



ESCUELA TÉCNICO PROFESIONAL
EN CIENCIAS DE LA SALUD
clínica mompía

ASIGNATURA: RADIOFARMACIA

TEMA 2: Procedimiento de obtención de los radiofármacos

PROFESOR: Jérica Sánchez Mazón

*Ciclo Formativo de Grado
Superior de Imagen para el
Diagnóstico y Medicina Nuclear*

ÍNDICE

❖ PRODUCCIÓN DE RADIONÚCLIDOS

- RADIONÚCLIDOS NATURALES
- RADIONÚCLIDOS ARTIFICIALES
 - REACTOR NUCLEAR
 - CICLOTRÓN
 - GENERADORES

❖ GENERADORES DE RADIONÚCLIDOS

- $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$
- LA ELUCIÓN

❖ OTROS GENERADORES

PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

RADIONÚCLIDOS NATURALES:

- Están **presentes en la naturaleza**, en los suelos y en los alimentos y, por tanto, también en nuestros organismos en cantidades infinitesimales.

Radiactividad Natural

- ^{40}K , ^{14}C , ^{222}Rn
- 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.**
- **No son válidos para estudios gammagráficos.**

PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

RADIONÚCLIDOS NATURALES:

NO SE USAN EN MN

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	.				

PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

RADIONÚCLIDOS ARTIFICIALES:

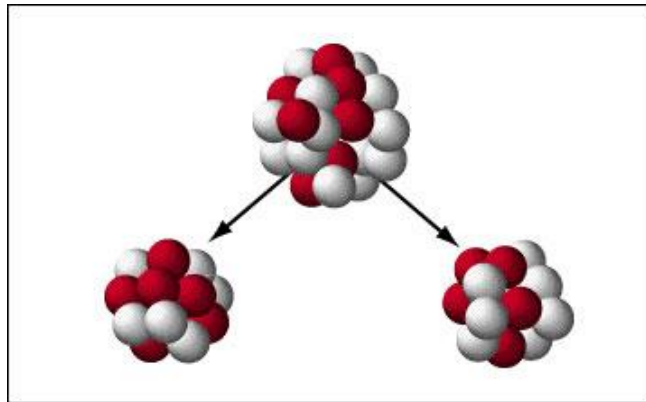
- Son debidos a la **acción del hombre**, para ello se usan ciclotrones, reactores nucleares o generadores de partículas
- La ventaja de crear radionúclidos artificiales es que existe una cierta capacidad para “**diseñarlos**” con unas características determinadas que puedan ser de utilidad en el entorno médico

PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

REACTOR NUCLEAR

- La obtención de radionúclidos en un reactor nuclear se basa en el proceso de **fisión del núcleo de ^{235}U** en la vasija de un reactor nuclear.

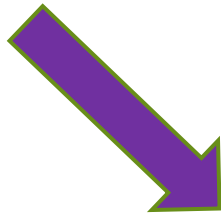
¿Qué es la fisión?



Fragmentación de un núcleo atómico pesado en dos núcleos ligeros mediante el bombardeo con neutrones.

PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

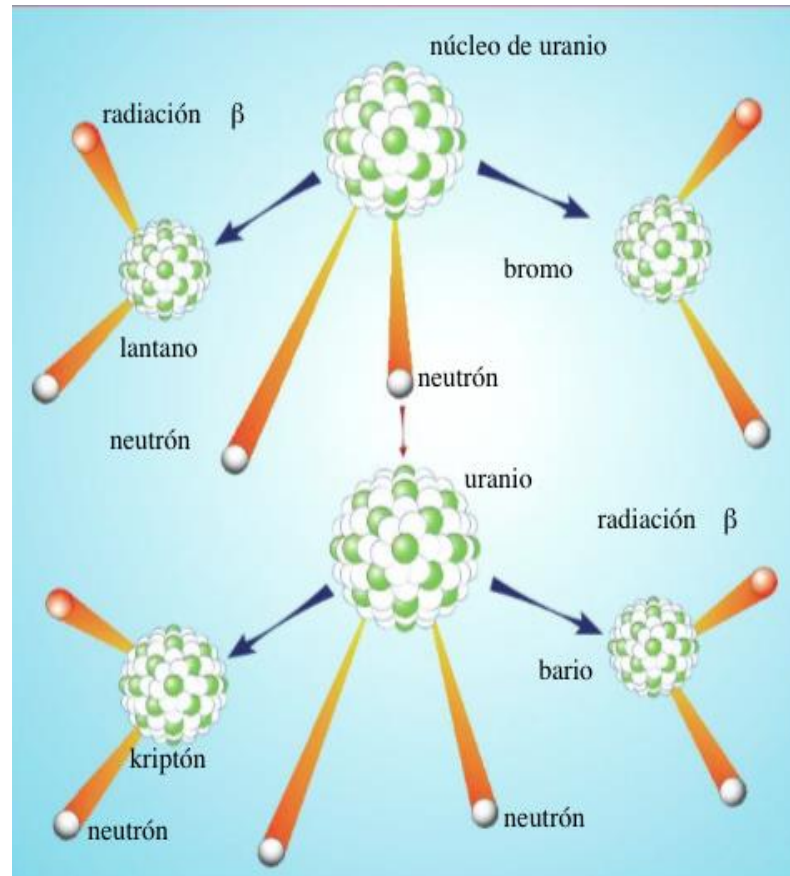
- El material que contienen los núcleos fisionables se denomina **combustible**, siendo el ^{235}U el **principal combustible nuclear**
- En una reacción de fisión nuclear se generan: **radionúclidos más ligeros y nuevos neutrones, radiación gamma y gran cantidad de energía calorífica**



Se usa para producir vapor de agua y generar energía eléctrica

PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

- 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



PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

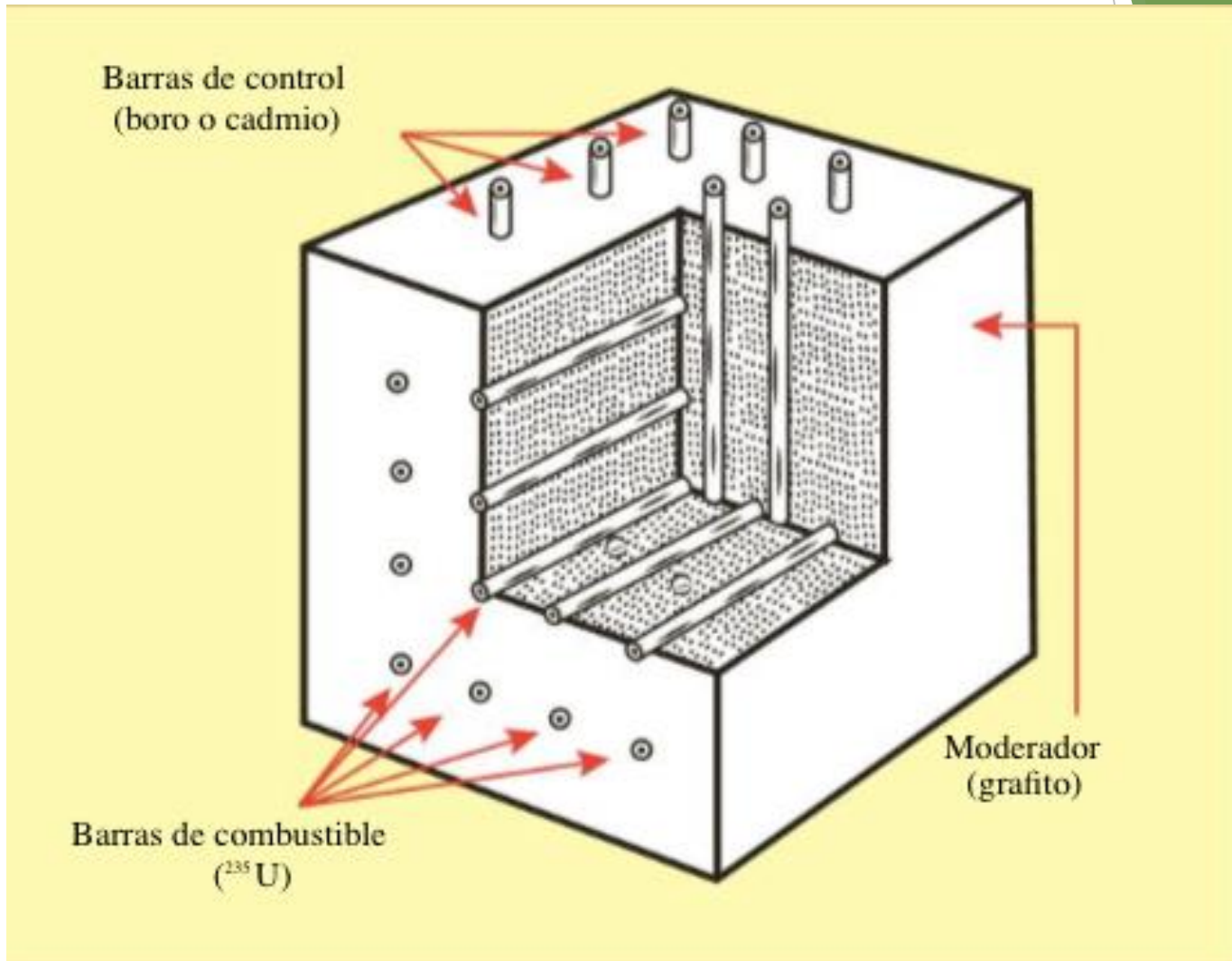
- La clave de la seguridad del reactor nuclear es su capacidad para **controlar esta reacción en cadena** que puede resultar extremadamente peligrosa si evolucionara sin control.



- Se **incorporan moderadores**, como el agua o el grafito, que disminuyen el número y la energía de neutrones rápidos.
- 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

PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

ESQUEMA DE UN REACTOR NUCLEAR



PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

- Del mismo modo que se bombardea el ^{235}U , **pueden fisiónarse 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 (ESTABILIDAD)**.

PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

Reacciones más comunes reactor:

- **Reacción neutrón-gamma** (la más común)



- **Reacción neutrón-protón**

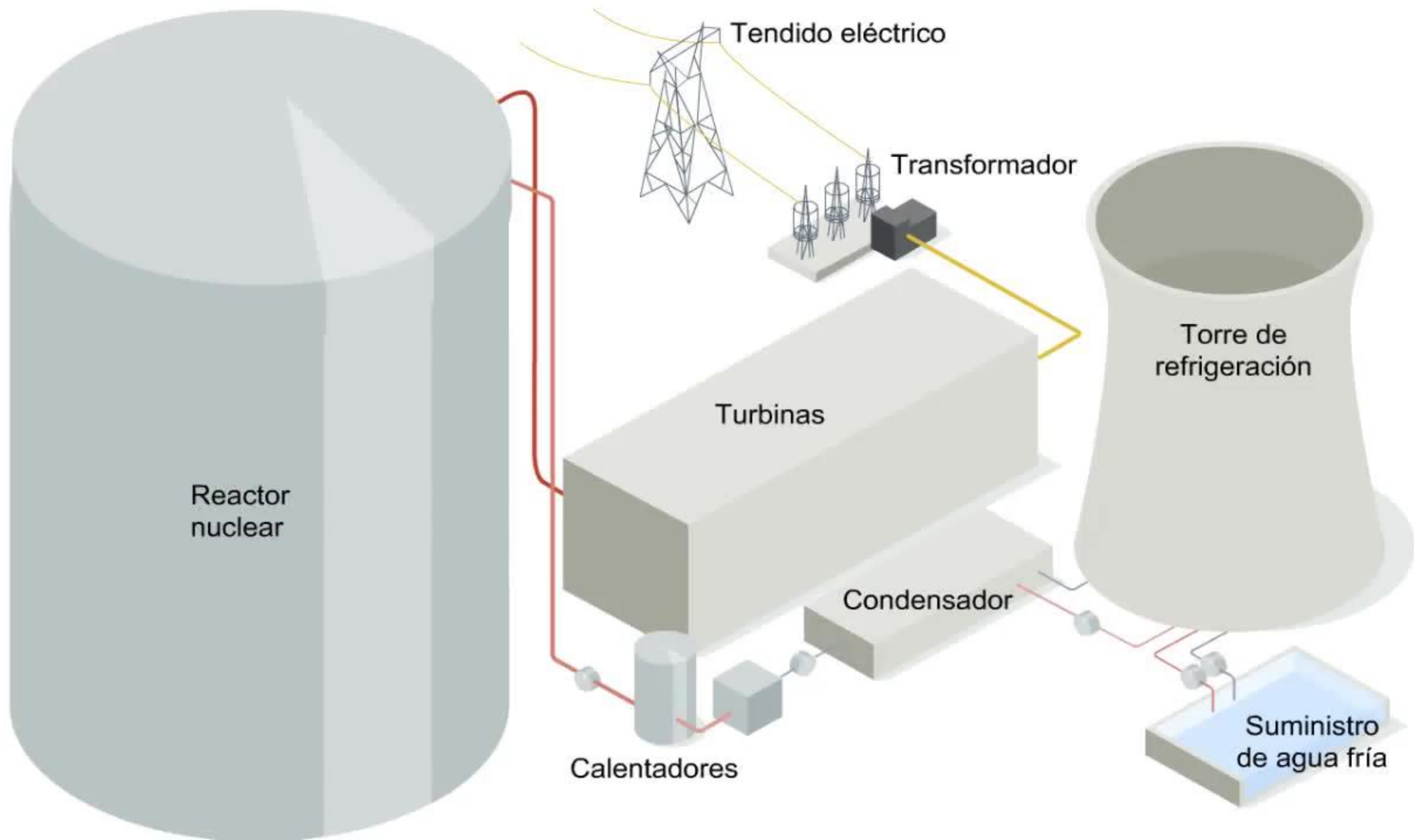


- **Reacción neutrón-alfa**



^{131}I ^{99}Mo

PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS



Funcionamiento

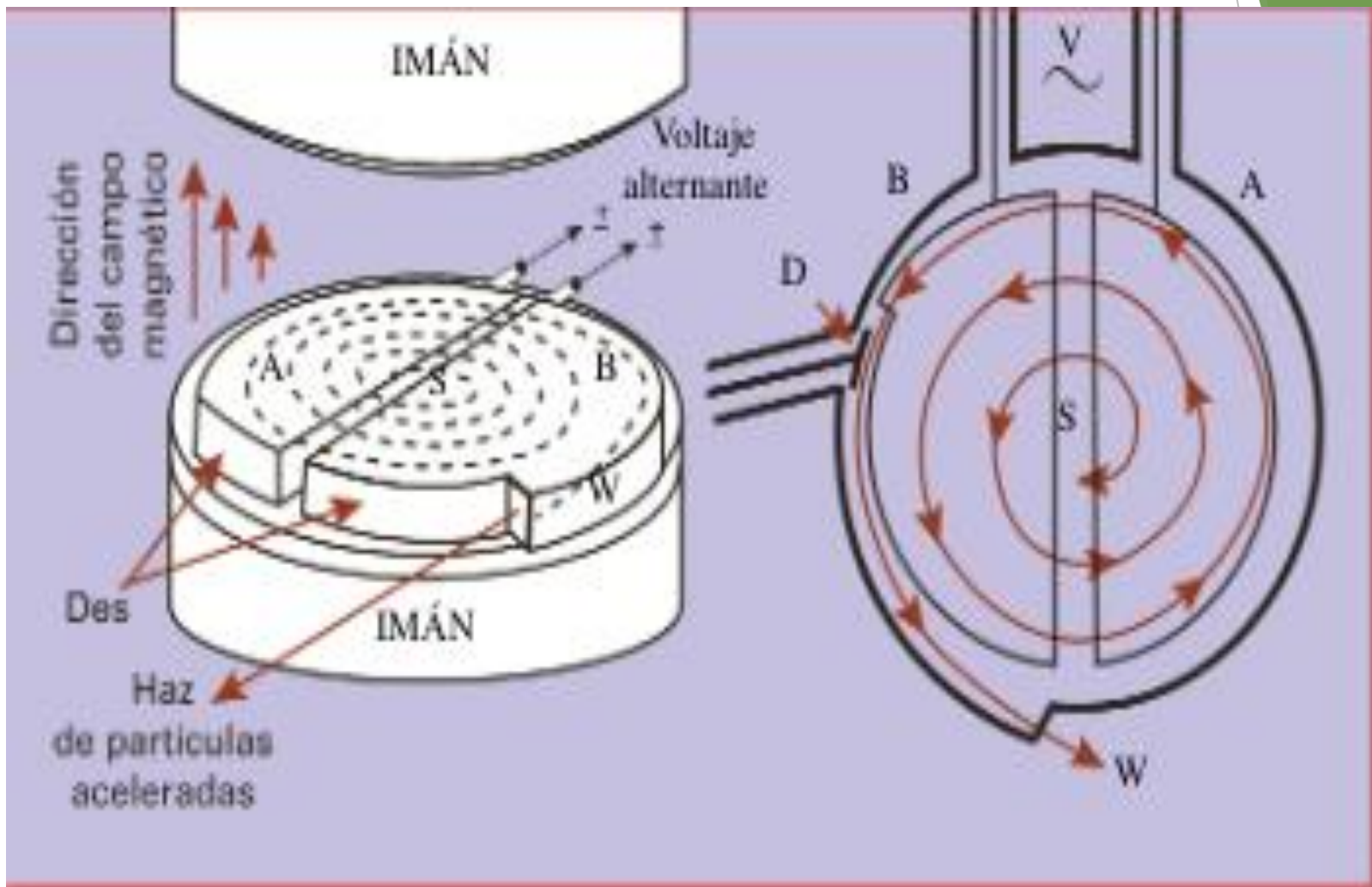
PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

CICLOTRÓN

- 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**.
- Los ciclotrones para producir radionúclidos PET **son pequeños**, ya que se necesita una energía relativamente baja.
- Son **baratos** comparados con otros aceleradores y son técnicamente bastante **sencillos y robustos**.
- **Funcionan de forma resonante** (a base de impulsos)

PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO CICLOTRÓN



PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

CICLOTRÓN



PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

- En el proceso de obtención de un radionúclido influyen ciertos aspectos:
 - El tipo de partícula que actúa como proyectil
 - Su energía
 - Elemento que hace de blanco
- Los núcleos excitados que alcanzan su estabilidad emitiendo positrones son aquellos que **presentan un exceso de protones en su núcleo.**
- La forma prioritaria en la que el núcleo alcanza su estabilidad es mediante la **emisión de positrones.**

PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

Reacciones más comunes ciclotrón:

- **Reacción deuterón-neutrón**



- **Reacción alfa-protón**



- **Reacción alfa-neutrón-neutrón**



PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

VENTAJAS DEL CICLOTRÓN

- Dependen de **tipo de proyectil usado**
- Al bombardear con **partículas con carga eléctrica** el producto final posee un número atómico diferente al del elemento bombardeado, sus **propiedades fisicoquímicas son distintas** y, por eso, **es posible su separación química**
- Los productos del ciclotrón **son libres de portador** y gozan de **alta actividad específica**.
- **Deficientes en neutrones** y tienden a desintegrarse por **emisión de positrones** por **captura electrónica** o por **ambos mecanismos**

PRODUCCIÓN DE RADIONUCLIDOS

DESVENTAJAS DEL CICLOTRÓN

- **Elevado coste** de los radionúclidos obtenidos ($>$ que reactor nuclear), ya que el ciclotrón **sólo puede bombardear un solo blanco a la vez.**



GENERADORES DE RADIONUCLIDOS

- La exploración clínica requiere radionúclidos de **vida media corta** para que la dosis de radiación absorbida por el paciente sea baja.
- Debido a su **bajo periodo de semidesintegración**, estos radionúclidos deben obtenerse **en el mismo hospital o en sus proximidades**.
- 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**.

GENERADORES DE RADIONUCLIDOS

GENERADORES USADOS EN MN

Padre Hijo		Columna	Eluyente
^{99}Mo	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Al_2O_3	0,9 % ClNa
^{113}Sn	$^{113\text{m}}\text{In}$	ZrO_2	0,05N ClH
^{87}Y	$^{97\text{m}}\text{Sr}$	Dowex	0,15M NaHCO_3
^{68}Ge	^{68}Ga	$\text{AlO}_{2,3}$	0,005M EDTA
^{62}Zn	^{62}Cu	Dowex	2N HCl
^{137}Cs	$^{137\text{m}}\text{Ba}$	Molidofosfato amónico	0,1N HCl + 0,1N H_4Cl
^{81}Rb	$^{81\text{m}}\text{Kr}$	BioRad AG50	Agua o aire
^{82}Sr	^{82}Rb	SnO_2	0,9 % ClNa
^{191}Os	$^{191\text{m}}\text{Ir}$	BioRad AG1	Salino 4 %
^{198}Hg	$^{198\text{m}}\text{Au}$	Gel de sílice recubierto de ZnS Sol. de tiosulfato sódico	

GENERADORES DE RADIONUCLIDOS

EL GENERADOR DE $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$

$^{99}\text{Mo} \rightarrow 67 \text{ h}$



$T(^{99}\text{Mo}) = 11 T(^{99\text{m}}\text{Tc})$

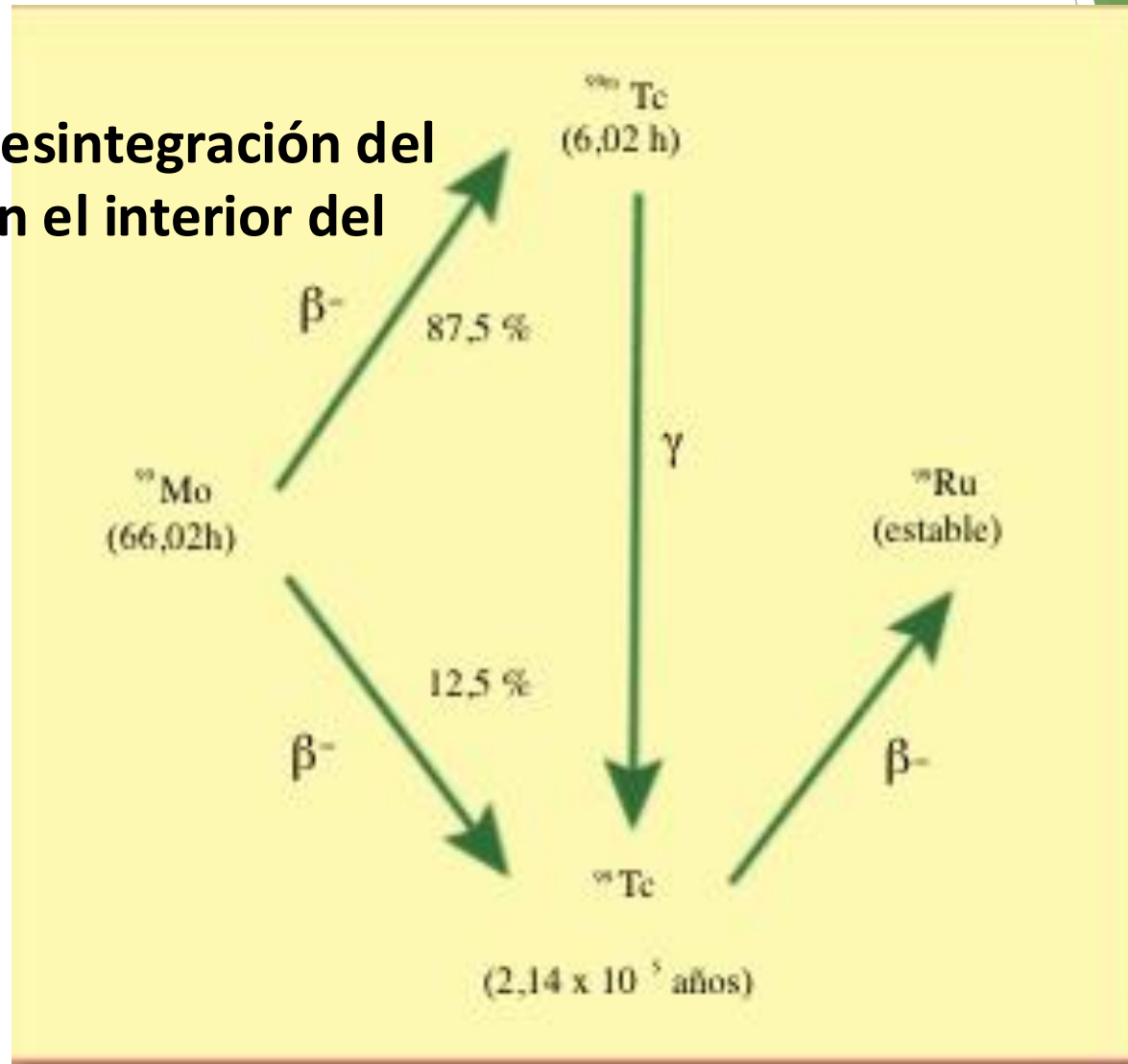
$^{99\text{m}}\text{Tc} \rightarrow 6,02 \text{ h}$

- Sus **diferencias fisicoquímicas** permiten eluir exclusivamente el $^{99\text{m}}\text{Tc}$, manteniendo el ^{99}Mo en el generador.
- **El tecnecio no es tóxico** y tiene propiedades físicas casi ideales, al ser un **emisor γ puro** y de 140 keV de energía.
- El acceso al molibdeno es **sencillo y no especialmente costoso**.

GENERADORES DE RADIONUCLIDOS

EL GENERADOR DE $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$

Proceso de desintegración del molibdeno en el interior del generador



GENERADORES DE RADIONUCLIDOS

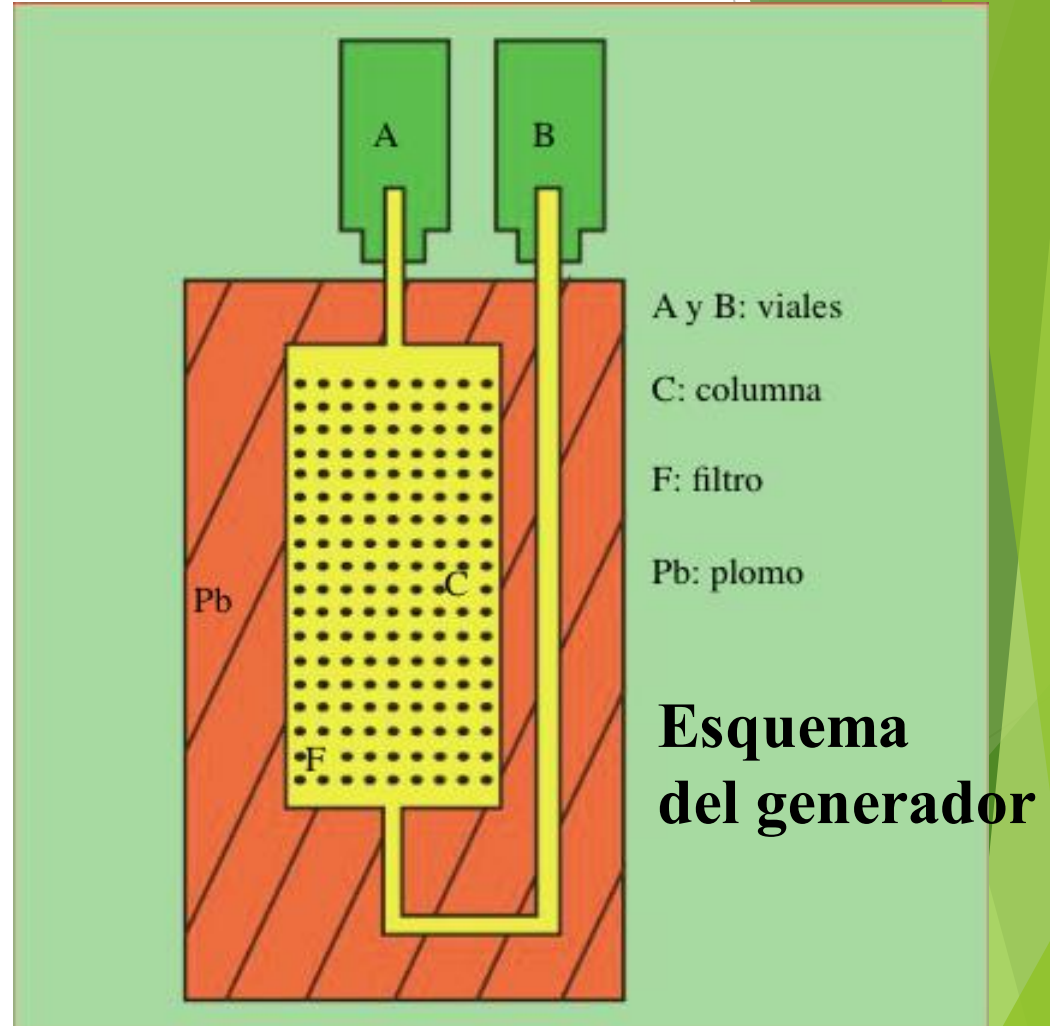
LA ELUCIÓN

- Procedimiento mediante el que se **extrae el ^{99m}Tc generado a partir de la desintegración del ^{99}Mo** existente en la columna del generador.
- En el cuerpo del generador se encuentra un **compartimento estéril** donde se ubica una columna de pírex con un filtro de vidrio en su base **destinado a retener la alúmina que contiene.**
- **La alúmina (Al_2O_3) absorbe el ion molibdato (Mo^{2-}_4)** en cantidades variables según la actividad nominal del generador.
- **La elución se realiza con suero fisiológico.**
- El cuerpo del generador se encuentra adecuadamente **aislado** por un blindaje de plomo

GENERADORES DE RADIONUCLIDOS



Cuerpo del generador



Generador Mo-Tc

GENERADORES DE RADIONUCLIDOS

OTROS GENERADORES

- **Muy poco frecuente**
- La dificultad ocasional para poder recibir radiofármacos desde un ciclotrón por **problemas geográficos**



GENERADORES PET

- **^{68}Ge / ^{68}Ga :** (tumores neuroendocrinos) **se eluye por fracciones con HCl**, para posteriormente realizar una síntesis química
- **^{82}Sr / ^{82}Rb :** (estudios cardiológicos) se recoge el **eluido listo** para su administración al paciente