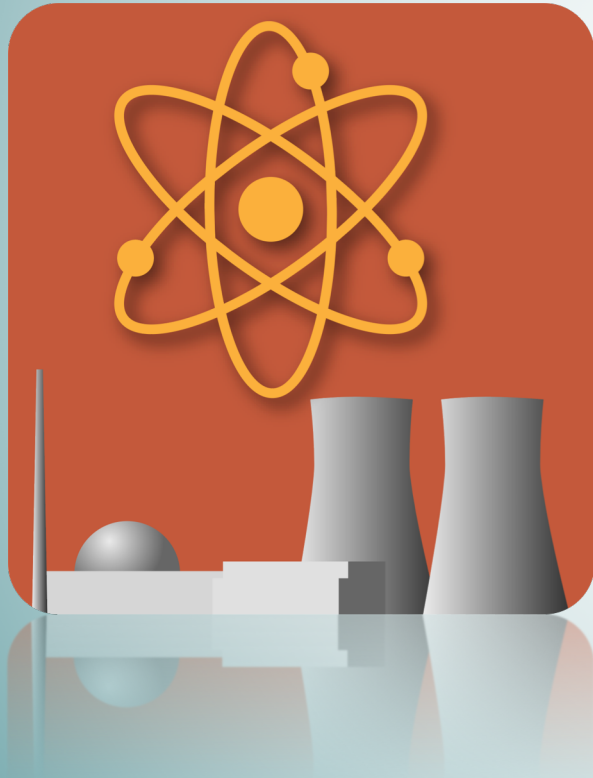


# Ingeniería Nuclear

## BLOQUE I. FÍSICA NUCLEAR Lección 5. Radioactividad



**Fernando Delgado San Román**  
**Raquel Martínez Torre**

DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA

Este tema se publica bajo Licencia:

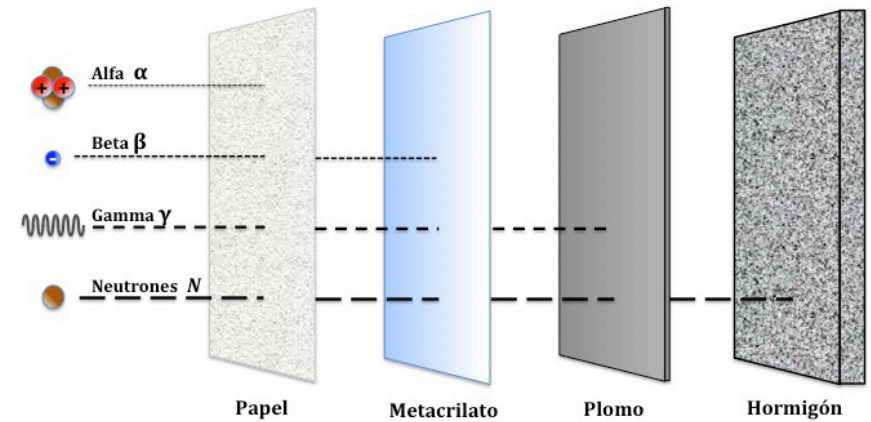
[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



# RADIOACTIVIDAD

## VELOCIDAD DE DESINTEGRACIÓN RADIATIVA

- ❑ **Radioactividad** : propiedad de ciertos nucleídos de emitir partículas o radiación gamma espontáneamente.
- ❑ La desintegración radiactiva de los nucleídos se produce de manera aleatoria y no se puede determinar el momento en el que se produce.
- ❑ Sin embargo, se puede predecir el comportamiento medio usando métodos estadísticos con una muestra extensa.
  - ✓ Existe una determinada probabilidad de que en un intervalo de tiempo dado una determinada fracción de los núcleos dentro de una muestra se desintegren.
  - ✓ **Constante de desintegración ( $\lambda$ )**: probabilidad por unidad de tiempo de que un átomo de un determinado nucleído se desintegre ( $s^{-1}, \text{min}^{-1}, \text{h}^{-1}, \text{año}^{-1}$ ).
  - ✓ **Actividad (A)**: es la velocidad de desintegración de una muestra.



Fuente: <https://losmundosdebrana.com/2014/01/24/radioactivo-man-en-que-son-las-radiaciones-ionizantes/>

$$A = \lambda \times N \quad \left\{ \begin{array}{l} A \equiv \text{actividad de un nucleido (}^{des./seg} \text{)} \rightarrow 1ci = 3,7 \times 10^{10} \text{ }^{des./seg} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq} \\ \lambda \equiv \text{constante de desintegración (} s^{-1} \text{)} \\ N \equiv n^{\circ} \text{ de átomos de un nucleido en una muestra} \end{array} \right.$$

# RADIOACTIVIDAD

## VARIACIÓN DE LA RADIOACTIVIDAD EN EL TIEMPO

- De la actividad se puede obtener la variación del número de átomos en el tiempo:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \left\{ \begin{array}{l} N \equiv n^\circ \text{ de átomos existente en el instante } t \\ N_0 \equiv n^\circ \text{ de átomos iniciales} \\ \lambda \equiv \text{constante de desintegración} \end{array} \right.$$

- Y, proporcionalmente, la variación de la actividad en el tiempo:

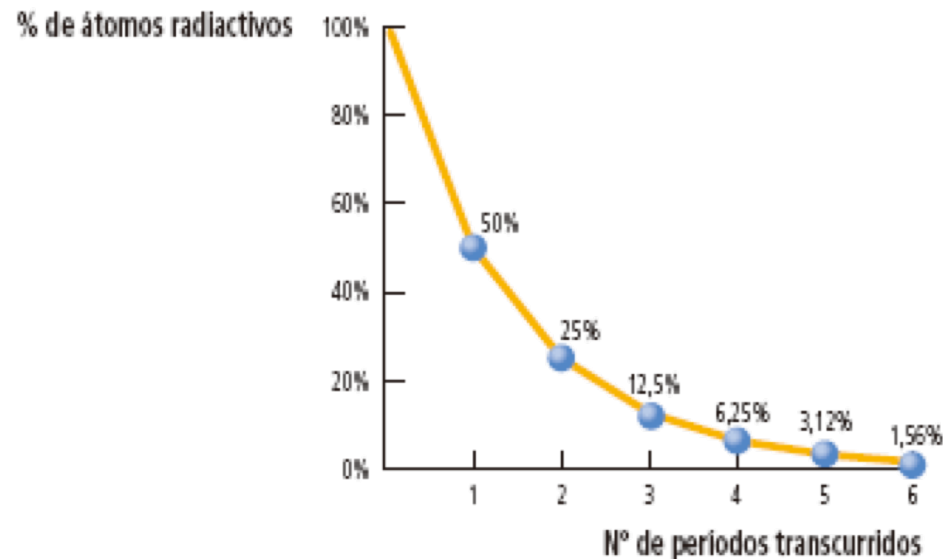
$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \left\{ \begin{array}{l} A \equiv \text{actividad en el instante } t \\ A_0 \equiv \text{actividad inicial} \\ \lambda \equiv \text{constante de desintegración} \end{array} \right.$$

# RADIOACTIVIDAD

## PERIODO DE SEMIDESINTEGRACIÓN

- ❑ **Periodo de semidesintegración:** el tiempo necesario para que se desintegren la mitad de los núcleos de una muestra inicial de un radioisótopo o el tiempo requerido para que la actividad decrezca a la mitad de su valor inicial.
  - ✓ El número de átomos existentes después de entre 5 y 7 periodos de desintegración se suelen despreciar.

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \rightarrow \ln \frac{A}{A_0} = -\lambda t \rightarrow t = -\frac{\ln \frac{A}{A_0}}{\lambda} \rightarrow \text{Si } A = \frac{A_0}{2} \rightarrow t_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}$$





# RADIOACTIVIDAD

## EQUILIBRIO RADIATIVO

- ❑ Este equilibrio existe cuando un nucleído esta **desintegrándose a la misma velocidad que se está produciendo**, de manera que los átomos permanecerán constantes.

EQUILIBRIO

$$R = A = N \times \lambda$$

- ❑ **Ejemplo:** concentración de Na-24 en el líquido refrigerante que circula a través de un reactor nuclear refrigerado con sodio.

- ✓ El sodio se produce a  $R=1 \times 10^6$  átomos/seg.
- ✓  $t_{1/2} = 14,96$  h.
- ✓ No existe Na-24 inicialmente.

$$\lambda_{1/2} = \frac{0,693}{14,96 \times 3600} = 1,2868 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

$$1 \times 10^6 = N \times 1,2868 \times 10^{-5} \rightarrow N = 7,7714 \times 10^{10} \text{ átomos}$$

# RADIOACTIVIDAD

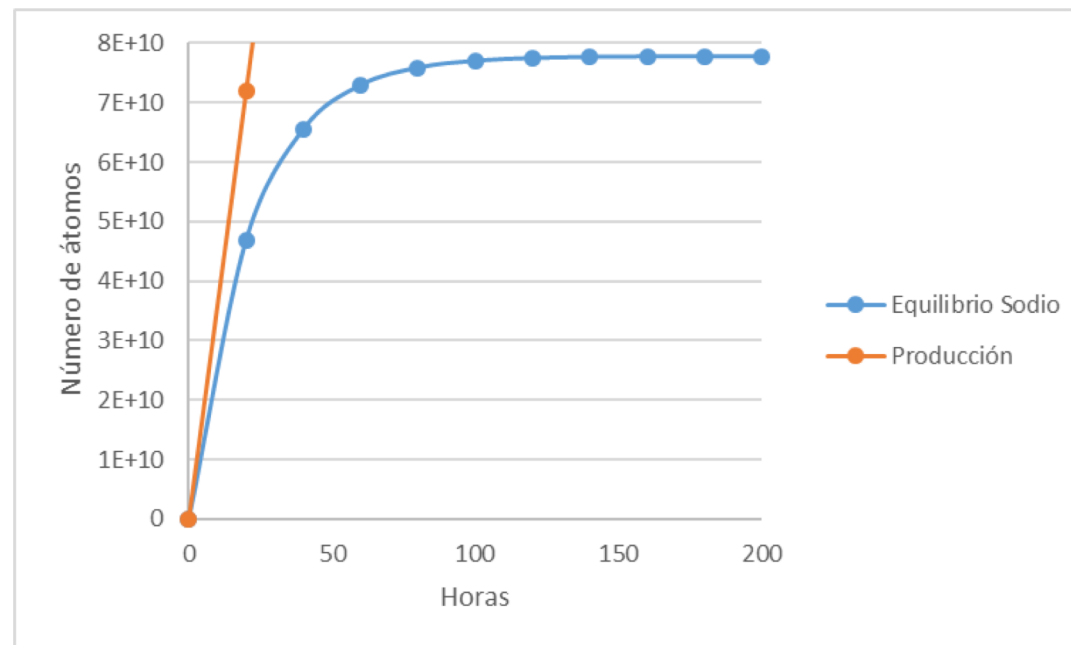
## EQUILIBRIO RADIATIVO

❑ Variación del número de átomos en el tiempo:

$$N = \frac{R}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t})$$

❑ A medida que pasa el tiempo el término exponencial tiende a 0 y el número de átomos se aproxima a  $\frac{R}{\lambda}$ .

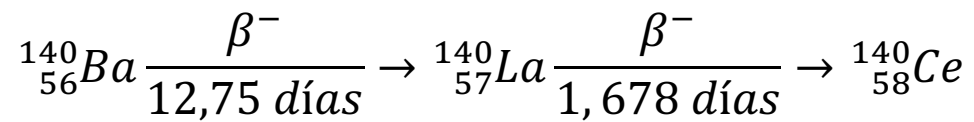
❑ Ejemplo:



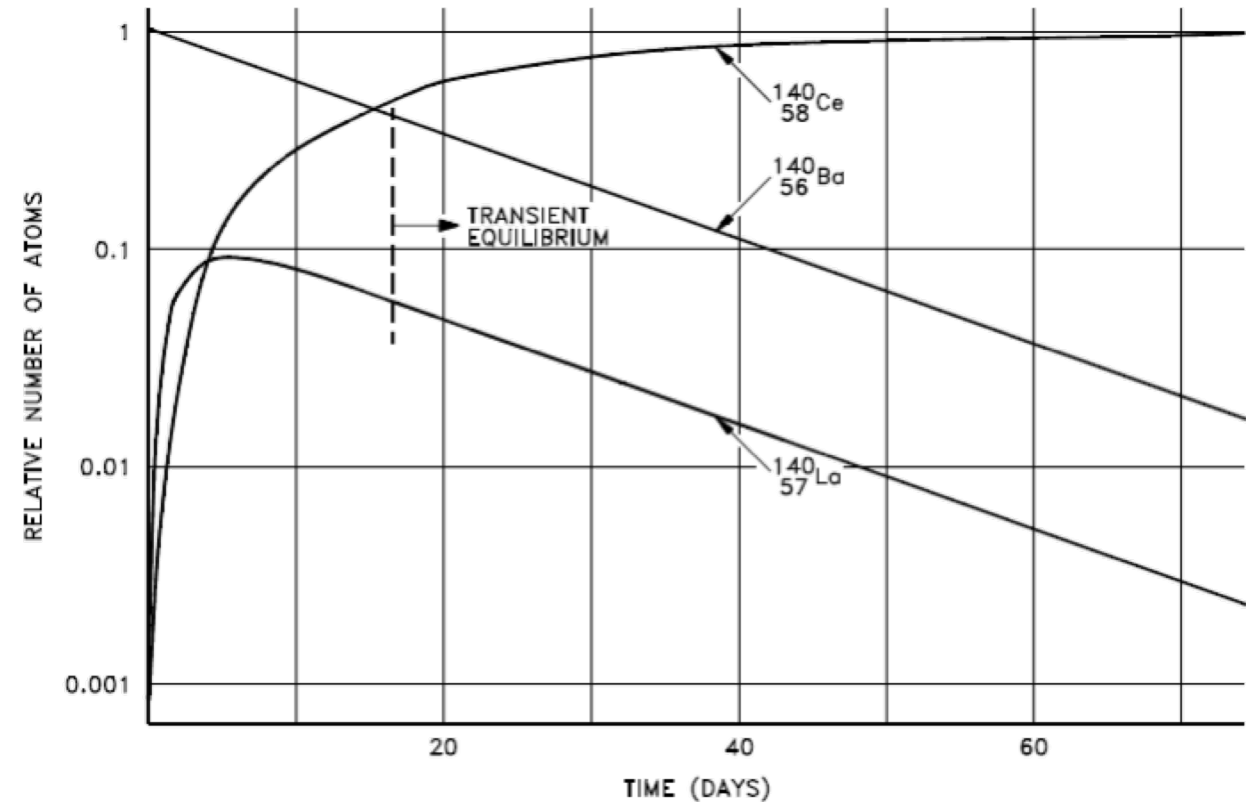
# RADIOACTIVIDAD

## EQUILIBRIO RADIOACTIVO TRANSITORIO

- ❑ Se produce cuando el nucleído **padre** y el nucleído **hijo** se **desintegran a la misma velocidad**.
- ❑ Para que se produzca el **periodo de semidesintegración del padre**  $\gg$  **que el del hijo** (la constante de desintegración del padre  $\ll$  que la del hijo)
- ❑ **Ejemplo:** bario.



$$\lambda_{\text{Ba-140}} \ll \lambda_{\text{La-140}}$$

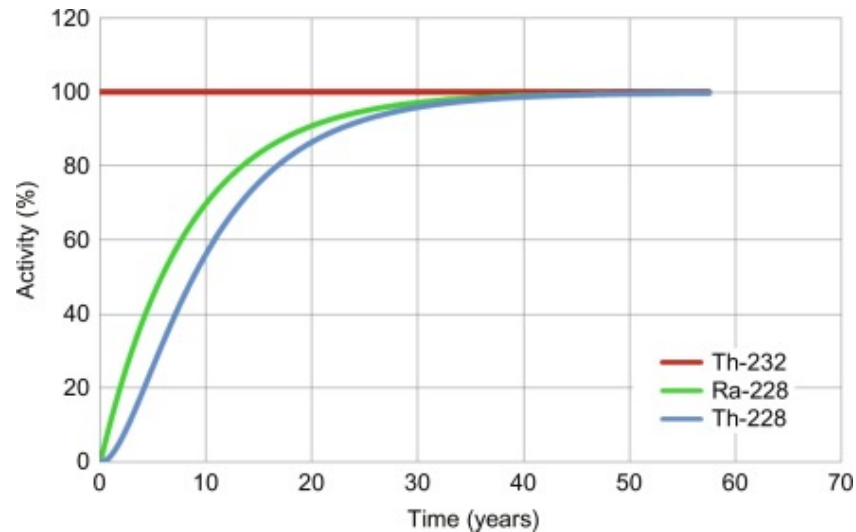


Fuente: Nuclear Physics and Reactor Theory, 1993  
(Department of Energy United States of America)

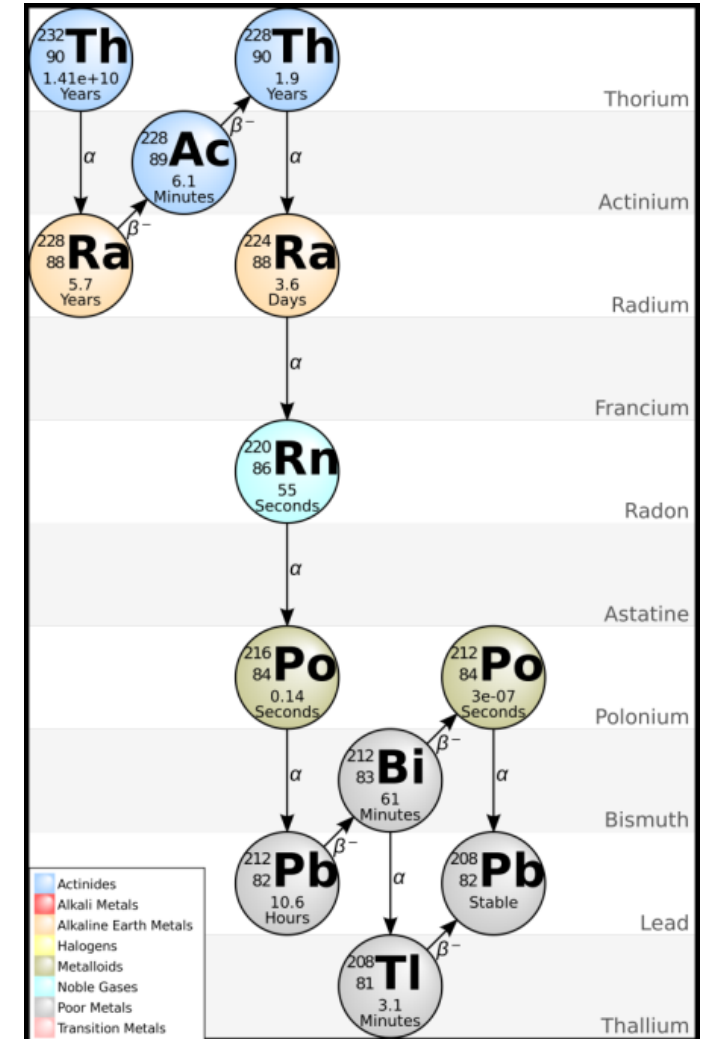
# RADIOACTIVIDAD

## EQUILIBRIO RADIATIVO SECULAR

- ❑ **Equilibrio secular:** ocurre cuando el isótopo padre tiene un periodo de semidesintegración muy grande.
- ❑ Ejemplo: Torio-232
  - ✓ Todos los elementos de la larga cadena de desintegración están en equilibrio secular, se desintegran a la misma velocidad que el padre.
  - ✓ La única excepción es el elemento final estable, que al no desintegrarse, su número de átomos está en constante aumento.



Fuente: Naturally Occurring Radioactive Materials in Construction (2017). K. Kovler



Fuente: Wikipedia

# RADIOACTIVIDAD

## RECURSOS

- Nuclear Physics and Reactor Theory, 1993 (Department of Energy United States of America).
- Introduction to Nuclear Engineering (John R. Lamarsh and Anthony J. Baratta)