

ASOCIACION ARGENTINA
DE TECNOLOGIA NUCLEAR



ACTAS
de la
VII REUNION CIENTIFICA

6 al 10 de noviembre de 1978

SAN RAFAEL
Provincia de Mendoza

EFICIENCIAS RELATIVAS DE DETECCION PARA RADIONUCLEIDOS
GENETICAMENTE RELACIONADOS

Por R.H.RODIGUEZ PASQUES* Y J.G.FLEGENHEIMER**.
Comisión Nacional de Energía Atómica.

INTRODUCCION

En la mayoría de las mediciones de radiactividad la fracción de actividad total registrada es inferior al 100%. Generalmente es suficiente realizar mediciones comparativas, para, para lo cual sólo se necesita preservar los factores de eficiencia. Si se requieren valores absolutos, es necesario utilizar dispositivos elaborados, como el contador 4π o un sistema de coincidencias.

Un caso de interés particular está constituido por la medición de actividad de mezclas de radionucleídos genéticamente relacionados, como por ejemplo $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$, o $^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{Tc}$. Dado que la presencia de las diferentes especies es inevitable, lo apropiado es determinar la contribución fraccionaria de cada especie a la actividad medida total.

En este trabajo se establecen teóricamente esas contribuciones mediante la aplicación de las leyes formales de las transformaciones radiactivas en función del tiempo. Este método permite conocer la sensibilidad relativa del sistema de medición respecto de las radiaciones características de los nucleídos presentes. También es posible determinar, con buena seguridad, cuál es el valor de actividad registrada que corresponde al nucleído madre en estado puro.

TEORIA

Consideramos el caso de dos radionucleídos genéticamente relacionados ("pares genéticos") que puedan ser separados entre sí por procedimientos químicos: $A_1 \rightarrow A_2$, en que A repre-

*Comisión Nacional de Energía Atómica.

** Casilla de Correo 275. Necochea (Bs.As)

senta actividad absoluta. Designemos la actividad medida (registrada) por a , con la condición

$$A_1 = C_1 A_1 ; a_2 = C_2 A_2 ; \quad (1) \quad (1')$$

en que C es la eficiencia de medición del isótopo respectivo en las condiciones experimentales reales. La actividad registrada total, en el instante

$$t, \text{ es } a(t) = a_1(t) + a_2(t) = C_1 A_1(t) + C_2 A_2(t); \quad (2)$$

En el instante $t=0$, en que el nucleído madre está perfectamente libre de nucleído hijo:

$$a(0) = a_1(0) = C_1 A_1(0)$$

Teniendo en cuenta las leyes temporales de la radiactividad:

$$a(t) = C_1 A_1(0) e^{-\lambda_1 t} + C_2 A_1(0) \frac{T_1}{T_1 - T_2} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}); \quad (4), \text{ en que } \lambda \text{ es constante y } T \text{ período de desintegración radiactiva.}$$

1er. caso. El nucleído madre tiene período más largo que el nucleído hijo: $T_1 > T_2$. (Figura 1). Después de un intervalo largo en comparación con el período T_2 del nucleído hijo, la disminución de actividad es puramente exponencial (estado de equilibrio "transitorio") y está representada, en el gráfico semilogarítmico, por la recta I. La ecuación (4), en esas condiciones, puede escribirse

$$a'(t) = a_1(0) e^{-\lambda_1 t} \left[1 + \frac{T_1}{T_1 - T_2} \frac{C_1}{C_2} \right] \quad (5)$$

Extrapolando esa recta hacia el origen se obtiene:

$$a'(0) = a_1(0) \left[1 + \frac{T_1}{T_1 - T_2} \frac{C_1}{C_2} \right] \text{ (representado por el punto P).}$$

Por otro lado, cuando $t=0$, la actividad registrada total es $a(0) = a_1(0)$; (6) (representada por el punto Q).

De (5) y (6) resulta la relación de eficiencias:

$$F = \frac{C_2}{C_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \frac{a'(0) - a(0)}{a(0)}; \quad (7)$$

Caso B. El nucleído madre tiene un período más corto que el hijo: $T_1 < T_2$ (Fig. 2).

En este caso, para $t \gg T_1$ la curva es también exponencial, representada por la recta II. Cuando el nucleído madre se ha "desintegrado", la ecuación (4) resulta:

$$a'(t) = \frac{C_2}{C_1} a_1(0) \frac{T_1}{T_2 - T_1} e^{-\lambda_2 t}; \quad (8)$$

Extrapolando esta recta hasta el origen, (8) se transforma en:

$$a'(0) = \frac{C_2}{C_1} a_1(0) \frac{T_1}{T_2 - T_1}; \quad (9) \text{ (punto M)}$$

Por otro lado, la actividad inicial medida total es

$$a(0) = a_1(0); \quad (10) \text{ (punto N)}$$

Combinando (9) y (10) resulta:

$$F = \frac{C_2}{C_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \frac{a'(0)}{a(0)}; \quad (11)$$

Como en el primer caso, los valores $a(0)$ y $a'(0)$ son experimentales.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los valores y resultados correspondientes a las distintas experiencias se presentan en el cuadro 1. El procedimiento fue aplicado a la determinación de relaciones de eficiencias de medición para los pares genéticos ^{148}Ba - ^{140}La , ^{144}Ce - ^{144}Pr , ^{90}Sr - ^{90}Y y ^{77}Ge - ^{77}As con contador Geiger-Müller, y para el par ^{99}Mo - ^{99}Tc , con "calibrador de dosis", es decir cámara de ionización reentrante, llena con gas a presión. (Figs. 3,4 y 5).

En el caso del par Sr-Y se estudió la influencia de la posición geométrica de la fuente respecto del contador, observándose que no sigue una ley monótona, debido seguramente a despareja importancia de los efectos secundarios, tales como retrodispersión, absorción por el aire interpuesto, etcétera.

En los casos de los pares Ce/Pr, Ge/As y Mo/Tc el valor inicial $a(0)$ no se obtuvo experimentalmente porque las muestras respectivas se comenzaron a medir con retraso respecto del momento de la separación química.

Sin embargo, puede demostrarse que la diferencia entre la "recta" extrapolada (8) y la curva experimental da la función exponencial $a' - a = \frac{C_2}{C_1} \frac{T_1}{T_1 - T_2} a_1(0) e^{-\lambda_2 t}$, representada en el gráfico semilogarítmico por una recta fácil de extrapolar con buena precisión. (Fig. 3 para Ce/Pr, y Fig. 5 para Mo/Tc).

A tiempo cero, la diferencia toma el valor $a'(0) - a(0)$ que se representa por el punto R. El valor $a(0)$ buscado no es o-

tra cosa que la diferencia entre $P(6M)$ y R .

La relación de eficiencias del par ^{99}Mo - ^{99m}Tc en calibrador de dosis es imprescindible para realizar el ensayo de la proporción de actividad de molibdeno contenida en un preparado de ^{99m}Tc . Las especificaciones radiofarmacéuticas internacionales establecen que dicha proporción no debe ser mayor que 1 en 1000.

El ensayo se efectúa midiendo el preparado dos veces:

- 1) rodeado por una camisa de plomo de 5 ó 6 mm de espesor, que absorbe las radiaciones blandas de ^{99m}Tc . Se lee L_{Mo} .
- 2) sin camisa: en este caso se registra actividad de ambos nucleidos, con relación de eficiencias, F , determinable por ejemplo, según el presente trabajo. Se lee L_T .
- 3) por otro lado con solución purificada de ^{99}Mo se ha determinado la relación $f \equiv \frac{R_{Mo}}{L_{Mo}}$.

La relación de actividades absolutas $\frac{A_{Mo}}{A_{Tc}}$; que interesa, se puede obtener así:

$$F \equiv \frac{C_{Tc}}{C_{Mo}} = \frac{R_{Tc}}{A_{Tc}} \cdot \frac{A_{Mo}}{R_{Mo}}$$

$$F = \frac{A_{Mo}}{A_{Tc}} \cdot \frac{R_{Tc}}{R_{Mo}} \quad \therefore \quad \frac{A_{Mo}}{A_{Tc}} = F \cdot \frac{R_{Mo}}{R_{Tc}}$$

$$\text{Pero } R_{Tc} = L_{Tc} - R_{Mo}$$

$$\text{y } R_{Mo} = f \cdot L_{Mo}$$

$$\text{De donde } \frac{A_{Mo}}{A_{Tc}} = F \cdot \frac{f \cdot L_{Mo}}{L_{Tc} - f \cdot L_{Mo}}$$

CASO	PAR GENETICO	DETECTOR	POSICION GEOMETRICA	RELACION DE EFICIENCIAS
A	$^{140}\text{Ba}-^{140}\text{La}$	Geiger-Muller	1a	$(\text{La})/(\text{Ba})=2,1$
"	$^{144}\text{Ce}-^{144}\text{Pr}$	" "	1a	$(\text{Pr})/(\text{Ce})=5,7$
"	$^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$	" "	1a	$(\text{Y})/(\text{Sr})=1,47$
"	" "	" "	2a	$(\text{Y})/(\text{Sr})=1,42$
"	" "	" "	3a	$(\text{Y})/(\text{Sr})=1,59$
B	$^{77}\text{Ge}-^{77}\text{As}$	" "	2a	$(\text{As})/(\text{Ge})=0,68$
A	$^{99}\text{Mo}-^{99\text{m}}\text{Tc}$	Calibrador de Dosis	--	$(\text{Tc})/(\text{Mo})=1,35$

EFICIENCIAS RELATIVAS . CUADRO N°1









