

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## RESUMEN

- Radiactividad natural: determinados isótopos de algunos elementos, de forma espontánea:
  - Se desintegran, convirtiéndose en otros elementos
  - Emitiendo diferentes tipos de radiación
- Radiactividad artificial: mediante el bombardeo con partículas, se pueden conseguir isótopos radiactivos de casi todos los elementos (que se desintegran y emiten radiación)
  - En general, los isótopos radiactivos artificiales tienen un periodo de semidesintegración muy corto
  - Los isótopos radiactivos artificiales pueden tener aplicaciones beneficiosas
  - PERO pueden ser perjudiciales: capacidad de ionización

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.6 (a) Radiación ionizante

- Los núcleos radiactivos cuando se desintegran emiten diferentes tipos de radiación.
- Cuando esta radiación atraviesa la materia, la ioniza
- Existen otros tipos de radiación ionizante:
- Radiación ionizante (según su origen):
  - alfa, beta y gamma (de origen nuclear, **radiactividad natural**)
  - protones, neutrones, positrones ... (de origen nuclear, **radiactividad artificial**)
  - **rayos X** (de origen atómico)
    - Ondas de menor frecuencia (luz visible, ondas de radio, microondas) no producen ionización apreciable
- Hay cuatro grandes categorías de radiación.

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.6 (a) Radiación ionizante (según sus características)

- Iones positivos (partículas alfa  ${}^4_2\text{He}$  y protones  ${}^1_1\text{p}$ )
  - Su masa y carga son grandes
  - Ello implica que:
    - Capacidad de ionización: grande
      - arrancan muchos electrones en su recorrido
    - Capacidad de penetración: pequeña
      - se frenan fácilmente
    - Efectos biológicos: grandes
      - al ceder mucha energía que en su recorrido pueden causar graves daños biológicos

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.6 (a) Radiación ionizante

- Electrones y positrones (  ${}_{-1}^0e$  ,  ${}_{+1}^0e$  )
  - Su masa es pequeña, pero su carga apreciable
  - Ello implica que:
    - Capacidad de ionización: mediana
      - arrancan pocos electrones
    - Capacidad de penetración: mediana
      - ceden poca energía, pero apreciable, en su recorrido
    - Efectos biológicos: medianos
      - los daños son inferiores a los de partículas positivas, pero apreciables

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.6 (a) Radiación ionizante

### ■ Rayos gamma y rayos X

- Ninguno de ellos tienen masa ni carga, ya que son fotones
- Ello implica que:
  - Capacidad de ionización: pequeña
    - ellos mismos no ionizan, pero ceden energía a los electrones que encuentra, que sí ionizan
  - Capacidad de penetración: grande
    - ceden muy poca energía en su recorrido
  - Efectos biológicos: grandes
    - dañan las células que encuentran en su camino

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.6 (a) Radiación ionizante

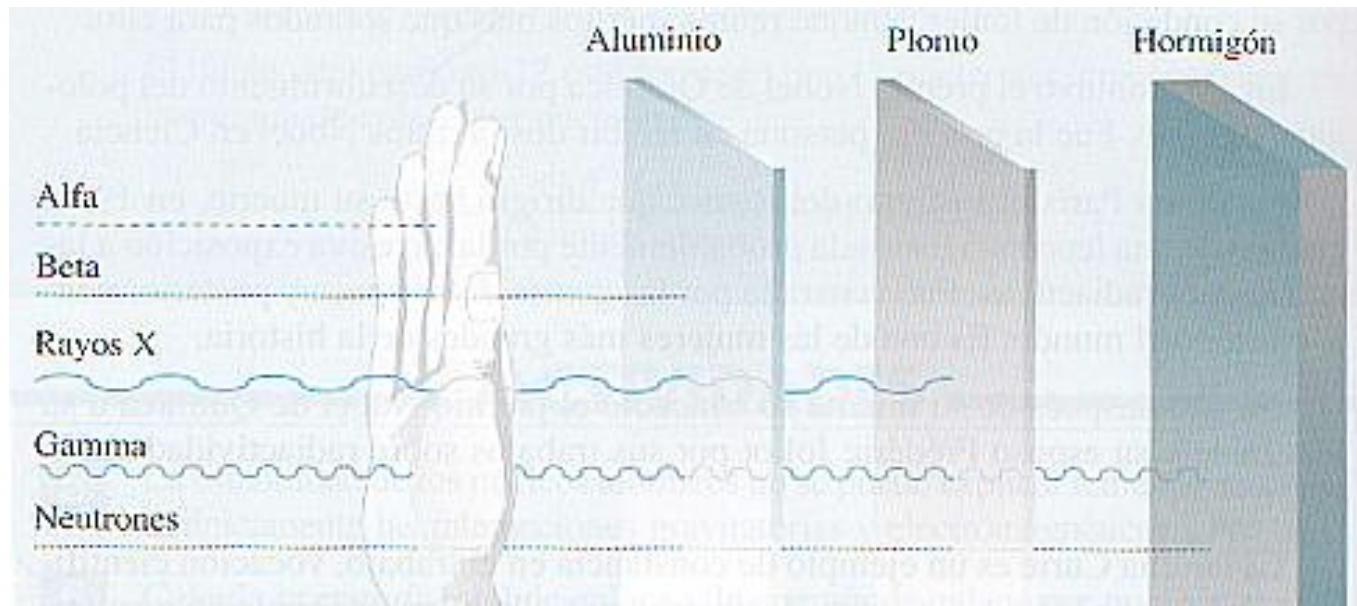
### ■ Neutrones

- Masa más bien grande, pero sin carga
- Ello implica que:
  - Capacidad de ionización: pequeña
    - producen ionización de forma indirecta
  - Capacidad de penetración: grande
    - al no tener carga, no interaccionan con los electrones
  - Efectos biológicos: grandes
    - ceden mucha energía en su recorrido

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.6 (a) Radiación ionizante

- Comparación de capacidad de penetración

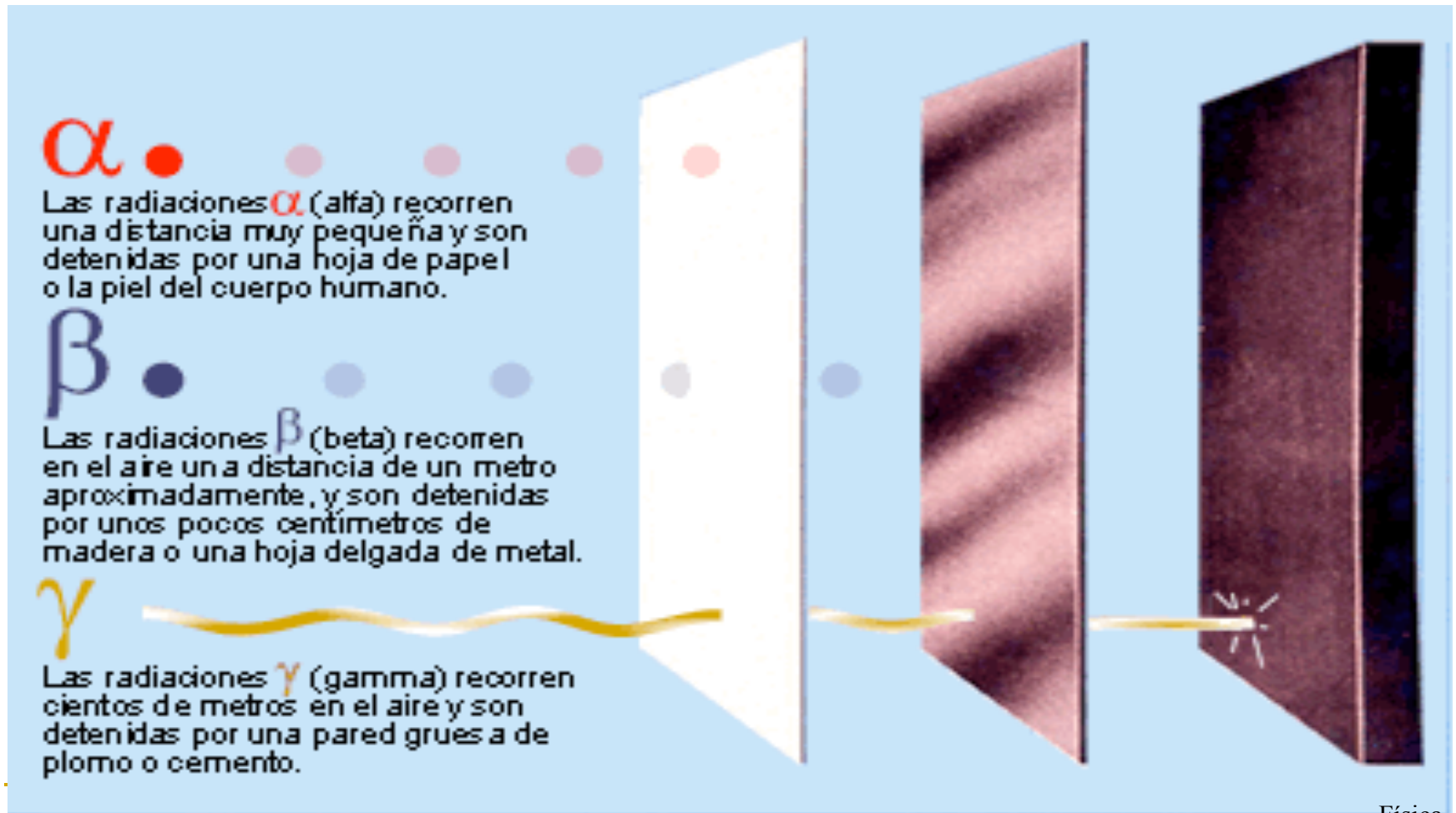


<http://www.mineranet.com.ar/educacion/contenidos/radiacion.asp>

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.6 (a) Radiación ionizante

### ■ Comparación de capacidad de penetración



Física



# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

n° desintegraciones por unidad de tiempo

## 5.6 (b) Unidades de radiación

### ■ 1) Actividad de un átomo radiactivo

- Actividad: velocidad de desintegración cambiada de signo

$$A = \lambda N \quad \text{siendo} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

- Unidades:

- 1 becquerel = 1 Bq = 1 desintegraciones/segundo (unidad SI)
- 1 curie = 1 Ci =  $3.7 \times 10^{10}$  desintegraciones/segundo

- Actividad de una masa de material radiactivo: teniendo en cuenta que en un mol hay  $N_A$  átomos

$$A = \lambda N = \lambda n N_A = \frac{n N_A \ln 2}{T}$$

n° moles

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.6 (b) Unidades de radiación

### ■ 2) Dosis absorbida (magnitud física)

- Energía absorbida por unidad de masa
  
- Unidades:
  - $1 \text{ gray} = 1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$       (unidad SI)
  - $1 \text{ rad} = 0.01 \text{ J/kg}$
  
- Depende de las características físicas del cuerpo (densidad, estructura atómica ...)
  
- No informa de los efectos biológicos

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.6 (b) Unidades de radiación

### ■ 3) Dosis absorbida (magnitud biológica)

- Los efectos biológicos dependen del tipo de radiación
  - Misma dosis, efectos biológicos diferentes.
- Referencia: rayos X de energía 200 keV ( $E = h\nu$ )
- Eficacia biológica relativa (EBR): factor multiplicativo que relaciona el efecto de esa radiación con la de referencia
- Dosis biológica equivalente: dosis física multiplicada por la EBR
- Unidades:
  - 1 sievert = 1 Sv = 1 EBR × Gy                      (unidad SI)
  - 1 rem = EBR × 1 rad

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.6 (b) Unidades de radiación

### ■ 3) Dosis absorbida (magnitud biológica)

Radiación	EBR
Rayos $\gamma$ del $^{60}\text{Co}$ (1.17 y 1.33 MeV)	0.7
Rayos $\gamma$ de 4 MeV	0.6
Partículas $\beta$	1.0
Rayos X de 200 keV	1.0
Protones (1 a 10 MeV)	2
Neutrones	2-10
Partículas $\alpha$	10-20

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.7 Efectos (perjudiciales) de la radiación

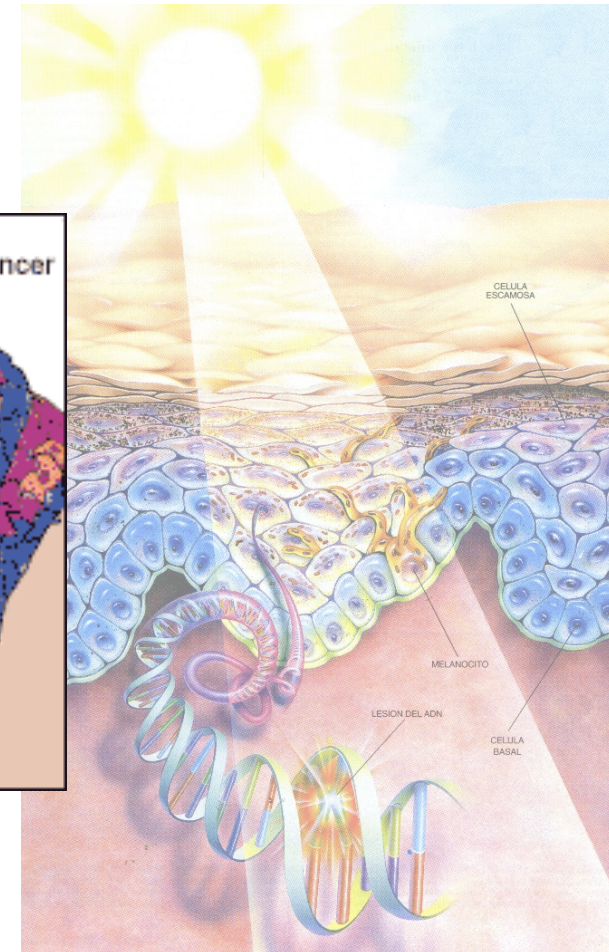
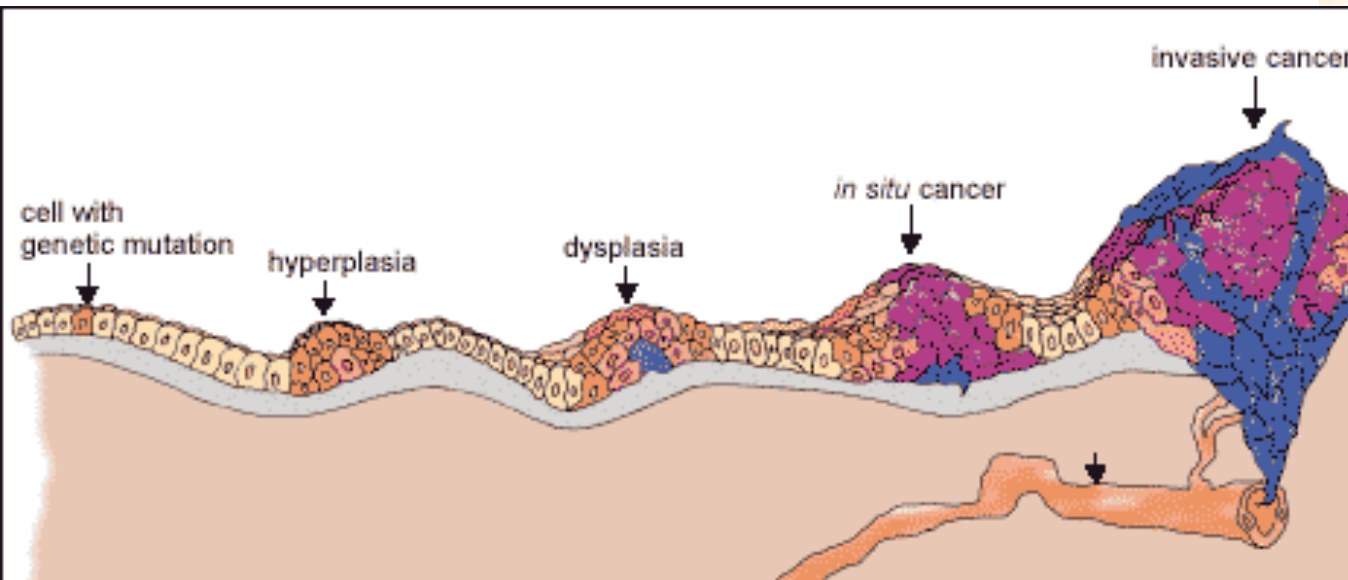
### ■ Efectos celulares

- La radiación puede alterar o perjudicar la estructura de moléculas importantes
  - Funcionamiento defectuoso o muerte de las células
- La radiación puede afectar a
  - Proteínas: afecta a aminoácidos aromáticos y aquéllos que contienen azufre
  - Ácidos nucleicos:
    - muy vulnerables a los efectos de la radiación, afectando a la información genética, síntesis de proteínas..
    - la alteración de un sólo par de bases en la secuencia del ADN puede ser catastrófica

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.7 Efectos (perjudiciales) de la radiación

### ■ Efectos celulares



Etapas en la formación de un cáncer de piel

<http://science.education.nih.gov/supplements/nih1/cancer/guide/understanding1.htm>

[http://www.sagan-gea.org/hojared\\_radiacion/paginas/Las\\_UV\\_y\\_los\\_seres\\_vivos.html](http://www.sagan-gea.org/hojared_radiacion/paginas/Las_UV_y_los_seres_vivos.html)

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.7 Efectos (perjudiciales) de la radiación

### ■ Efectos celulares

□ La radiación puede afectar a (cont)

- Membranas: pueden perforarse (mitocondrias, cloroplastos o de lisoenzimas)
- Células en general: alteraciones bioquímicas (inhibición de sus funciones, formación de productos tóxicos, difusión de sustancias como enzimas liberadas, etc)
- Organismo en su conjunto: las células más sensibles son las que están creciendo o multiplicándose rápidamente (fetos, niños y las células cancerígenas)

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.7 Efectos (perjudiciales) de la radiación

### ■ En función de la sensibilidad:

- ❑ Linfocitos
- ❑ Tejido hematopoyético
- ❑ Epitelios
- ❑ Células conectivas
- ❑ Nervios
- ❑ Cerebro
- ❑ Células musculares

**MUY SENSIBLES**



**POCO SENSIBLES**



# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.7 Efectos (perjudiciales) de la radiación

- Dosis: Los efectos biológicos de la radiación están relacionados estrechamente con las dosis.

Dosis (en rem)	Dosis (en Sv)	Efectos
0 a 25 rem	0 a 0.25 Sv	consecuencias despreciables
25 a 100 rem	0.25 a 1 Sv	ligeros cambios en la sangre
100 a 200 rem	1 a 2 Sv	perjuicios observables, pero recuperables parcialmente
200 a 500 rem	2 a 5 Sv	la probabilidad de morir crece rápidamente. Causas: afecciones de médula ósea, síndromes gastrointestinales y lesiones en el sistema nervioso.
> 500 rem	> 5 Sv	la muerte se produce al cabo de días o semanas.

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.7 Efectos (perjudiciales) de la radiación

- Tiempo de exposición: ADEMÁS, los efectos biológicos de la radiación están relacionados con el tiempo de exposición.
- Los efectos de las radiaciones es acumulativo
  - Los efectos no se disipan con el tiempo, sino todo lo contrario, se acumulan con el tiempo.
  - dosis subletales, pero graduales: pueden producir cáncer
- Radiación a la que estamos expuestos de forma crónica:
  - Radiación natural: radiación natural de bajo nivel debida a los rayos cósmicos y a los radionúclidos presentes en el entorno
  - Radiación artificial: radiación generada por el hombre

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.7 Efectos (perjudiciales) de la radiación

- Fuentes crónicas de radiación:

Fuente	Dosis (mrem/año)	Dosis (mSv/año)
Radiación cósmica	≈ 44	≈ 0.44
Rayos $\gamma$ de rocas	≈ 26	≈ 0.26
Radionúclidos internos	≈ 18	≈ 0.18
media:	≈ 88	≈ 0.88
Lluvia radiactiva (1970)	≈ 4	≈ 0.04
Diagnóstico médico	≈ 72	≈ 0.72
Radiofármacos	≈ 1	≈ 0.01
otros	≈ 2	≈ 0.02
media:	≈ 79	≈ 0.59

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.7 Efectos (perjudiciales) de la radiación

- Dosis máximas permisibles (DMP) fijadas por el "National Council on Radiation Protection" (EEUU)

Tipo de población	DMP	DMP
Población general:		
por individuo	500 mrem/año	5 mSv/año
promedio	170 mrem/año	1.7 mSv/año
Población que trabaja con radiaciones:		
por individuo y año	5000 mrem/año	50 mSv/año
por individuo y 3 meses	1250 mrem/3 meses	12.5 mSv/3 meses
mujeres embarazadas	500 mrem/ 9 meses	5 mSv/ 9 meses

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.7 Efectos (perjudiciales) de la radiación

- **PELIGROSIDAD DE LAS RADIACIONES** depende de:
  - De la cantidad de radiación absorbida (dosis en Gy)
  - Del tipo de radiación (EBR)
  - Del tiempo de exposición (efecto acumulativo)
  
- Dosis recibida: en Sv
  - Dosis sin efectos perjudiciales:  $<0.25$  Sv
  
- Efecto acumulativo:
  - dosis única de 0.05 Sv: no es nociva
  - dosis continuada: 0.05 Sv mes, durante 10 meses  
→ 0.5 Sv: puede ser peligroso

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## ■ **CURIOSIDAD:** información dosimétrica de radiografías

Tipo de radiografía	Dosis (mSv)	Dosis relativa	Equivalencia radiación natural de fondo
Tórax	0.02	1	3 días
Abdomen	1.0	50	6 meses
Lumbar	1.3	65	7 meses
UIV	2.5	125	14 meses
EGD	3.0	150	16 meses
Enema opaco	7.0	350	3.2 años
TC cráneo	2.3	119	1.0 años
TC tórax	8	400	3.6 años
TC abdomen	10	500	4.5 años

UIV: urografía intravenosa    EGD: Esofago-gastro-duodeno-scopia    TC: tomografía computerizada

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.7 Efectos (perjudiciales) de la radiación

- **CURIOSIDAD:** radiografías



[http://www.radiologyinfo.org/sp/photocat/photos\\_more\\_pc.cfm?pg=chestrad](http://www.radiologyinfo.org/sp/photocat/photos_more_pc.cfm?pg=chestrad)

# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.7 Efectos (perjudiciales)

- **CURIOSIDAD: TAC**



TAC: tomografía axial computerizada



[http://www.radiologyinfo.org/sp/photocat/photos\\_more\\_pc.cfm?pg=chestrax](http://www.radiologyinfo.org/sp/photocat/photos_more_pc.cfm?pg=chestrax)



# TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

## 5.7 Efectos (perjudiciales) de la radiación

- **CURIOSIDAD: CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR (CSN)**
- 6- *¿Qué medidas deben tomar los trabajadores de los equipos de rayos X para la inspección de bultos en los aeropuertos?*
  - *Los equipos para la inspección de bultos en los aeropuertos españoles, ... Real Decreto 1836/1999.*
  - ...
  - *No presentará en condiciones normales de funcionamiento una tasa de dosis superior a 1 microsievert/h en ningún punto situado a 0,1 m de la superficie accesible del mismo.*
  - ...

[http://www.csn.es/index.php?option=com\\_faqs&view=entries&Itemid=57&lang=es#pregunta8](http://www.csn.es/index.php?option=com_faqs&view=entries&Itemid=57&lang=es#pregunta8)