

**Técnico Superior
en Imagen para
el Diagnóstico y
Medicina Nuclear**

Técnicas de radiofarmacia

Coordinadores

*Francisco Javier de Haro
del Moral
Concepción González
Hernando*

ARÁN



Autores

Coordinadores

Francisco Javier de Haro del Moral

Licenciado en Medicina y Cirugía. Especialista en Medicina Nuclear.

Médico Adjunto del Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid.

Experto en Radiofarmacia. Responsable Jefe del Laboratorio de Radioinmunoensayo, Radioquímica y Radiofarmacia del Hospital Universitario Clínica Puerta de Hierro. Majadahonda. Madrid.

Profesor del Centro Profesional Específico Puerta de Hierro de Majadahonda, Madrid.

Profesor del Centro de Estudios Profesionales Santa Gema, Madrid

Concepción González Hernando

Jefa de Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda, Madrid.

Radióloga Hospitales de Madrid Montepíncipe.

Jefa de Estudios. Centro de Formación de Técnicos de Imagen para el Diagnóstico (TSID). Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda, Madrid.

Profesora de Radiología. Universidad Autónoma de Madrid

Autores

Carmen Escalada Pastor

Licenciada en CC. Físicas. Especialista en Radiofísica Hospitalaria Física. Adjunta del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica. Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid

Antonio Fernández Sánchez

Licenciado en Farmacia. Especialista en Radiofarmacia. Farmacéutico Adjunto del Servicio de Medicina Nuclear. Hospital Central de la Defensa de Madrid

Francisco Javier de Haro del Moral

Licenciado en Medicina y Cirugía. Especialista en Medicina Nuclear. Médico Adjunto. Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. Profesor del Centro Profesional Específico Puerta de Hierro de Majadahonda. Profesor del Centro de Estudios Profesionales Santa Gema. Madrid

Bárbara Martínez de Miguel

Licenciada en Farmacia. Especialista en Radiofarmacia. Farmacéutica Adjunta del Servicio de Medicina Nuclear. Hospital La Paz. Madrid

José Antonio Ruiz Guijarro

Licenciado en CC. Físicas. Experto en Tecnología PET. Coordinador de la Unidad de Imagen Molecular del Centro de Investigaciones Médico Sanitarias CIMES. Universidad de Málaga (UMA)

Alicia Sánchez Lajusticia

Licenciada en Medicina y Cirugía. Especialista en Medicina Nuclear. Médico Adjunto del Servicio de Medicina Nuclear. Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. AHU Médecine Nucléaire en CHU Hôpital Nord Saint Étienne, France. Profesor del Centro Profesional Específico Puerta de Hierro de Majadahonda. Madrid

Índice

Capítulo 1

| | |
|---|----|
| Aplicación del procedimiento de obtención de los radiofármacos | 13 |
| 1. Bases químicas y radiofarmacéuticas de la medicina nuclear | 14 |
| 2. Recepción de radiofármacos..... | 19 |
| 3. Almacenamiento | 21 |
| 4. Producción de radionúclidos | 22 |
| 5. Generadores de radionúclidos | 30 |
| 6. El activímetro | 34 |
| 7. Control de calidad del generador | 37 |

Capítulo 2

| | |
|--|----|
| Determinación del procedimiento de marcaje del radiofármaco | 51 |
| 1. Los radiofármacos..... | 52 |
| 2. Gestión de existencias y condiciones de almacenamiento..... | 61 |
| 3. Marcaje de kits fríos..... | 61 |
| 4. Técnicas de marcaje celular | 64 |
| 5. La dispensación del radiofármaco..... | 68 |
| 6. Control de calidad | 69 |

Capítulo 3

| | |
|---|-----|
| Aplicación de técnicas de radioinmunoanálisis | 79 |
| 1. Aplicación de técnicas de radioinmunoanálisis | 80 |
| 2. Concepto y fundamentos teóricos de los inmunoanálisis..... | 81 |
| 3. Fundamentos teóricos de los radioinmunoanálisis | 85 |
| 4. Recepción, conservación y almacenamiento de muestras biológicas | 87 |
| 5. Reactivos principales: anticuerpos, trazadores, calibradores y métodos de separación de las fracciones unida y libre | 88 |
| 6. El procedimiento analítico | 93 |
| 7. Contadores de pozo. Características..... | 99 |
| 8. El control de calidad del radioinmunoanálisis | 104 |
| 9. Conclusión | 106 |

Capítulo 4

| | |
|--|-----|
| Preparación del tratamiento radioisotópico | 117 |
| 1. Fundamentos de terapia metabólica..... | 118 |
| 2. Tratamiento del dolor metastásico óseo | 120 |
| 3. Radiosinoviotesis | 122 |
| 4. Tratamiento del hipertiroidismo..... | 125 |
| 5. Tratamiento del carcinoma diferenciado de tiroides..... | 127 |
| 6. Otros tratamientos radioisotópicos..... | 129 |

Capítulo 5

| | |
|---|-----|
| Medidas que hay que adoptar en las unidades de terapia metabólica | 139 |
| 1. Estructura, organización y funcionamiento de una unidad de tratamiento..... | 140 |
| 2. Sistemas de vigilancia y control de la unidad..... | 148 |
| 3. Sistema de recogida, almacenamiento y vertido controlado de excretas | 152 |
| 4. Principales situaciones críticas que se pueden dar en una unidad de terapia metabólica (UTM). Plan de emergencias..... | 154 |
| 5. Consideraciones..... | 158 |
| | |
| Soluciones “Evalúate tú mismo” | 167 |



capítulo

I

APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE LOS RADIOFÁRMACOS

*José Antonio Ruiz Guijarro,
Francisco Javier de Haro del Moral,
Bárbara Martínez de Miguel,
Alicia Sánchez Lajusticia*

Sumario

1. Bases químicas y radiofarmacéuticas de la medicina nuclear
2. Recepción de radiofármacos
3. Almacenamiento
4. Producción de radionúclidos
5. Generadores de radionúclidos
6. El activímetro
7. Control de calidad del generador

Este capítulo pretende dar a conocer los **fundamentos químicos de la medicina nuclear**. Se identificarán los **conceptos de radiotrazador y radiofármaco**, se explicará el origen y las características de los **radionúclidos** utilizados en medicina nuclear, así como **la estructura de un generador y el proceso de elución**. Se enseñará a realizar el cálculo de la actividad que se puede eluir en un momento determinado, así como a realizar el **control de calidad** del mismo. Finalmente, pretende explicar la estructura y el funcionamiento del **activímetro** y realizar el control de calidad del mismo.

I. BASES QUÍMICAS Y RADIOFARMACÉUTICAS DE LA MEDICINA NUCLEAR

I.1. Fundamentos químicos

Para la realización de los estudios de medicina nuclear (gammagrafías) se utilizan trazadores radiactivos. Estos permiten obtener la imagen del órgano estudiado gracias a su afinidad por dicho órgano. De esta forma se puede captar desde el exterior la radiación emitida por el trazador radiactivo acumulado en el órgano y obtener una imagen morfofuncional del mismo.

Para que un determinado compuesto pueda ser empleado con esta finalidad se requieren una serie de propiedades físicas y químicas similares al del resto de los medicamentos que usamos rutinariamente. Algunas de las más importantes son:

- 】 **Afinidad elevada por el órgano** que se desea estudiar. Cuanta más cantidad de agente que va a dar lugar a la imagen se deposite en el órgano, mejor contraste y mejor calidad tendrá la imagen obtenida.
- 】 **Especificidad elevada** para que el compuesto no se una a otras moléculas u órganos que no son de interés en nuestro estudio. Esto es especialmente importante cuando el agente empleado es radiactivo, ya que no es deseable exponer a la radiación órganos que no son objeto del estudio o que pueden ser radiosensibles.
- 】 **La biodistribución y cinética** del compuesto debe corresponderse con el proceso bioquímico que tratamos de estudiar y, además, debe perdurar en el tiempo lo suficiente para poder ser estudiado con los medios de imagen.



RECUERDA QUE

Un trazador radiactivo es aquella sustancia radiactiva que se utiliza en cantidades despreciables o "trazas".

Los radionúclidos naturales forman **familias o series radiactivas** que aglutinan la mayor parte de los radionúclidos naturales y que son el resultado de la existencia de forma natural de sustancias que, al desintegrarse, dan lugar a otros elementos radiactivos y, a su vez, estos se desintegran y dan lugar a otros que también lo son. Hay **cuatro grandes familias: serie del torio, serie del radio, serie del actinio y serie del neptunio**. Todas ellas terminan en un isótopo estable del plomo y están constituidas por cientos de radionúclidos distintos (Tabla 1).

Series radiactivas naturales

TABLA 1

| Serie del torio | | Serie del radio | | Serie del actinio | | Serie del neptunio | |
|-----------------|---------------------------------------|-----------------|--|-------------------|--|--------------------|------------------------|
| Núclido | Modo de desintegración | Núclido | Modo de desintegración | Núclido | Modo de desintegración | Núclido | Modo de desintegración |
| Th 232 | α | U 238 | α | Pu 239 | α | Pu 241 | β^- |
| Ra 228 | β^- | Th 234 | β^- | U 235 | α | Am 241 | α |
| Ac 228 | β^- | Pa 234 | β^- | Th 231 | β^- | Np 237 | α |
| Th 228 | α | U 234 | α | Pa 231 | α | Pa 233 | β^- |
| Ra 224 | α | Th 230 | α | Ac 227 | β^- 98,62 % α 1,38 % | U 233 | α |
| Rn 220 | α | Ra 226 | α | Th 227 | α | Th 229 | α |
| Po 216 | α | Rn 222 | α | Fr 223 | β^- | Ra 225 | β^- |
| Pb 212 | β^- | Po 218 | α 99,98 % β^- 0,02 % | Ra 223 | α | Ac 225 | α |
| Bi 212 | β^- 64,06 % α 35,94 % | At 218 | α 99,90 % β^- 0,10 % | Rn 219 | α | Fr 221 | α |
| Po 212 | α | Rn 218 | α | Po 215 | α 99,99977 % β^- 0,00023 % | At 217 | α |
| Tl 208 | β^- | Pb 214 | β^- | At 215 | α | Bi 213 | α |
| Pb 208 | . | Bi 214 | β^- 99,98 % α 0,02 % | Pb 211 | β^- | Tl 209 | β^- |
| | | Po 214 | α | Bi 211 | α 99,724 % β^- 0,276 % | Pb 209 | β^- |
| | | Tl 210 | β^- | Po 211 | α | Bi 209 | α |
| | | Pb 210 | β^- | Tl 207 | β^- | Tl 205 | . |
| | | Bi 210 | β^- 99,99987 % α 0,00013 % | Pb 207 | . | | |
| | | Po 210 | α | | | | |
| | | Tl 206 | β^- | | | | |
| | | Pb 206 | . | | | | |

agua y generar energía eléctrica. Una vez iniciada la fisión por un neutrón externo, los nuevos neutrones liberados son capaces de continuar la fisión de otros núcleos de ^{235}U , por lo que la reacción se mantiene por sí misma (reacción en cadena). Precisamente, la clave de la seguridad del reactor nuclear es su **capacidad para controlar esta reacción en cadena** que puede resultar extremadamente peligrosa si evolucionara sin control. Para ello incorpora **moderadores**, como el agua o el grafito, que disminuyen el número y la energía de neutrones rápidos, manteniendo las condiciones ideales para proseguir la fisión del ^{235}U de forma controlada. Todo este proceso tiene lugar en el interior de la vasija del **reactor** de la central nuclear construida en hormigón y diseñada para actuar como elemento de contención en caso de accidente (Figura 2).

Del mismo modo que se bombardea el ^{235}U , pueden fisionarse otros elementos, obteniéndose radionúclidos de interés en medicina nuclear. La reacción de fisión se induce por el efecto de un neutrón que penetra en el núcleo atómico y se incorpora transitoriamente a este. El exceso de masa y energía que recibe el núcleo hace que las partículas de este se reacomoden provocando la expulsión de algún tipo de radiación con el objetivo de alcanzar un estado de menor energía (mayor estabilidad).

Las reacciones nucleares se formulan esquemáticamente de la siguiente forma: a la izquierda se

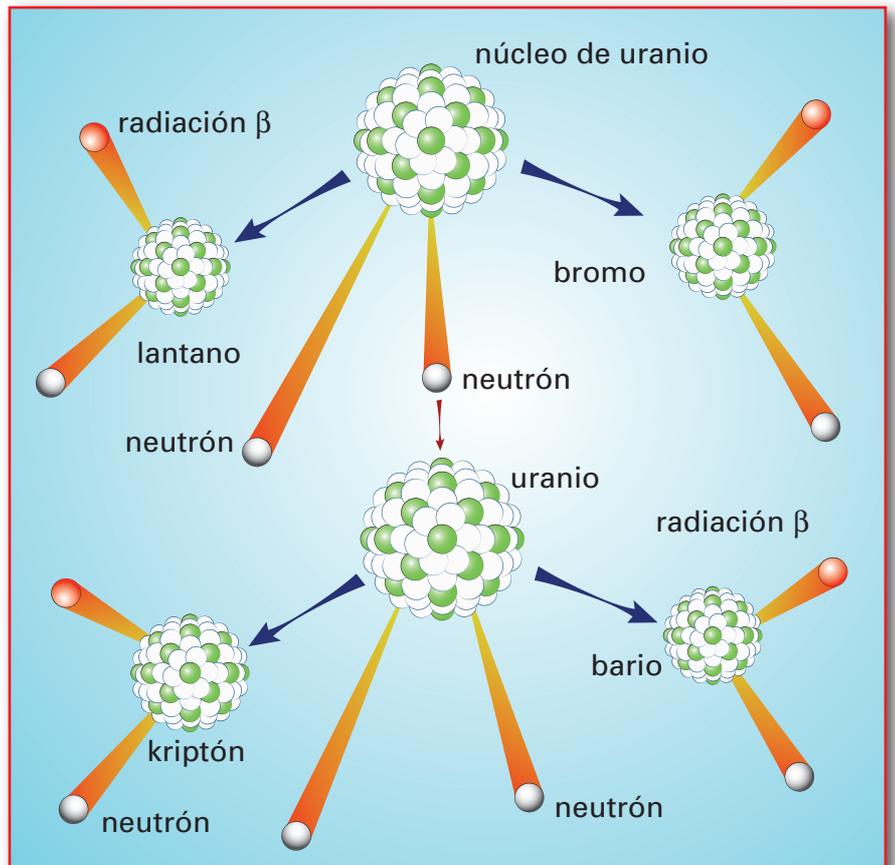


Figura 1. Reacción de fisión nuclear.

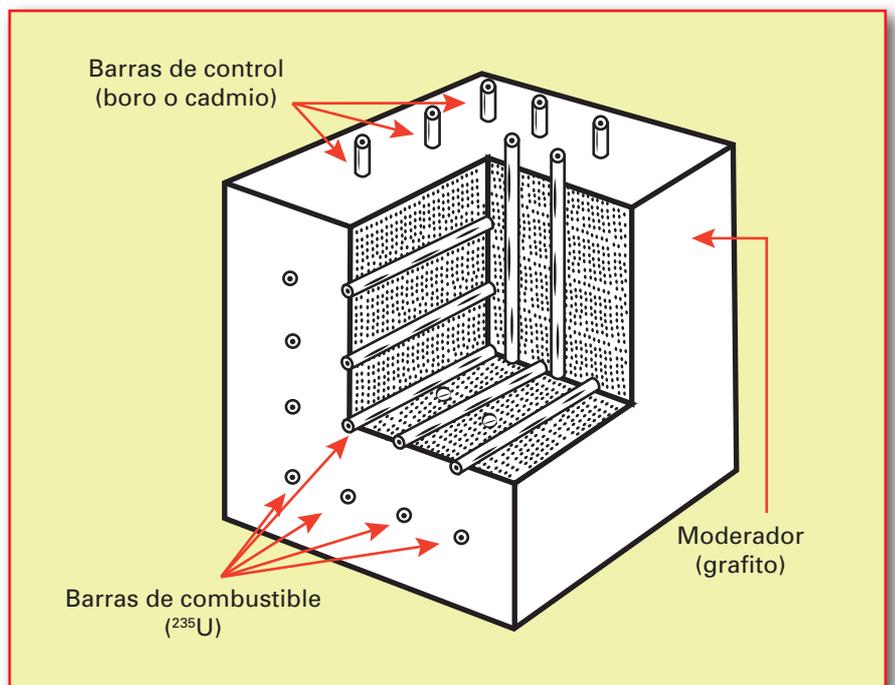


Figura 2. Esquema de un reactor: el reactor nuclear consiste en un gran bloque de grafito (que actúa de moderador) en el cual, a través de unos canales, se insertan las barras del combustible nuclear (uranio), las barras de control (de boro o cadmio) o las barras del blanco a bombardear.

4.2.2. Ciclotrones

Los ciclotrones son un tipo concreto de **aceleradores** que presentan ciertas características que les hacen interesantes para la fabricación de elementos emisores de positrones. El tamaño de un ciclotrón depende de la energía final de la partícula que se acelera y, por ello, existen ciclotrones grandes o industriales y pequeños o de aplicación médica (*baby cyclotron*).

Los ciclotrones para producir radionúclidos PET (Figura 3) son pequeños, ya que se necesita una energía relativamente baja (10 a 18 MeV). Son **baratos** comparados con otros aceleradores y son técnicamente **bastante sencillos y robustos**. A diferencia de los aceleradores lineales, **funcionan de forma resonante**. Es decir, la partícula acelerada alcanza su energía final a base de impulsos, describiendo una trayectoria en espiral dentro de la cámara del ciclotrón, que se encuentra sometida a alto vacío (Figura 4). También en el interior de la cámara se encuentra la **fuerza de iones**, donde se inyecta el gas con las partículas a acelerar, los **electrodos** (llamados D por su aspecto) y el **sistema de extracción del haz** hacia los *targets* o blancos. Los electrodos están sometidos a una diferencia de potencial cuya misión es acelerar las partículas cargadas (ión hidruro H^-), y perpendicular a estos existe un **campo magnético** (1,5 T), normalmente de origen resistivo, que provoca una trayectoria espiral en la partícula acelerada.



Figura 3. La imagen muestra un ciclotrón abierto para poder mostrar su estructura interna.



<http://www.youtube.com/watch?v=qqv7TvDfqfU>



http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=3hxBZdmBDio

Un **sistema de radiofrecuencia** se encarga de cambiar la polaridad entre los electrodos para que la partícula perciba durante toda la trayectoria un impulso en la misma dirección. Cuando el haz de partículas alcanza su última vuelta, un **sistema de extracción** consistente en un carrusel de láminas de grafito, se interpone en el camino del haz, extrayendo a la partícula (ión hidruro H^-) sus dos electrones. De la lámina emerge un **haz de protones** que, por efecto del campo magnético, cambiará su dirección de giro en dirección a los *target* donde se encuentra el elemento blanco.

En los enlaces que aparecen en el margen de esta página se puede ver la estructura de un ciclotrón médico y una animación sobre el funcionamiento del ciclotrón y el bombardeo del blanco por la partícula cargada.

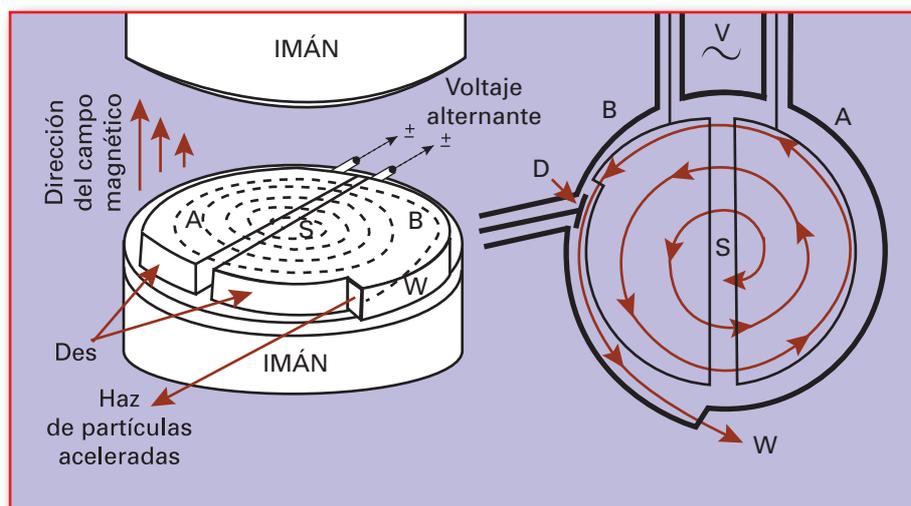


Figura 4. Esquema del funcionamiento de un ciclotrón: una partícula cargada se crea en la fuente de iones (S), situada en el centro de la ranura de los dos electrodos huecos en forma de letra D (A y B) y se dirige hacia el polo opuesto, de tal forma que la alternancia en el voltaje de los electrodos obliga a la partícula a describir una órbita espiral, alcanzando una velocidad creciente al sufrir dos aceleraciones con cada ciclo y saliendo por la ventana (W) por acción del deflector.

En el proceso de obtención de un radionúclido influyen ciertos aspectos como el tipo de partícula que actúa de proyectil, su energía o el elemento que hace de blanco (*target*). Es el caso de los elementos emisores de positrones fabricados en los ciclotrones para PET. Los núcleos excitados que alcanzan su **estabilidad** emitiendo positrones son aquellos que presentan un exceso de protones en su núcleo. Los núcleos ligeros de elementos estables bombardeados con protones sufren reacciones

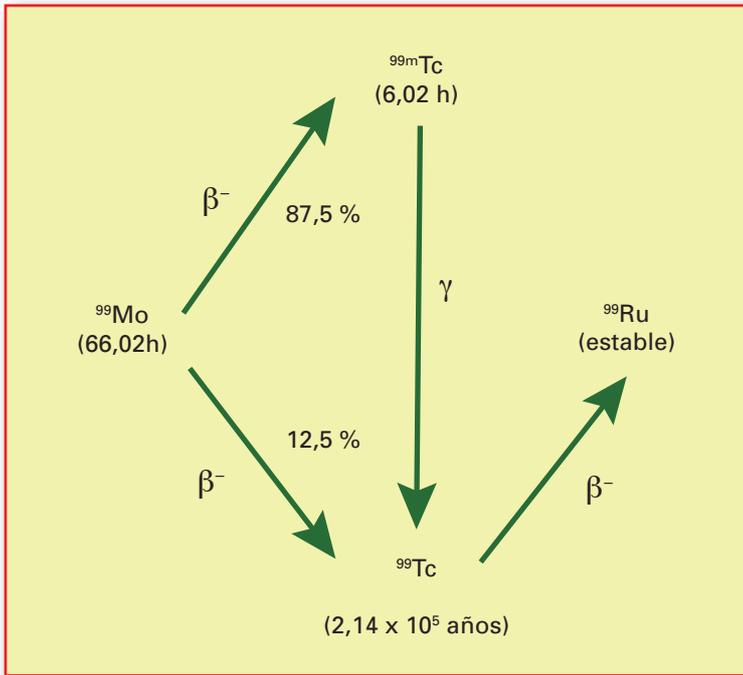


Figura 5. Esquema de desintegración del molibdeno ^{99}Mo .

En la Figura 5 se esquematiza el proceso de desintegración del molibdeno en el interior del generador que lleva a la obtención del tecnecio. Por tanto, el ^{99}Mo decae por emisión β^- en un 87,5 % de las desintegraciones hacia ^{99m}Tc , que a su vez se desintegra por transición isomérica hacia ^{99}Tc . En este proceso **se produce la emisión γ que interesa en las aplicaciones clínicas**. El radionúclido final, el ^{99}Tc (no metaestable), es también radiactivo, emisor β^- , y con un prolongado periodo de semidesintegración, pero resulta totalmente inocuo dado el bajo nivel energético de su emisión.

Entre los núclidos padre e hijo se establece un **equilibrio transitorio** al cabo de un tiempo, similar a algunas vidas medias del núclido hijo y, desde ese momento, este decae aparentemente con una vida media similar

a la del padre (Figura 6). Después de la elución la actividad del núclido hijo comienza de nuevo a crecer hasta alcanzar el equilibrio transitorio.

Los generadores de ^{99m}Tc pueden ser de **presión positiva** o de **presión negativa** y de **columna seca** o de **columna húmeda**. Los de presión

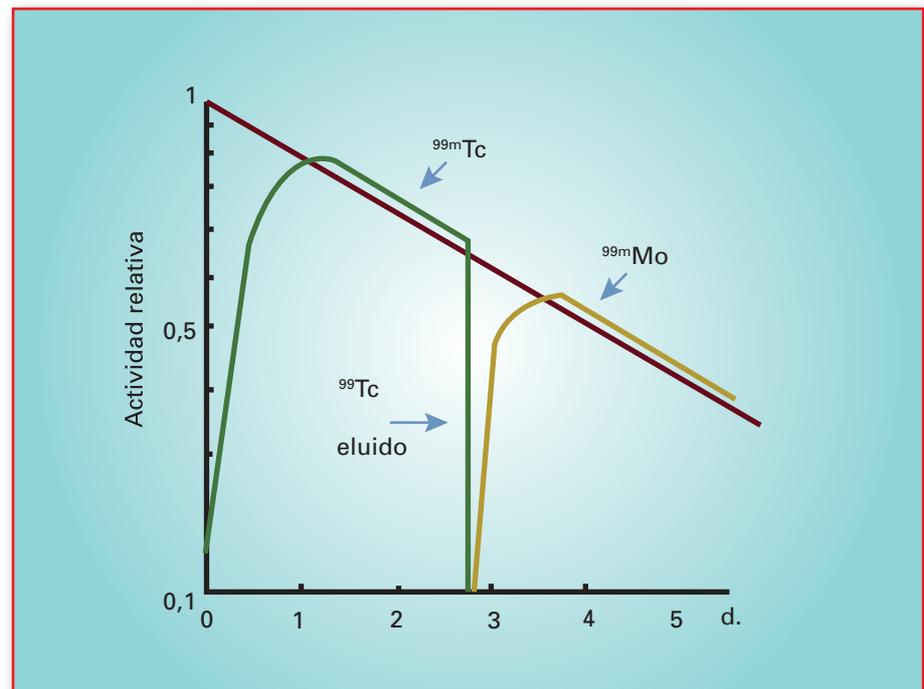


Figura 6. Esquema del equilibrio transitorio entre ^{99}Mo y ^{99m}Tc .

negativa y columna seca son los más utilizados y poseen un sistema de elución de la columna que está abierto por sus dos extremos, de tal forma que una vez que el eluyente pasa a través de la misma, se produce paso de aire que deseca la misma con objeto de evitar la radiolisis del agua del solvente. Los generadores de columna húmeda contienen en su interior un depósito con el eluyente y, tras la elución, esta no se puede desecar, de tal forma que el eluyente debe contener agentes oxidantes, tales como hipoclorito, peróxido de hidrógeno, etc. en pequeñas cantidades, para evitar que el ^{99m}Tc -Pertecnetato generado pueda reducirse y quedar retenido en la columna, con la consiguiente disminución del rendimiento de elución.

5.2. La elución

La elución del generador es el procedimiento mediante el que se extrae el ^{99m}Tc -Pertecnetato generado a partir de la desintegración del ^{99}Mo existente en la columna del generador.

En el cuerpo del generador (Figuras 7 y 8), se encuentra un compartimento estéril donde se ubica una columna cromatográfica de pirex



La elución del generador es el procedimiento mediante el que se extrae el ^{99m}Tc -Pertecnetato generado a partir de la desintegración del ^{99}Mo existente en la columna del generador.



Figura 7. Cuerpo del generador.

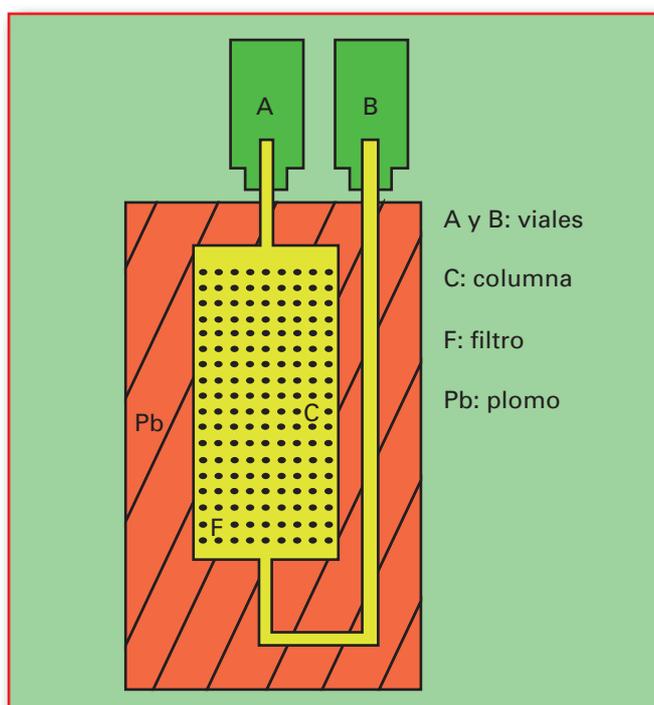


Figura 8. Esquema del generador Mo-Tc: el generador consta de una columna (C) que contiene el molibdeno, que está cerrada por abajo por un filtro (F) para evitar la salida del Mo y confinada en un recinto blindado por plomo (Pb), y un circuito de entrada y otro de salida conectados a los viales (A y B) para realizar la elución del tecnecio.

secundarias en el gas. La señal producida es más débil pero mantiene su proporcionalidad con la intensidad y con el tipo de radiación. De esta forma un activímetro debe tener programadas y calibradas las respuestas para los radionúclidos de uso más habitual.

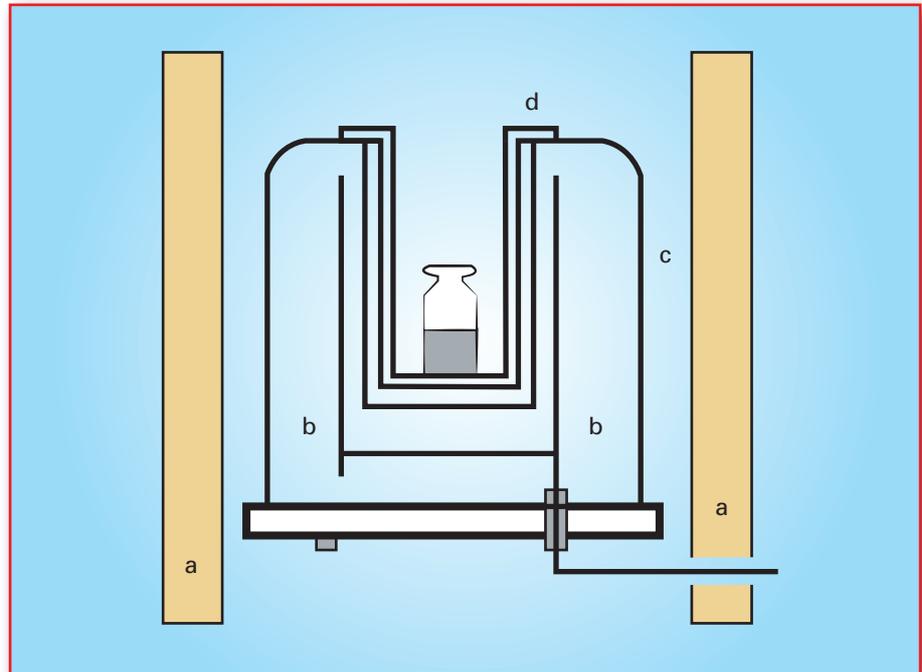


Figura 10. Esquema del activímetro: es una cámara de ionización que, confinada en un blindaje (a), posee un electrodo interno (b) y otro externo (c), entre los que circulará una corriente eléctrica cuando se produzca la ionización del gas contenido en la cámara por acción de la radiación. Para que la cámara no se contamine, el receptáculo donde se introduce el vial o jeringa a medir está protegido por un protector (d).



Los controles que deben realizarse en el activímetro hacen referencia a la constancia y precisión, y al control de respuesta de fondo.

Aunque los activímetros son equipos muy estables durante varios años, dada su relevancia en la seguridad del paciente, deben ser sometidos periódicamente a diferentes tipos de calibraciones y verificaciones. Nunca debe comenzarse a usar un activímetro sin haberle realizado una **prueba de estabilidad diaria** con una fuente calibrada.

La normativa española establece en el RD 1841/1997 sobre Criterios de Calidad en Medicina Nuclear un programa de verificaciones periódicas que contemplan la estabilidad diaria y pruebas cuatrimestrales de exactitud y precisión.

Los controles que deben realizarse en el activímetro hacen referencia a la constancia y precisión, y al control de respuesta de fondo.

boxílico, cuantificando la cantidad existente de Al por comparación, con una solución patrón de aluminio. La forma más habitual es utilizando **kits comerciales** que proporcionan **tiras con un agente complejante** que adquieren diferentes intensidades de color en función del contenido de Al del eluido, color que es comparado con el correspondiente al de la tira que contiene la cantidad conocida de Al. Si la intensidad de color producida por el eluido fuese superior a la producida por el patrón, se desecharía el eluido.

RESUMEN

- ✓ Para la realización de los estudios de medicina nuclear (gammagrafías) se utilizan **trazadores radiactivos** (radiotrazadores).
- ✓ El procedimiento de recepción de los **radiotrazadores** debe realizarse solo por personal autorizado de la instalación radiactiva, es decir, por un operador o supervisor.
- ✓ La **producción artificial de radionúclidos** se hace de forma primaria en los reactores nucleares y en ciclotrones mediante el bombardeo de los blancos con neutrones en el caso del reactor, y con partículas cargadas en el caso del ciclotrón.
- ✓ Los **radionúclidos producidos en el reactor** se caracterizan por ser habitualmente de baja actividad específica, no libres de portador, excedentarios en neutrones (emisión beta) y relativamente baratos.
- ✓ Los **radionúclidos producidos en el ciclotrón** son de alta actividad específica, libres de portador, excedentarios en protones (emisión gamma o positrones) y relativamente caros.
- ✓ Un **generador** es un sistema que permite obtener un radionúclido de $T_{1/2}$ corto (radionúclido hijo) a partir de la desintegración de otro radionúclido de vida media más larga (radionúclido padre). El proceso de obtención del radionúclido hijo se denomina **elución**.
- ✓ El **activímetro o calibrador de dosis** es un equipo de medida de la radiación que permite medir de forma exacta y precisa la cantidad de actividad que se va a administrar a un paciente. Es una cámara de ionización y los controles que deben realizarse en el activímetro hacen referencia a la constancia y precisión, y al control de respuesta de fondo.

G L O S A R I O

Acelerador de partículas: instrumento para aumentar la velocidad y energía de partículas elementales cargadas mediante la aplicación de fuerzas electromagnéticas.

Actividad: número de transformaciones nucleares que se producen en una cantidad de radionúclido por unidad de tiempo. En el SI de medidas su unidad es el becquerel (Bq) que equivale a una desintegración por segundo.

Actividad específica: es la actividad por unidad de masa. Se expresa en becquerel por gramo (Bq/g).

Activímetro o calibrador de dosis: instrumento capaz de medir la actividad contenida en una muestra.

Ánodo: electrodo positivo hacia el cual son atraídos los aniones o iones negativos.

Blindaje: cualquier material u objeto empleado para absorber la radiación.

Calibrador: dispositivo, generalmente electrónico, que permite determinar la actividad de una fuente o muestra radiactiva.

Cámara caliente: término utilizado coloquialmente para designar el laboratorio de radiofarmacia.

Cámara de ionización: dispositivo empleado para detectar radiación. Consta de un envase cerrado que contiene un gas y dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial, de tal forma que al recibir cualquier tipo de radiación, el gas se ioniza formando pares de iones que se dirigen hacia el electrodo apropiado, produciéndose una corriente eléctrica que puede ser medida.

Ciclotrón: dispositivo para acelerar partículas cargadas empleando un gran electromagneto y diseñado de forma tal que las partículas reciben empujes que las aceleran, mientras son mantenidas en un curso espiral por el campo magnético.

Electrón-voltio: energía adquirida por un electrón al acelerar libremente a través de una diferencia de potencial de un voltio. Su símbolo es eV.

Eluato: compuesto que resulta de la elución.

Elución: acción de eluir.



EJERCICIOS

- › E1. Realiza la elución de un generador ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$.
- › E2. Calcula la actividad que se puede eluir de un generador con los datos reales de un generador aportados por el profesor.
- › E3. Calcula la actividad específica del eluido de un generador a partir de los datos reales de un generador aportados por el profesor.
- › E4. Realiza el control de calidad del eluido de un generador.



EVALÚATE TÚ MISMO

1. Un generador de ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ para uso humano es un:
 - a) Aparato que genera diversos radiofármacos.
 - b) Sistema que permite obtener una solución estéril y apirógena de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Pertecnetato.
 - c) Sistema mediante el cual se marca una sustancia.
 - d) Sistema donde se obtiene la producción de ^{99}Mo .
2. Se denomina radiofármaco a:
 - a) Un compuesto químico a dosis farmacológicas.
 - b) Un nucleído en forma estable.
 - c) Una sustancia sin acción farmacológica.
 - d) Un preparado marcado con un radionúclido.
3. Las reacciones nucleares empleadas en el reactor nuclear son las denominadas:
 - a) Protón-neutrón.
 - b) Alfa-neutrón.
 - c) Neutrón-protón.
 - d) Todas las respuestas anteriores son correctas.



SOLUCIONES

EVALÚATE TÚ MISMO



http://www.aranformacion.es/_soluciones/index.asp?ID=21

