

Dosimetría y protección radiológica

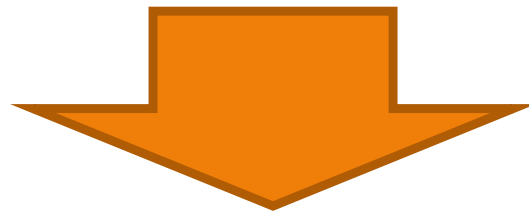
Laura C. Damonte
EV 2020

Objetivos de la clase

- ✓ Encontrar una relación entre la radiación y sus efectos.
- ✓ Establecer la acción de la radiación a partir de su capacidad de generar pares iónicos en los átomos y moléculas del material que penetra.
- ✓ Enunciar normas de radioprotección.

Dosimetría: Medida de la radiación

- ✓ Describir propiamente el haz que origina la radiación.
- ✓ Describir la cantidad de energía que puede depositar en el medio.



Definir ciertas *magnitudes dosimétricas*

Magnitudes de campo

Magnitudes de interacción



**Fuente
radiactiva**

Aire **Exposición**

(Roentgen= $2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$)
Cantidad de ionizaciones
en aire

Material

Dosis absorbida (Gy=1 J/kg)

Cantidad de energía de la radiación
absorbida por un material

Cuerpo humano **Dosis equivalente**

(Sv en unidades de J/kg) La
magnitud de los efectos en el cuerpo
humano

Magnitudes de Campo

✓ Describen el haz de partículas que origina la radiación.

Fluencia de partículas: $\Phi = \frac{dN}{da} \left[\frac{\text{número de partículas}}{\text{area}} \right] [m^{-2}]$

Flujo de partículas: $\dot{N} = \frac{dN}{dt} \left[\frac{\text{número de partículas}}{\text{tiempo}} \right] [s^{-1}] \dots$

Tasa de fluencia de partículas:

$$\phi = \frac{d\Phi}{dt} \left[\frac{\text{número de partículas}}{\text{area tiempo}} \right] [m^{-2} s^{-1}]$$

Fluencia de energía:

$$\Psi = \frac{dN}{da} h\nu \left[\frac{\text{energía}}{\text{area}} \right] [Jm^{-2}]$$

Tasa de fluencia de energía:

$$\psi = \frac{d\Psi}{dt} \left[\frac{\text{energía}}{\text{area tiempo}} \right] [Js^{-1}m^{-2}]$$

Magnitudes de Interacción

✓ Caracterizan la interacción de la radiación con la materia. Son coeficientes específicos para la radiación (tipo y energía), material y forma de interacción.

Coeficiente de atenuación másico:

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{dN}{N\rho dx} \left[m^2 g^{-1} \right] \dots$$

Coeficiente de transferencia másico de energía

$$\frac{\mu_{tr}}{\rho} = \frac{dE_{tr}}{E\rho N dx} \left[m^2 g^{-1} \right]$$

Coeficiente de absorción másico de energía:

$$\frac{\mu_{en}}{\rho} = \frac{\mu_{tr}}{\rho} (1 - g) \left[m^2 g^{-1} \right]$$

Donde g es la fracción de energía de las partículas secundarias que se pierde por radiación.

Algunos conceptos previos

Actividad (A):

Número medio de desintegraciones por unidad de tiempo que experimenta una muestra radiactiva (Curie, Bequerel).

Unidad

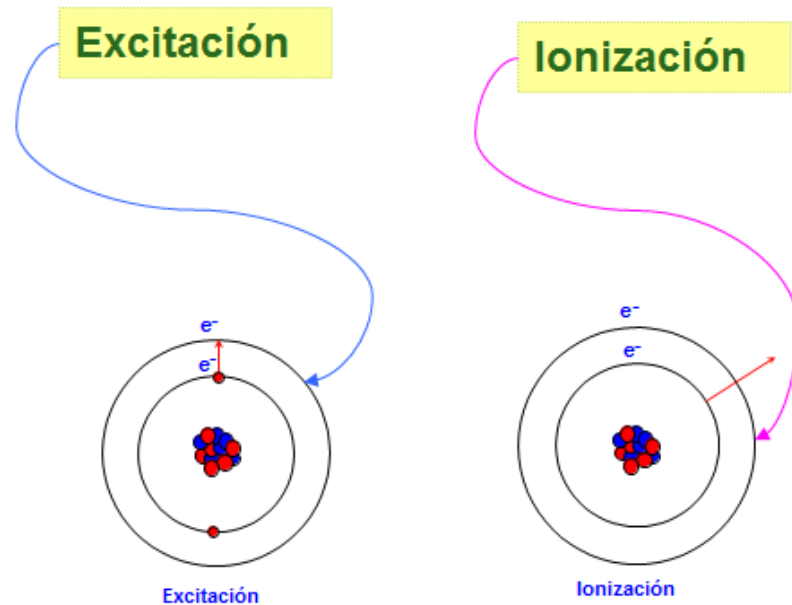
Curie (Ci): $3,7 \times 10^{10}$ desintegraciones/segundo.

Becquerel: 1 desintegración/segundo (Sistema Internacional, SI)

Algunos conceptos previos

Interacción de la radiación con la materia

La radiación interactúa con la materia por *ionización* y *excitación* de átomos y moléculas, por lo tanto *medir la cantidad de ionizaciones* producidas por una radiación es una *medida de la misma*.



Terminología y unidades de dosimetría

➤ El **efecto** de la radiación ionizante sobre **objetos biológicos** no es medible directamente  relación entre la radiación y su efecto

cantidad  dosis de exposición o dosis de absorción

calidad  dosimetría cualitativa (energía)

➤ **Exposición o Dosis (X):**

Cantidad de ionización producida (**dQ**) en un volumen de aire (**dm**)

$$X = dQ/dm$$

Unidades

SI: coulomb/kg

Roentgen: cantidad de *rayos X* que producen una ionización de 2.58×10^{-4} coul/kg en aire.

Los detectores de radiación **Geiger Müller** (detectores gaseosos) cuantifican la radiación del ambiente midiendo la *Exposición (X)*.

No dan información de la *calidad* de la radiación.



La *cuantificación* de la *cantidad de radiación* recibida por un sitio potencialmente radiosensible es esencial para caracterizar los posibles *riesgos de la exposición*.

La dosimetría describe la *cantidad de energía* que puede *depositar en el medio*.

Podemos distinguir las siguientes magnitudes dosimétricas:

- ❖ Dosis absorbida
- ❖ Dosis equivalente
- ❖ Dosis efectiva

Dosis absorbida

- Energía impartida media por la radiación ionizante a una masa dm de materia.

unidad: $\text{J.kg}^{-1} = \text{Gy}$ (Gray)

$$D = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm}$$

Tasa de dosis absorbida

- Incremento de la dosis absorbida en el intervalo de tiempo dt .

unidad: $\text{J.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$ o $\text{Gy}.\text{s}^{-1}$

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt}$$

Dosis absorbida

- Los *efectos* de la radiación dependen de la *dosis* y de la *tasa* de dicha dosis.
- Materiales diferentes expuestos a la misma radiación pueden no absorber la misma cantidad de energía.
- La *dosis absorbida media anual* proveniente de fuentes naturales y antropogénicas es de **2 mGy**.

Tasa de dosis absorbida

- Si se supone *radiación isotrópica puntual*, se desprecia la atenuación del aire:

$$\dot{D} = \Gamma A / d^2$$

- Constante de tasa de dosis Γ : depende del esquema de decaimiento particular de la fuente, la energía de los rayos γ , del coeficiente de absorción en aire y la ionización específica de los e⁻.

Fuente	Γ (R cm ² /h mCi)
¹³⁷ Cs	3.3
⁵⁷ Co	13.2
²² Na	12.0
⁶⁰ Co	13.2
²²² Ra	8.25

Ejemplo. Una cámara de ionización posee un volumen activo de 2.5 cm^3 . En cierto campo de rayos gamma se colecta una carga de $1,2 \times 10^{-9}$ culombios en 10 minutos. Calcular la dosis de exposición y la razón de exposición.

Dosis por exposición (X):

$$X = \Delta Q / \Delta m$$

Si la densidad del aire es $\delta = 1,293 \times 10^{-3} \text{ g cm}^{-3}$

$$\Delta m = \delta \Delta V = 1,293 \times 10^{-3} \text{ g cm}^{-3} \times 2,5 \text{ cm}^3 = 3,2326 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

$$X = 0,37 \times 10^{-3} \text{ C/kg} = 1,44 \text{ R}$$

Suponiendo que el campo de radiación es constante, la razón de exposición será:

$$\frac{dX}{dt} = \frac{1,44 \text{ R}}{10 \times 60 \text{ s}} = 2,4 \text{ mR/s.}$$

Magnitudes de Protección Radiológica

A partir de experimentos biológicos se determinó que el daño producido por una radiación no sólo depende de la energía de la misma, sino también del **tipo** de radiación incidente.

Factor de ponderación de la radiación



La **radiosensibilidad relativa** de cada órgano para desarrollar cánceres fatales o defectos genéticos.

Factor de ponderación del tejido



Factor de ponderación de la radiación

- El daño biológico causado por la radiación depende del *tipo de radiación específica* y de su *energía*:

rayos γ y neutrones entregan la misma energía pero distinto poder de ionización  *efectos biológicos diferentes*

Tipo de radiación	Factor w_R	Tipo de radiación	Factor w_R
Rayos X	1	Neutrones rápidos	10
Rayos γ	1	Protones	10
Electrones	1	Partículas alfa	20
Neutrones térmicos	5	Núcleos pesados	

Dosis equivalente

➤ **La dosis equivalente H** , es el producto de la dosis absorbida y el factor de calidad o ponderación de la radiación:

$$H = D w_R$$




$$1 \text{ Sv (Sievert)} = 1 \text{ J/Kg}$$

$$1 \text{ rem (rad equivalent man)} = 0.01 \text{ Sv}$$

Ejemplo: 2mGy de rayos γ y 1mGy de partículas α .
Calcular H

$$H = 2\text{mGy } w_\gamma + 1\text{mGy } w_\alpha$$

Factor de ponderación del tejido

- La dosis o energía entregada a 1g de tejido por una radiación poco ionizante  cada célula recibe una dosis tal que puede regenerar su efecto.
- Esa misma dosis para una radiación fuertemente ionizante  solo el 1% de las células reciben la dosis, pero en promedio las células reciben 100 veces más radiación  no se recupera el daño.
- La relación entre la probabilidad de desarrollar efectos biológicos, tales como el cáncer, debido a la radiación depende del órgano específico que recibe la radiación, se define la *dosis efectiva E*.

Dosis efectiva

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T$$

$$E = \sum_T w_T \cdot \sum_R w_R \cdot D_{TR}$$

unidad: $J \cdot kg^{-1} = Sv$

El resto está constituido por: glándulas adrenales, cerebro, intestino delgado, riñones, músculo, páncreas, bazo, timo, útero y vías aéreas extratorácicas.

Tejido u órgano	w_T
Gónadas	0,20
Médula ósea (roja)	0,12
Colon	0,12
Pulmón	0,12
Estómago	0,12
Vejiga	0,05
Mamas	0,05
Hígado	0,05
Esófago	0,05
Tiroides	0,05
Piel	0,01
Superficie ósea	0,01
Resto	0,05

Ejemplo: Pulmón recibe una $H=3mSv$ y la tiroides $H=6mSv$,
Calcular E

Magnitudes operacionales para monitoreo de la irradiación externa

- Tasa de dosis absorbida

$$\dot{D} = 1.696 \cdot 10^3 \cdot \frac{A}{d^2} \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right) \cdot \varepsilon \cdot E$$

$$\dot{D} = 1.696 \cdot 10^3 \cdot \frac{A}{d^2} \cdot \sum_i \left[\left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_i \cdot \varepsilon_i \cdot E_i \right]$$

Cálculo de Dosis

$$\dot{D}_0 = 1.696 \cdot 10^3 \cdot \frac{A}{d^2} \cdot \sum_i \left[\left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_i \cdot \varepsilon_i \cdot E_i \right]$$

Para el ^{201}Tl

A : 1 Ci d : 10 cm

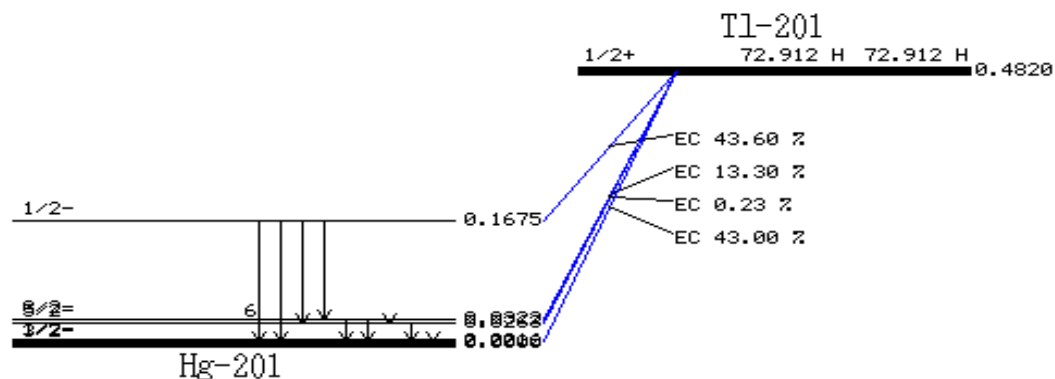
E_1 : 0.167 MeV ε : 0.1 μ_{en}/ρ : 0.028

E_2 : 0.135 MeV ε : 0.025 μ_{en}/ρ : 0.026

D_0 : 9.4 mSv/h

201Tl EC DECAY

Parent state: G.S.
 Half life: 72.912 H(17)
 Q(gs): 482(15) keV
 Branch ratio: 1.0



EC: total intensity = 100.1

Gamma ray: for absolute intensity multiply by 0.1000(6)

Energy (keV)	Intensity (rel)
1.565 (6)	-
5.84	-
26.34 (7)	0.086 (9)
30.60 (3)	2.53 (5)
32.19 (3)	2.58 (5)
135.34 (4)	25.65 (18)
141.1 (2)	0.063 (20)
165.88 (7)	1.55 (5)
167.43 (7)	100

SHAHEEN RAB, *Nuclear Data Sheet* 71,421 (1994)

Please e-mail to jhchang@kaeri.re.kr for any comment. Thank you.

Ecuación básica para dosis absorbida por incorporación

$$D = k \cdot \frac{\tilde{A}}{m} \cdot \sum_i [n_i \cdot \phi_i \cdot E_i]$$

\tilde{A} es la actividad acumulada, E_i energía de emisión, n_i n° de emisiones de energía E_i , ϕ_i fracción de energía absorbida en el blanco.

Diversos sistemas dosimétricos:

MIRD: *Medical Internal Radiation Dose*

Fuente	Dosis promedio por persona (mSv/año)		
	Pobl. mundial	USA	Alemania
<i>Fuentes naturales</i>			
Gral.	2.4	2.95	2-2.5
Rayos cósmicos	0.37	0.27	
Terrestre		0.28	0.1
Radón inhalado		2.0	0.8-1.6
<i>Fuentes ambientales</i>			
Nuclear	0.002		
Chequeo equipaje en aeropuerto		7nSv/viaje	
Vuelo de avión subsonico a 8000m		2 μ Sv/h	
<i>Exposiciones médicas</i>			
Diagnosis	0.4-1	0.53	0.5-1.5
1 chequeo por RX		0.1 mSv/x-ray	
ocupacional	0.002	0.1-3	

Protección radiológica

- ✓ La radiación ionizante puede causar efectos dañinos sobre los tejidos y órganos.
- ✓ Dependen de la *dosis*, *tasa de dosis*, *tiempo de exposición*, etc
- ✓ Al trabajar con radiación se deben conocer los posibles efectos de la radiación, límites permisibles, precauciones de seguridad, etc.

PRINCIPIOS DE PROTECCION RADIOLOGICA

```
graph TD; A[PRINCIPIOS DE PROTECCION RADIOLOGICA] --- B[SEGURIDAD NUCLEAR]; A --- C[SEGURIDAD RADIOLOGICA]; A --- D[SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE]; A --- E[SEGURIDAD DE DESECHOS RADIATIVOS];
```

**SEGURIDAD
NUCLEAR**

**SEGURIDAD
RADIOLOGICA**

**SEGURIDAD
EN EL
TRANSPORTE**

**SEGURIDAD
DE
DESECHOS
RADIATIVOS**

Protección de la Radiación

- ✓ **Actividad**
- ✓ **Tiempo**
- ✓ **Distancia**
- ✓ **Blindaje**

Protección de la Radiación

ACTIVIDAD

- ✓ Utilizar la menor actividad de radionucleidos compatible con el resultado buscado de la práctica
- ✓ Generar la menor cantidad de residuos contaminados con material radiactivo
- ✓ Programar las prácticas para evitar repeticiones
- ✓ Controlar la eficiencia del equipamiento y utilizar las condiciones de medición optimizadas

Protección de la Radiación

Tiempo

✓ La exposición total a la radiación de un individuo es directamente proporcional al tiempo que él ha estado expuesto a la fuente.

Por lo tanto, es prudente no estar más tiempo del necesario cerca a la fuente de radiación.

✓ Ejemplo:

Aún con el uso de jeringas y frascos blindados, se debe limitar la cantidad de tiempo usado manipulando el radiofármaco.

El trabajo debe ser realizado eficientemente para disminuir la exposición.

Protección de la Radiación

DISTANCIA

✓ La intensidad de la radiación de la fuente, y de la exposición a la radiación, varía inversamente al cuadrado de la distancia.

Por lo tanto, se recomienda que el trabajador mantenga la mayor distancia que sea posible entre él y la fuente de radiación.

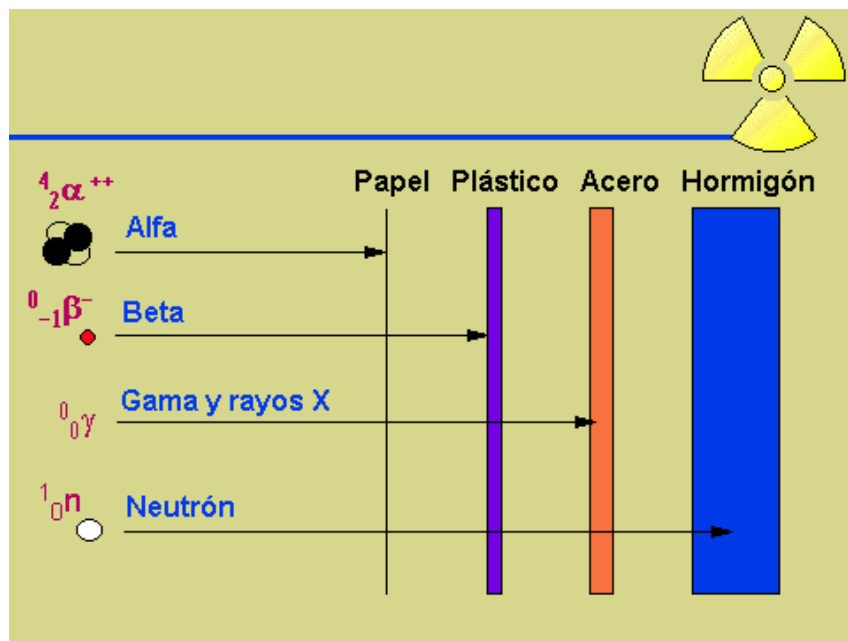
✓ El trabajador debe usar guantes y herramientas de manipulación remota como fórceps y pinzas cuando trabaja con material radiactivo.



Protección de la Radiación

BLINDAJE

- ✓ Diversos materiales que pueden absorber la radiación, pueden ser usados para disminuir la exposición a las radiaciones.
- ✓ La radiación gamma es altamente penetrante, por lo tanto deben usarse materiales muy absorbentes para el blindaje de fuentes emisoras de este tipo de radiación.



- ✓ El plomo es más comúnmente usado para atenuar radiación gamma.
- ✓ Los radionucleidos emiten partículas beta que deben estar blindados en contenedores de material de bajo Z tal como aluminio o plástico, ya que con material de alto Z como el plomo, se produce radiación altamente penetrante (bremsstrahlung).

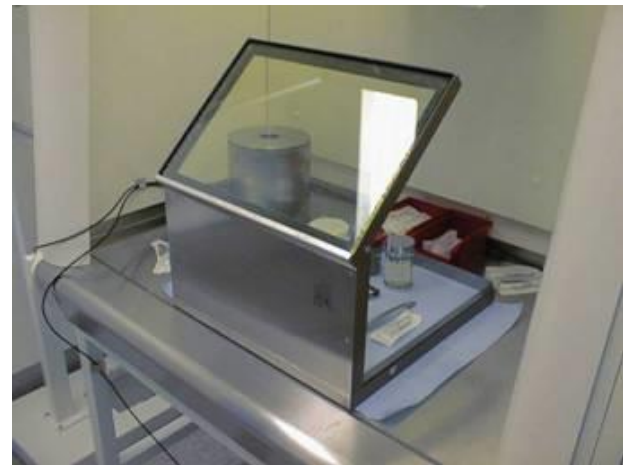
Protección de la Radiación

BLINDAJE

Bunker de guarda de material radiactivo en uso



Pantalla de fraccionamiento de visión directa



Simbología para contenedores de material radiactivo



Dosímetros personales

Información en la web:

<http://www.icrp.org>

Efectos biológicos de la radiación ionizante

Si Material = Medio Biológico



Objetivos de la Protección Radiológica

- ✓ Prevenir la ocurrencia de efectos determinísticos.

A partir de un umbral de dosis

Se asocian a accidentes



- ✓ Reducir la probabilidad de ocurrencia de efectos estocásticos a niveles considerados aceptables.

No presentan umbral de dosis

Se asocian a las prácticas diarias



¿Quién brinda la protección?



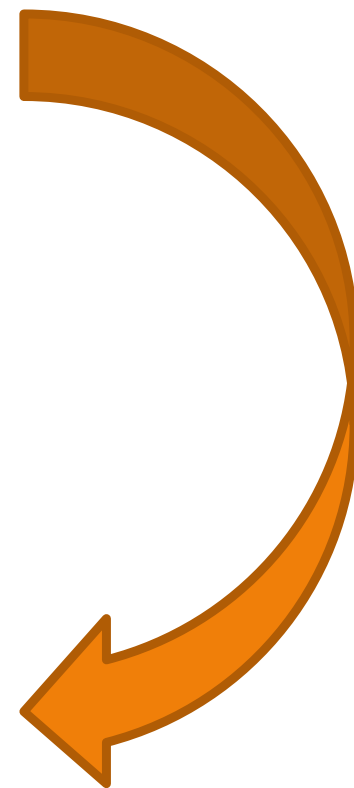
Comité de las Naciones Unidas para
el Estudio de los Efectos de las RI
Bases científicas



Comisión Internacional de Protección
Radiológica
Recomendaciones



Organismo Internacional de Energía
Atómica
Normativa



El sistema de protección radiológica del ICRP

International Commission on Radiological Protection

- ✓ Justificación
- ✓ Optimización
- ✓ Limitación de la dosis

Radioprotección: estrategia internacional

✓ **UNSCEAR** : revisión y síntesis de trabajos científicos sobre los efectos de las RI

✓ **ICRP** : recomendaciones para la justificación de las exposiciones, optimización de las exposiciones justificadas (ALARA) y limitación de las dosis para evitar la ocurrencia de efectos determinísticos y minimizar la probabilidad de ocurrencia de efectos estocásticos

Justificación

- La práctica debe producir un beneficio suficiente a los individuos expuestos o a la sociedad para compensar los daños por radiación que pudiera causar.
- Solo se debe autorizar una práctica cuando origine un beneficio neto positivo para la sociedad.
- En el caso de exposición médica, la justificación de la misma debe ser efectuada por el médico responsable que cuente con permiso individual.

Limitación de dosis

- La exposición normal de los individuos se debe restringir de modo que no se superen los límites de dosis establecidos.
- Los límites no se aplican a exposiciones médicas.
- Los límites se aplican a cada trabajador y a los miembros del público.
- Para el público se aplican los límites del grupo crítico.

Limites de dosis y optimización

Límite

INACEPTABLE

de Dosis

Restricciones de Dosis

Supuestos realistas para evitar costos innecesarios en protección radiológica

Optimización

TOLERABLE

ACEPTABLE

Tipos de exposiciones

- **Ocupacional:** recibida en el lugar de trabajo y como consecuencia del trabajo.
- **Médica:** exposición de las personas como parte de su diagnóstico o tratamiento.
- **Del público:** incluye el resto de las exposiciones.

Exposición ocupacional

Para trabajadores los límites de dosis son:

- Dosis efectiva anual: **20 mSv**

Esto es un promedio en 5 años consecutivos (100 mSv en 5 años) no pudiendo excederse de 50 mSv en un único año.

- Dosis equivalente anual:
 - cristalino: **20 mSv**
 - piel: **500 mSv**

Resolución 230/2016 Autoridad Regulatoria Nuclear - NORMA AR 10.1.1 - NORMA BASICA DE SEGURIDAD RADIOLOGICA - REV. 3. CRISTALINO EN 20 MSV POR AÑO. EXPOSICION OCUPACIONAL DE TRABAJADORES DURANTE INSTALACION O REALIZACION DE PRACTICA

Exposición miembros del público

Para miembros del público los límites de dosis son:

➤ Dosis efectiva anual: **1 mSv**

(reducir EE)

➤ Dosis equivalente anual:

(evitar ED)

➤ cristalino: **15 mSv**

➤ piel: **50 mSv**

Optimización

Las exposiciones deberán optimizarse de modo tal que la *magnitud de las dosis individuales*, el *número de personas expuestas* y la *probabilidad de sufrir exposiciones*, se reduzcan al valor

Más Bajo que Pueda Razonablemente Alcanzarse,



Principio **ALARA**
(As Low As Reasonable Achieved)

atendiendo factores sociales y económicos.

Optimización

- De la protección
- De la dosis
- De la práctica

Procesos de Optimización

- Medidas de protección y seguridad.
- Naturaleza, magnitud y probabilidad de las exposiciones.
- Establecer criterios: prevención de accidentes y atenuación de sus consecuencias.
- Dosis efectiva de radiación del trabajador no supere los **6 mSv** en un año.

Procesos de Optimización

De la práctica:

- Dosis innecesarias: equipos y técnicas.
- En pacientes, la dosis sea la mínima necesaria y suficiente, para el objetivo perseguido.
- Dosis al tejido sano, la mínima (ALARA).
- Métodos adecuados para bloquear a órganos que no sean el objeto de estudio y acelerar su excreción.

Exposiciones Potenciales

En el diseño de una instalación o práctica:

- Prevenir la ocurrencia de accidentes.
- Mitigar sus consecuencias radiológicas.
- Estimar el riesgo residual analizando las secuencias accidentales previsibles.

Exenciones

Prácticas exentas:

Aquella en la que se pueda demostrar que no es posible originar, durante un año,

- Una dosis efectiva a los individuos más expuestos superior a los $10 \mu\text{Sv}$
- Una dosis colectiva mayor que 1 Sv hombre.

Riesgo radiológico

- **IRRADIACION**

Aplicar radiación ionizante a un material dado. Esto no convierte en radioactiva a dicho material. La dosis proviene de material radiactivo en fuentes selladas y controladas.

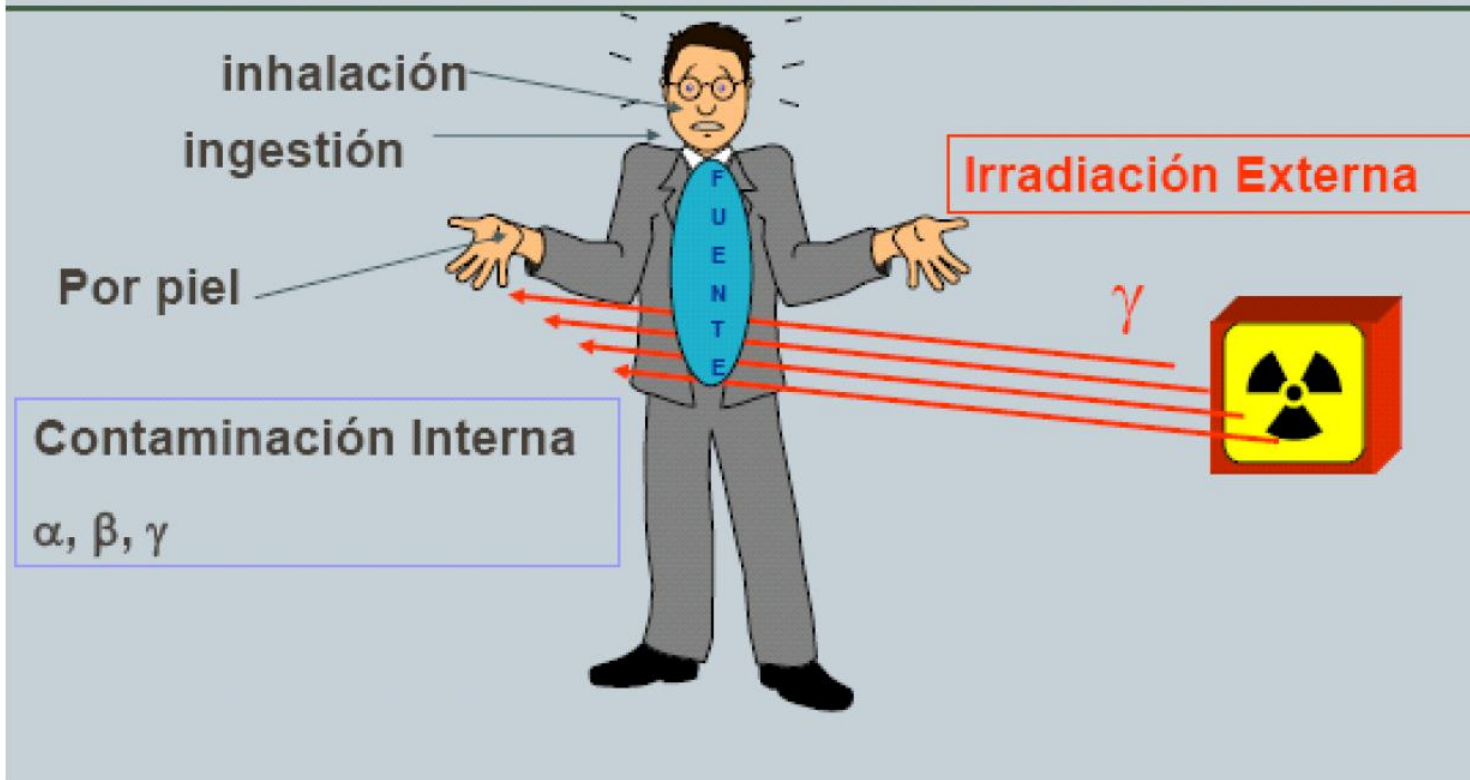
- **CONTAMINACION**

La *contaminación radiactiva* se refiere a la presencia *no deseada*, dañina y sobre los *niveles naturales* de sustancias radiactivas en la atmósfera, suelo, agua y/o alimentos.



Riesgo radiológico

IRRADIACION EXTERNA vs. CONTAMINACION INTERNA



Radio thermal Generators Containing Strontium-90
Discovered in Liya, Georgia

Los jabalíes radiactivos de Alemania

CienciaBBC Mundo, @bbc_ciencia
4 septiembre 2014

http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2014/09/140904_ciencia_radioactividad_jabali_sajonia_alemania_np



Los jabalíes que merodean en los bosques del este de Alemania son considerados una exquisitez, lo que los convierte en presa de caza.

Según los expertos, el material radioactivo habría llegado a la región sajona luego de la explosión del reactor nuclear de Chernobyl en 1986.

Guardan datos sobre desechos radiactivos

Escrito por Agencia Reforma Publicado en Nacional Jueves, 16
Octubre 2014 15:43

27 de agosto de 2014 • 16:16

Torio: ¿el combustible nuclear del futuro?

BBC MUNDO.com

[Autoridades rusas confirma riesgo de contaminación radiactiva por incendios](#)



Efectos biológicos

Tabla 6: Respuestas esperadas frente a dosis de radiación agudas en el cuerpo entero

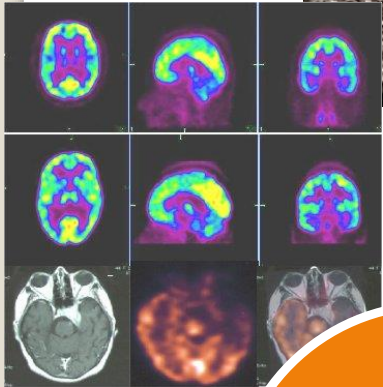
10 000 rem	100 Sv	Muerte en pocas horas por daño del sistema nervioso central
1 200 rem	12 Sv	Muerte en varios días por daño del sistema gastrointestinal
600 rem	6 Sv	Muerte en varias semanas por daño de los órganos donde se forma la sangre
200 rem	2 Sv	Vómitos en dos horas. Vulnerabilidad a las infecciones por la destrucción de glóbulos blancos.
75 rem	0.75 Sv	Debilidad temporal, pero posible recuperación en pocos días.



Ocupacional



Exposición a la Radiación



Paciente

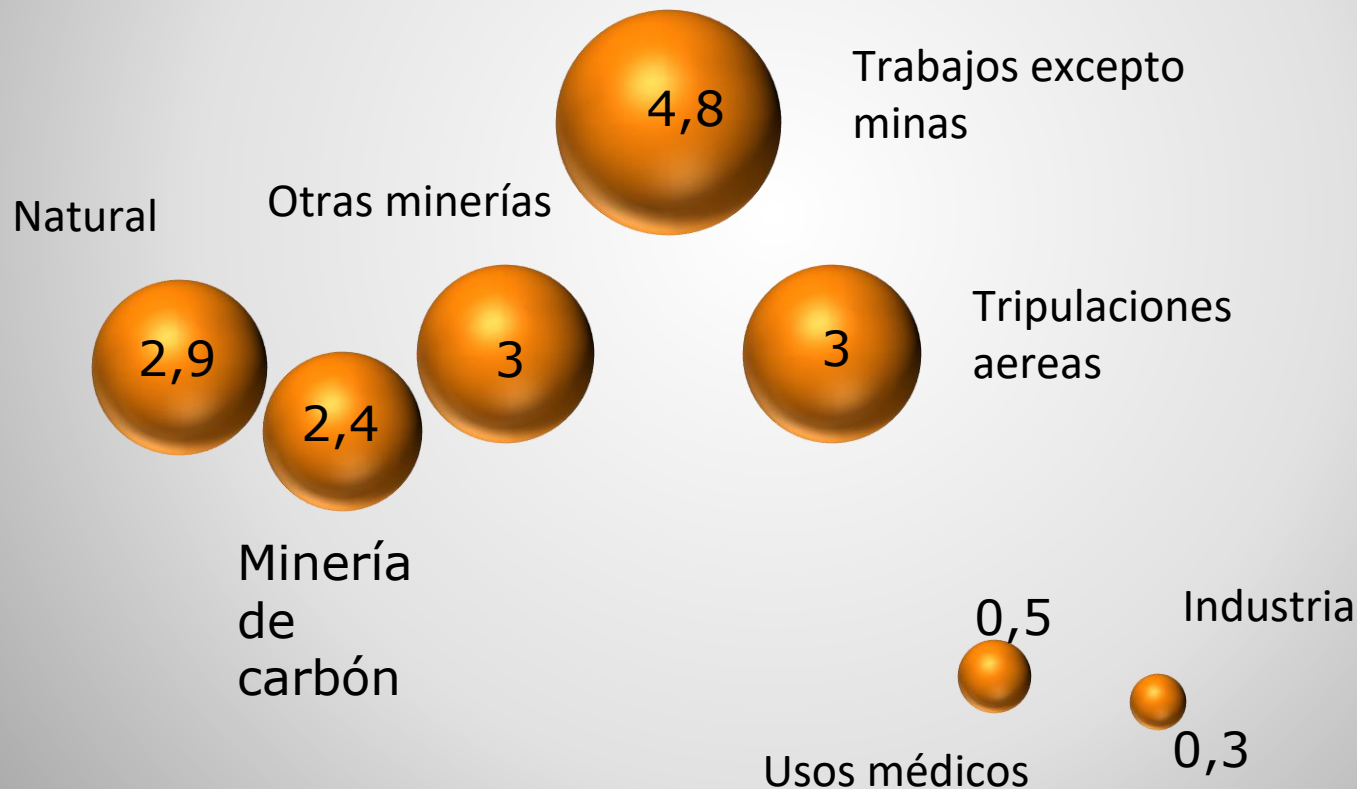


Público



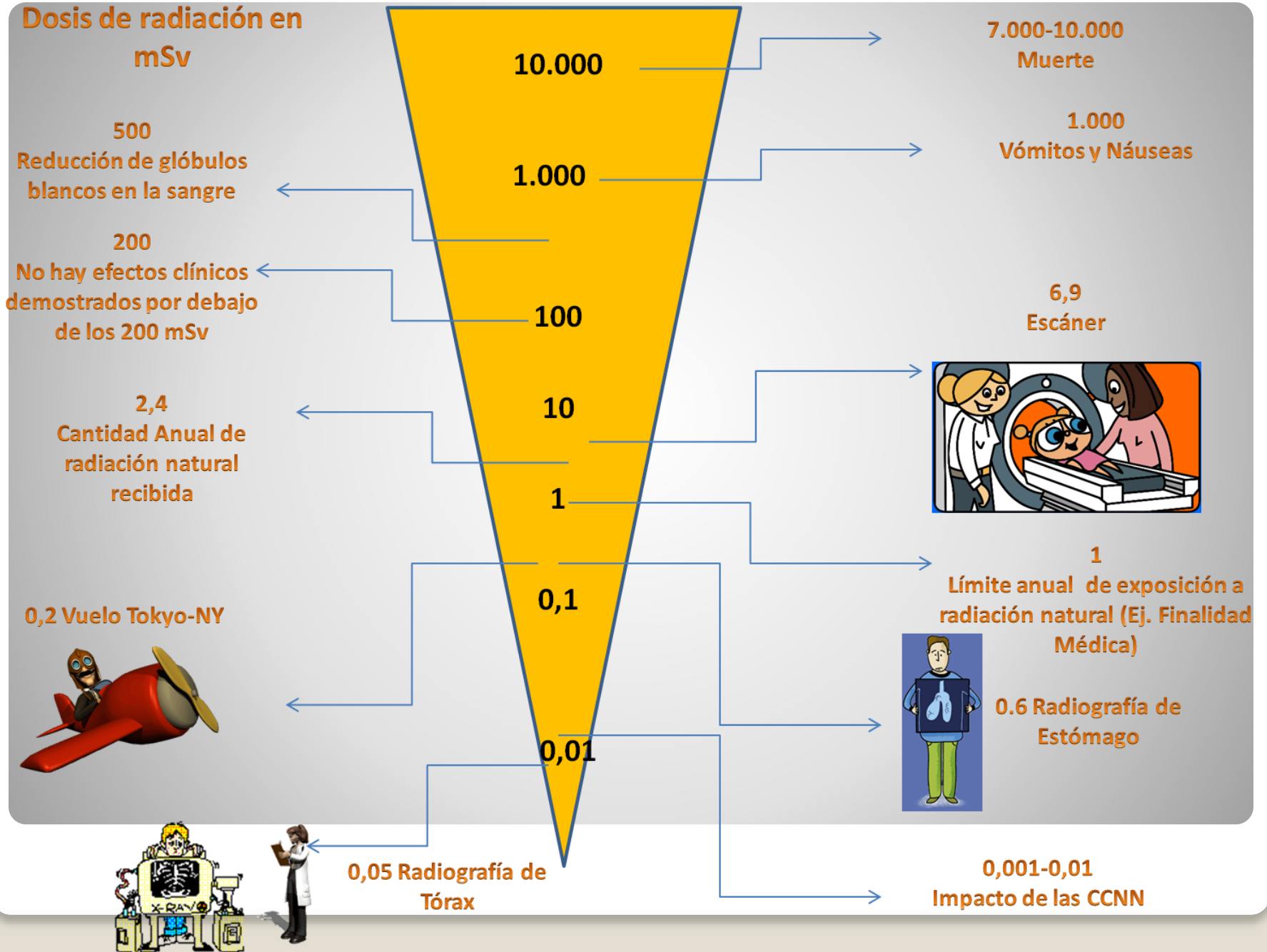
Exposición profesional asociada a fuentes artificiales y naturales de radiación en todo el mundo

Exposición (mSv/año)



Fuente: UNSCEAR

Dosis de radiación en mSv



0,2 Vuelo Tokyo-NY



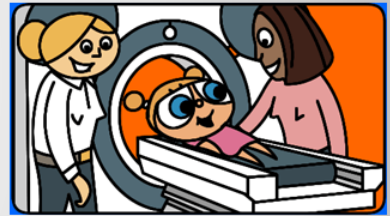
0,05 Radiografía de Tórax

0,01



0,6 Radiografía de Estómago

1 Límite anual de exposición a radiación natural (Ej. Finalidad Médica)



6,9 Escáner

1

2,4 Cantidad Anual de radiación natural recibida

10

No hay efectos clínicos demostrados por debajo de los 200 mSv

100

1.000

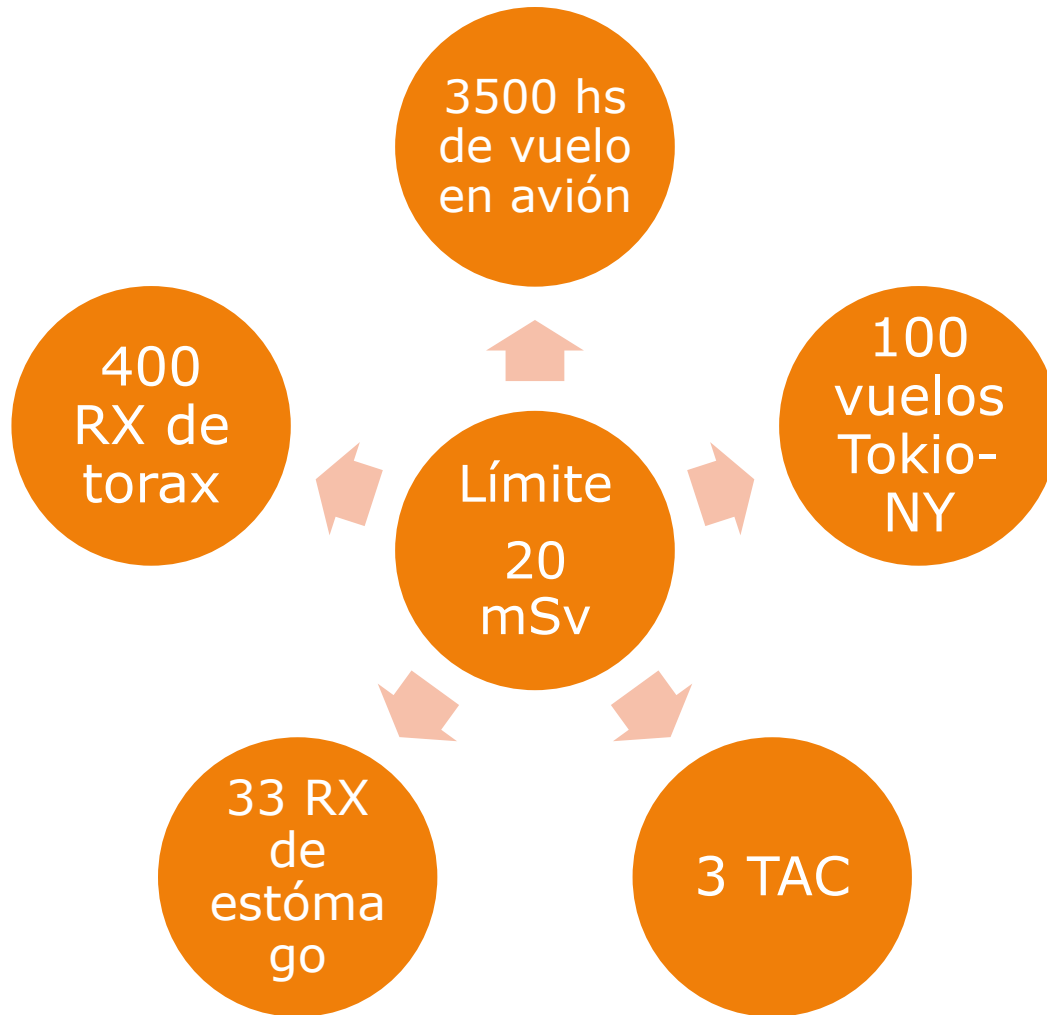
10.000

7.000-10.000 Muerte

1.000 Vómitos y Náuseas

0,001-0,01 Impacto de las CCNN

Comparación entre exposiciones ocupacionales y límite de dosis



Límite de dosis (mSv/año)	Exposición	Ocupacional	Público
----------------------------------	-------------------	--------------------	----------------

Efectiva anual		20	1
----------------	--	----	---

Efectiva en cualquier año		50	5
---------------------------	--	----	---

En 5 años consecutivos		100	1
------------------------	--	-----	---

	Cristalino	150	15
--	------------	-----	----

	Piel	500	50
--	------	-----	----

Dosimetría: Medida de la Radiación

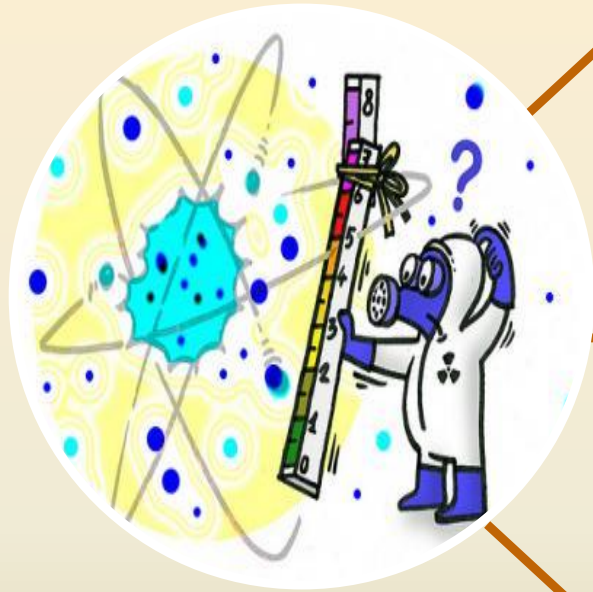
Radiación

- Tipo
- Energía



Energía depositada

- Cantidad
- Tiempo
- Lugar



CONOCER

- Origen
- Manipulación

USOS

- Beneficios
- Riesgos

CONTROL

- Normas
- Protección



Eritema
secundario
18 días post-
irradiación



Flictena 25 días
post-irradiación



Epitelitis
húmeda 32
días post-
irradiación



Restauración
50 días post-
irradiación

Tabla 1: Actividad de algunas sustancias.

1 litro de agua de grifo	≈ 10 a 30 Bq
1 vaso de cerveza	≈ 40 Bq
1 vaso de leche	≈ 120 Bq
1 litro de una solución 1 molar de KCl	≈ 1200 Bq

Gestión de Residuos

Materiales para los cuales no se prevé ningún uso ulterior que contienen sustancias radiactivas con valores de actividad tales que exceden las restricciones de dosis establecidas por la autoridad regulatoria para su dispersión en el ambiente.

(Ref: Norma AR 10.12.1)

Gestión de Residuos: etapas

- ✓ IDENTIFICACIÓN
- ✓ RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE
- ✓ REGRESO AL FABRICANTE
- ✓ ACONDICIONAMIENTO
- ✓ ALMACENAMIENTO INTERINO
- ✓ DISPOSICIÓN

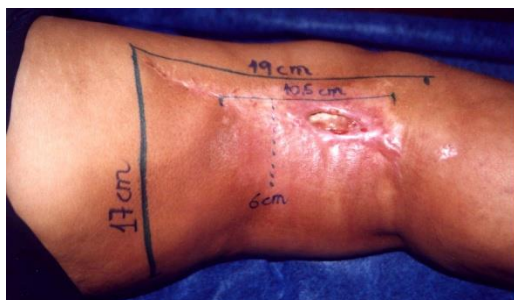
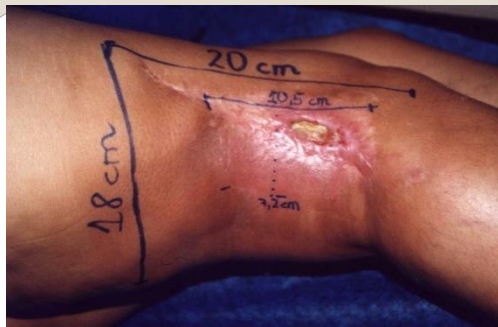
Gestión de Residuos

VIDA CORTA	VIDA LARGA
<ul style="list-style-type: none">✓ Almacenamiento interino para dejar decaer hasta que se alcancen niveles de desregulación para disposición	<ul style="list-style-type: none">✓ Acondicionarlas de tal manera que las fuentes sean seguras✓ Transferirlas a un almacenamiento interino apropiado✓ Eventual disposición

Gestión de Residuos

Los RR deberán gestionarse de tal manera que los impactos previstos en la salud de generaciones futuras no sean mayores que los niveles que son aceptados actualmente

- Protección por la presencia de radionucleidos.
- Protección por la presencia de materiales tóxicos.



El registro fotográfico seriado permite objetivar evolución y respuesta terapéutica