por la muestra de hueso se requerirá comparar esa absorción con la de un material ya conocido expuesto a la misma fuente.

El método termoluminiscente queda descartado para este fin por cuanto la muestra de hueso se calcina a la temperatura de 200°C. A aproximadamente 110°C aparece una señal TL en el hueso (Fig. 4), pero a tal temperatura los centros termoluminiscentes son extremadamente inestables, siendo destruidos progresivamente por la simple exposición a la luz diurna. Así, la transformación química del hueso (esencialmente la ruptura de los enlaces orgánicos por desoxigenación) impide que este método pueda ser empleado para calibrar la absorción de nuestra muestra.

RESULTADOS

Han sido corridas dos muestras de hueso en hojuelas. El cuadro que sigue da las características y los tiempos de radiación β (Sr-90) a que han sido sometidas.

Muestra	Peso (mg)	Tiempos de irradiación β (en horas) con fuente de Sr-90 (45 mCi)
Hueso No. 1	111.7	24, 48, 72, 96
Hueso No. 2	134.3	0, 1, 2, 3, 8

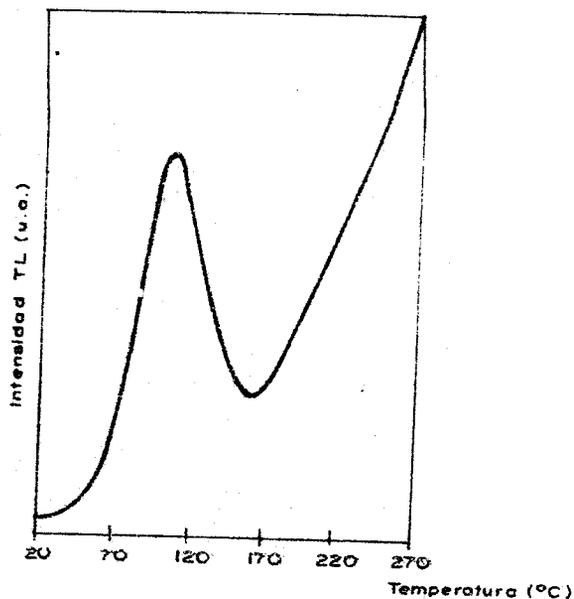


Fig. 4a. Señal termoluminiscente de una muestra de polvo de hueso (3 mg). Se observa un pico TL a baja temperatura (110 °C). A partir de 150 °C se produce una transición irreversible en la muestra. (Velocidad de calentamiento: 20 °C/seg. Tiempo de irradiación previa: 1 hora con fuente de Sr⁹⁰).

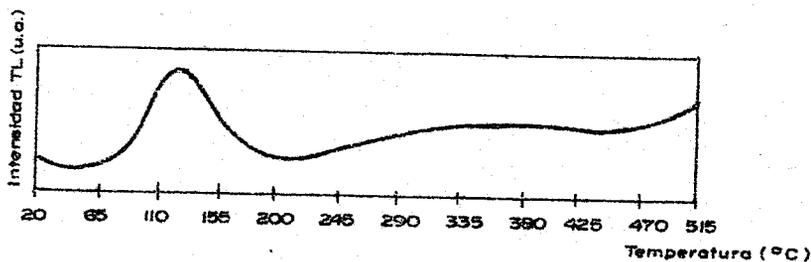


Fig. 4b. Señal termoluminiscente de una hojuela de hueso. La emisión TL a 110 °C se obtiene aquí como en la muestra en polvo. Debido a la baja conductividad térmica del material, puede observarse la emisión térmica de Stefan sobre los 450 °C.

La intensidad relativa de la señal RPE para estas muestras viene representada en la figura 5 en función del tiempo de irradiación β con la fuente de Sr-90 de 45 mCi.

Hemos observado asimismo cierta inestabilidad en los centros paramagnéticos. Cuando la medición RPE era realizada inmediatamente luego de la irradiación beta, la intensidad de la absorción no está aún estabilizada.

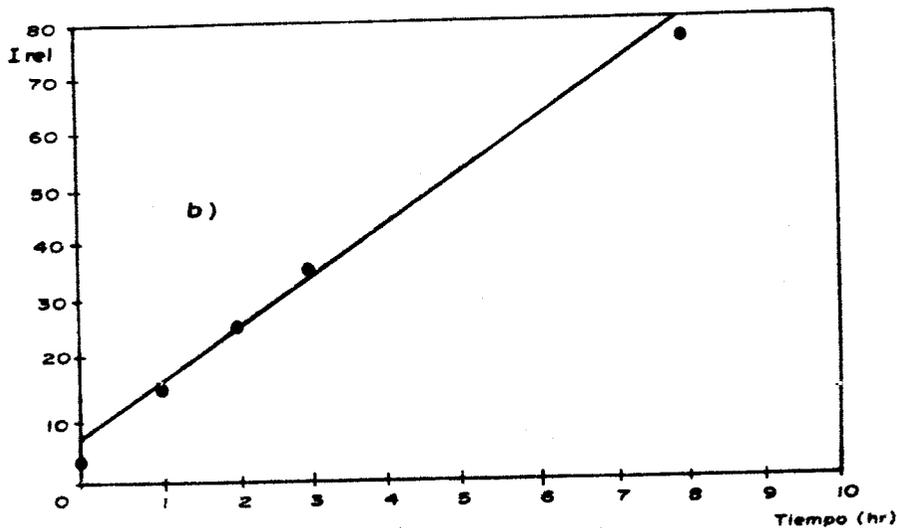
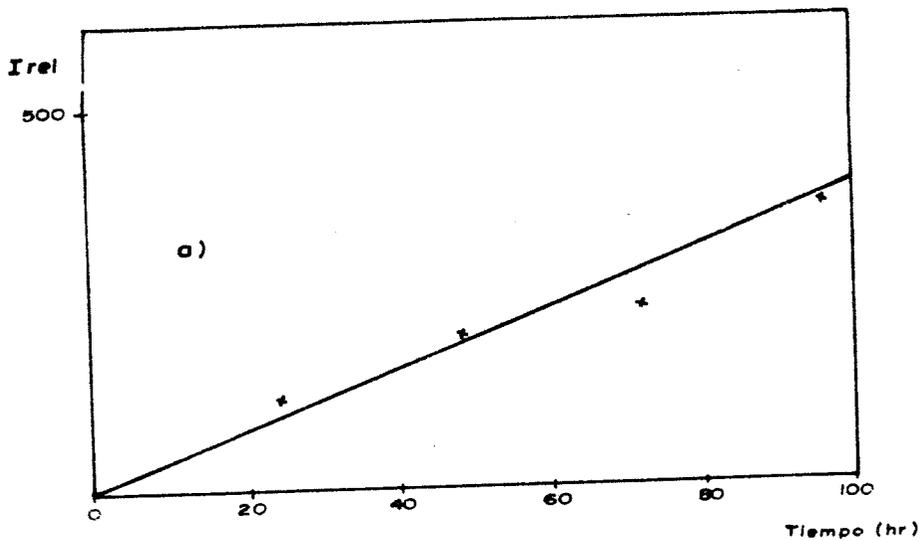


Fig. 5. Intensidad relativa de la absorción RPE para a) la muestra de hueso 1 y b) la muestra de hueso 2, en función del tiempo de irradiación con una fuente beta de Sr-90 (45 mCi.)

La estabilización parece producirse después de una hora de terminada la irradiación. Este comportamiento de los centros paramagnéticos queda sugerido por los puntos experimentales de la Fig. 6

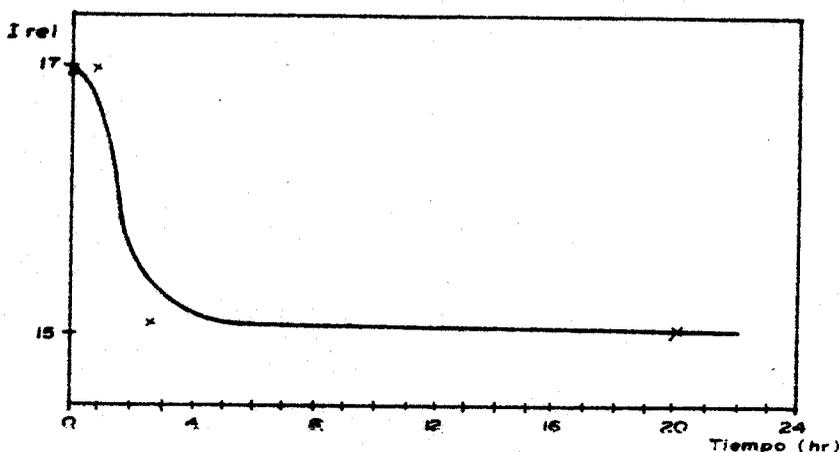


Fig. 6. Inestabilidad inicial de la intensidad de la resonancia para la muestra de hueso 1.

CONCLUSIONES

La linealidad entre el número de centros paramagnéticos creados por irradiación beta y la dosis de irradiación beta ha sido demostrada para dosis desde aproximadamente 3×10^3 Rads hasta 1.5×10^6 Rads. En efecto, la calibración de la fuente beta con el método temoluminiscente sobre una muestra de cuarzo y con referencia a una fuente patrón gamma de Viena (Austria) [4] empleando el método de normalización de Pernicka [5] nos dio como resultado que el cuarzo absorbe alrededor de 100 Rads/min de esa fuente. Si bien la absorción de la muestra de hueso es diferente que la de cuarzo, los límites de las dosis arriba indicados nos dan una idea bastante aproximada a los correspondientes a las muestras de hueso.

Hace falta continuar el trabajo para incluir el estudio de los efectos de irradiación gamma y neutrónica sobre la muestra de hueso, lo que como se ha visto requiere de un portamuestras que permita la aparición de electrones Compton. El estudio de la intensidad de la señal RPE en función de la energía de la radiación es también necesario.

REFERENCIAS

- [1] S. Mascarenhas et al., An. Acad. Brasil Cienc. 45 (1973) 157.
- [2] Lehninger, Bioquímica, Ed. Omega S.A. 4ta. reimpression, Barcelona 1981.
- [3] E. López Carranza, Revista Peruana de Física, 1 (1982), 324.
- [4] B. Marticorena, E. López Carranza, H. Barrientos, Revista Peruana de Física 1 (1981), 188.
- [5] E. Pernicka, G. A. Wagner, Ancient TL 6 (1979), Washington University.

Dosimetría de radiaciones por RPE sobre huesos por Raúl Gallegos,
Benjamín Marticorena se distribuye bajo una Licencia Creative
Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.