

CIVIL	
Nº 2	
AÑO 1982	

LIMITES DE VALIDEZ PARA LA METROLOGIA DE FUENTES DE RADIACION BETA A ESPESOR DE SATURACION.

Rafael Héctor RODRIGUEZ PASQUES

Comisión Nacional de Energía Atómica. Dirección de Radioisótopos y Radiaciones.

Sabemos, según Zumwalt y otros, que cuando se mide la actividad de una fuente radiactiva es aplicable la siguiente ecuación:

$$R = G I f_f f_{ai} f_w f_h f_b f_s f_B A$$

en que R es la actividad registrada por el instrumento; A la actividad absoluta de la fuente; G el "factor de geometría"; I la eficiencia intrínseca del detector y los valores f representan diversos efectos de absorción o dispersión sobre las radiaciones emitidas.

Evidentemente, la comparación correcta de los registros de actividad R de dos fuentes distintas exige que todos los factores f que multiplican a sus respectivas A se mantengan constantes. Esta condición no siempre es fácil de cumplir. No obstante, si las fuentes poseen espesor "infinito" o de saturación y no están cubiertas, la ecuación anterior se simplifica a

$$R = G I f_s f_B A$$

En efecto, los factores f_{ai} , f_w y f_h son externos y pueden ser incorporados en I, y los factores f_f y f_b carecen, para este caso, de sentido físico. En cambio, los factores f_s (de autoabsorción) y f_B (por contribución de Bremsstrahlung*) son propios de la fuente.

Si se hace $G I f_s f_B = \epsilon$ ("eficiencia"), se puede poner, brevemente:

$$R = \epsilon A \tag{1}$$

Las fuentes a espesor de saturación, que también son llamadas de espesor infinito, se preparan muy fácilmente, y constituyen por lo tanto un excelente procedimiento para determinar la actividad de preparados radionucleídicamente puros de emisores de radiación beta (Fig. 1).

* introducido por el autor

Una fuente de este tipo es sencillamente una fuente sólida o líquida relativamente gruesa, cuyo grosor x debe ser superior al alcance D de las partículas beta emitidas. Los calificativos "de saturación" o "infinito" aluden a la propiedad de que, habiéndose sobrepasado el alcance, por mucho que se aumente el espesor la actividad medida R permanece constante.

La limitación más importante del método consiste en que no se presta para la determinación de actividades bajas. Aparte de esto, existe el problema de si el método es aplicable a fuentes de un mismo radionucleído que difiera en composición química, como por ejemplo fuentes de carbono-14 constituidas por BaCO_3 , ácido oxálico, o bien sacarosa.

En general, la literatura sobre fuentes de espesor infinito es superficial, y se limita a afirmar que la actividad medida es sólo función de la actividad específica. Incluso en un artículo de Aten* se lee que las variaciones de composición química no influyen mucho sobre el resultado de la medición.

El autor de este artículo se vio ante el problema de la composición química. Experimentalmente pudo comprobar que contrariamente a lo supuesto, las diferencias de composición química influyen marcadamente sobre la actividad registrada. Para probarlo, mostramos un gráfico (Fig. 2) en que se representa la actividad de potasio-40 obtenida con diversas sales de potasio, preparadas como fuentes de espesor infinito: molidas a polvo fino y ligeramente compactadas en forma de pastillas de espesor mayor que el alcance de las partículas beta del K-40 (600 mg/cm^2). En abscisas se da la fracción másica o título, expresado como porcentaje, de potasio en cada compuesto, y en ordenadas las actividades medidas respectivas. Hay que notar que la actividad específica de K-40 es la misma en todas las fuentes. Se ve claramente la dependencia lineal con el porcentaje de potasio, a pesar de que la actividad específica es constante.

Una vez demostrado que la actividad registrada depende del porcentaje del radionucleído en la sustancia matriz, era necesario examinar si esta dependencia es predecible, y si es posible aplicar factores de corrección que permitan comparar fuentes químicamente diferentes. Como

* A. H. W. Aten, Jr., Nucleonics, Vol.6, N° 1, pp. 68-74 (1950)

consecuencia este autor emprendió una revisión teórica de los fundamentos del procedimiento, cuyos resultados se exponen a continuación, junto como su comprobación experimental.

Por definición: $D_m = \text{alcance másico} \equiv D \cdot \rho$

Partiendo del hecho experimental de que el alcance de partículas beta varía muy poco con el Z_{ef} del material absorbente se puede establecer que para absorbentes diferentes 1; 2; 3...

$$D_m = D_1 \rho_1 = D_2 \rho_2 = D_3 \rho_3 = \dots \quad (2)$$

Además se define, para el radionucleído q, del elemento químico Q:

$$a = \text{actividad específica de q} \equiv A/m_Q \quad (3)$$

Y en la capa emisora, de espesor D:

$$a = A'/m'_Q \quad (4)$$

También se define:

$$r = \text{fracción másica de Q} \equiv m'_Q/m' \quad (5)$$

Una vez sentadas estas ecuaciones básicas, consideramos los dos casos posibles:

I. Fuentes constituidas por sustancias puras (sólidas o líquidas):

De (1), (4) y (5):

$$R = \epsilon a r m'$$

Por otra parte:

$$m' = (D\rho)S; \text{ ó sea } m' = D_m S \quad (6)$$

Es decir:

$$R = \epsilon a r D_m S$$

Para dos fuentes diferentes 1 y 2:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\epsilon_1 a_1 r_1 D_{m_1} S_1}{\epsilon_2 a_2 r_2 D_{m_2} S_2}$$

que es la ecuación general para el caso I.

Generalmente S es constante, ϵ_1/ϵ_2 varía muy poco. Además vimos

que D_m es constante. Por lo tanto, para fuentes de diferente composición:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{a_1 r_1}{a_2 r_2}$$

En particular, cuando la composición es la misma,

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{a_1}{a_2}$$

como siempre se ha afirmado en la literatura. Esta última relación se comprobó experimentalmente preparando fuentes de fósforo-32, en que se varió la actividad específica (Fig.3).

II. Fuentes dispersas (mezclas, soluciones, suspensiones...)

En este caso es necesario tener en cuenta la concentración c del radionucleído emisor (Fig.4).

Con razonamientos análogos a los expuestos para el caso anterior llegamos a la ecuación general para comparar fuentes dispersas:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\epsilon_1 a_1 r_1 c_1 S_1}{\epsilon_2 a_2 r_2 c_2 S_2} \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

En particular, si el área S y la actividad específica no cambian, resulta, para una misma sustancia emisora:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{c_1 / \rho_1}{c_2 / \rho_2}$$

Esta relación también se comprobó experimentalmente utilizando fuentes que diferían marcadamente en la concentración de un soluto inactivo, y, por lo tanto, en la densidad (Fig.5). La concentración radiactiva, en cambio, se mantuvo constante. Se muestran los resultados de dos experimentos en que las fuentes, los detectores y otras condiciones experimentales eran diferentes.

En conclusión, cuando se tienen en cuenta los parámetros r , c y ρ , el procedimiento es válido dentro de límites muy amplios, y por lo tan-

to puede prestar gran utilidad. En particular, es muy conveniente el hecho de que aunque R dependa de la concentración, de la composición química y de la densidad, la aplicación de nuestras ecuaciones hace posible efectuar mediciones comparativas correctas entre fuentes química y físicamente diversas.

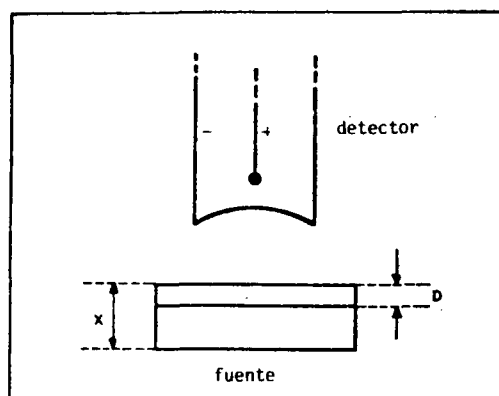


Fig. 1

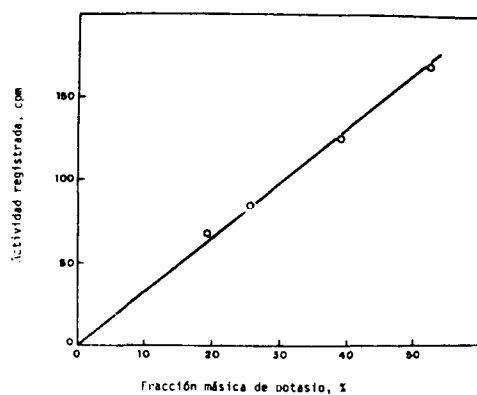


Fig. 2

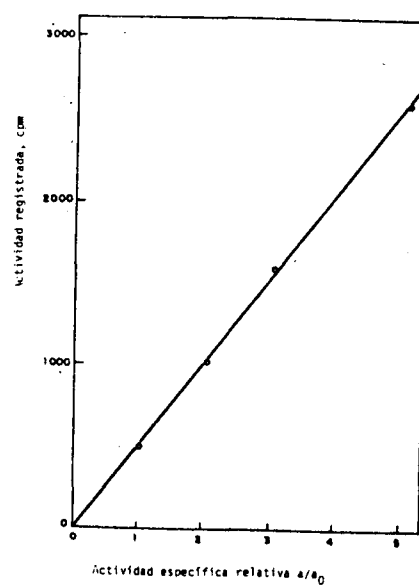


Fig. 3

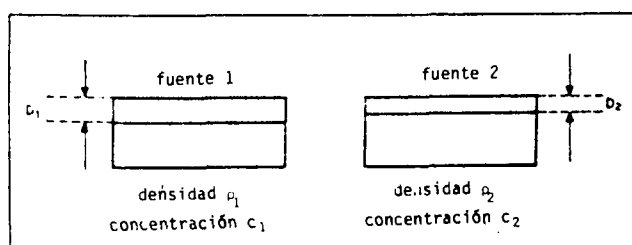


Fig. 4

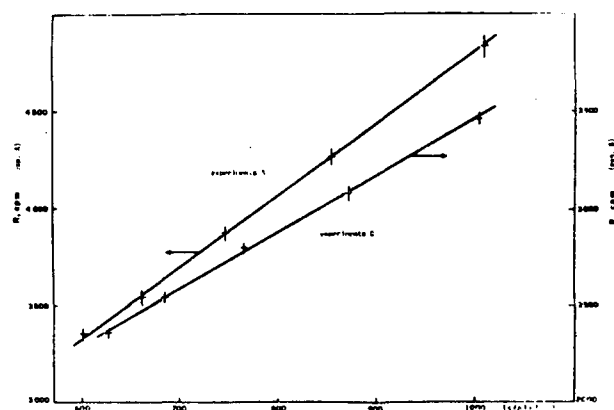


Fig. 5