

# PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Marcelo Ramírez Ávila

Instituto de Investigaciones Físicas  
U.M.S.A.

Universidad Mayor  
de San Andrés

Sociedad Boliviana  
de Física

**CURSO INTERNACIONAL**

**APLICACIONES DE LA RADIACION**

**19, 20 Y 21 SEPTIEMBRE 2016**

# PLAN DE LA EXPOSICIÓN

- Aspectos históricos y definiciones importantes.
- Radiaciones natural y artificial.
- Magnitudes y unidades en Protección Radiológica (PR).
- ¿Cómo protegerse de las radiaciones? Blindajes.
- Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.
- Reglamentación. El IBTEN.
- Curiosidades.
- Síntesis: 10 principios y 10 mandamientos en PR.

# Aspectos históricos

- **1895 - Wilhem Conrad Roentgen descubre los rayos X (Rx) y en 1901 recibe el Premio Nobel en Física (primer laureado).**
- **1903 - Marie Curie y Pierre Curie, junto a Henri Becquerel son laureados con el Premio Nobel en Física por sus contribuciones relacionadas con la radiactividad.**
- **1942 - Enrico Fermi y otros generan la primera reacción nuclear sostenida en cadena en un laboratorio situado debajo del estadio de la Universidad de Chicago.**
- **1945 – Lanzamiento de bombas atómicas en Japón.**

# El caso del radio

1898 – Descubierta por Marie Curie

1900-1930 – Terapia de radio - usada para el tratamiento de artritis, malestares estomacales y cáncer.

Aceptado por la Asociación Americana de Medicina

1920s – U.S. Radium corporation emplea mujeres jóvenes para el pintado de carátulas de reloj.

Finales de los 1920s – Las “chicas del radio” ganan una demanda y son compensadas.

# "Curas" con radiactividad

## Manantial de salud con energizante de radio

(~1927-1931)



Is your  
DRINKING  
WATER  
what it  
should be?



This Radium Vitalizer makes your drinking water Radio-Active

### Does it Pay?

The following statistics, furnished by that internationally known authority, Dr. Sigmund Saubermann, of Berlin, Germany, on cases under careful observation, will interest the thoughtful in the beneficial, healing and curative powers of radium emanation. This is indisputable evidence of its restorative virtues.

Diseases Treated	No. Treated	Cured	Benefited
Anemia	111	71	40
Ankylosis	52	30	21
Asthma (Bronchial)	37	00	31
Apoplexy	81	00	70
Arterio-Sclerosis	305	00	294
Arthritis "Gout"	125	38	63
Arthritis "Chronic"	218	189	24
Arthritis "Deformans"	691	512	52
Arthritis "Subacute"	210	137	63
Arthritis "Gonorrhoeal"	47	30	17
Bronchitis	200	104	57
Cystitis, Chronic (inflammation of bladder)	21	11	00
Eczema	59	22	15
Gout	463	114	307
Glycosuria (sugar diabetes)	162	162	---
Laryngitis (inflammation of throat)	12	---	11
Lumbago	221	112	86
Metritis, Chronic (inflammation of uterus)	197	---	127
Myocarditis (inflammation of heart muscles)	14	---	11
Nephritis, Interstitial (Bright's disease)	87	---	53
Neuralgia, Neuritis (proximal nerve pain)	235	113	115
Neurasthenia (nervous prostration)	558	228	129
Psoriasis (skin disease of many varieties)	33	4	22
Pyorrhea	98	55	43
Rheumatism "Chronic Articular"	250	193	57
Rheumatism "Subacute" and "Chronic"	240	116	122
Rheumatism of the Breast	83	72	1
Rheumatism of the Head	44	44	---
Rheumatism of the Neck	15	14	1
Rheumatism of the Shoulders	90	65	14
Rheumatism "Rheinitis" "Chronic"	58	39	8
Sciatica (inflammation of sciatic nerve)	280	195	59

For full explanation of this list address

**NATIONAL  
RADIUM COMPANY, INC.**  
1637 W. Washington Street  
CHICAGO

# "Curas" con radiactividad

## Dentífrico radiactivo (~1940-1945)



**Doppelte Abwehr gegen die Feinde Ihrer Zähne!**

**Ein Stück Gesundheit, dessen Erhaltung mehr als wichtig für Sie ist.**

Um Ihre Zähne geht es hier, von denen es abhängt, ob Ihnen Essen, Lachen, Sprechen immer eine Freude sein werden, ob Ihr Mund und Ihr Gesicht ihr glattes, gepflegtes Aussehen behalten, ob Ihre Kaukraft erhalten bleibt, die bekanntlich eine wichtige Rolle für die Verdauung spielt.

**Ein hohler Zahn ist Warnung genug!**

Ihm fehlte die Zufuhr notwendiger Aufbaustoffe und Abwehrkräfte. Darum ist er erkrankt. Heute geht es dem einen Zahn so. Ein Jahr später aber vielleicht vielen! Schützen Sie sich durch Pflege mit der biologisch wirksamen, radioaktiven „Doramad-Zahncreme“. Durch ihre feine radioaktive Strahlung - welche noch lange nach dem Putzen das Zahnfleisch massiert - werden Zellstoffwechsel, Nahrungszufuhr und Abwehrkräfte wesentlich gesteigert und angreifende Krankheits-erreger vernichtet.

**Leiden Sie unter Zahnfleischblüten, krankem Zahnfleisch oder Zahnlackierung?**

Dann benutzen Sie „Doramad“ erst recht. Das Zahnfleisch blutet bald nicht mehr beim Bürsten, es wird straff und bekommt gesunde, schöne Farbe. Eiterungen verschwinden und lockere Zähne festigen sich häufig wieder, wenn es nicht zu spät ist und nur der Facharzt helfen kann. Zur Vorbeugung gegen das Entstehen derartiger Erkrankungen sollte jeder „Doramad“ benutzen. — „Doramad“ ist radioaktiv — Wissenschaftliche Zusammensetzung und edelste Rohstoffe geben ihr aber noch weitere Vorteile. Die 5 Zahnpfleger der „Doramad“ sagen sie Ihnen rückseitig.

**Doramad Radioaktive Zahner**

Genau wie im Körper überall herrscht auch in der Mundhöhle, dem Endstadium der Krankheitsreize ein fortwährendes Kampfgeschehen: das natürlichen Abwehrkräfte und den eingedrungenen schädlichen Bakterien. Diese Krankheitsreize können auf natürlichem — biologischem — Wege erfolgreich bekämpft werden, weil „Doramad“ die Abwehrkräfte des Organismus unterstützt.

### 5 Doramad-Zahnpfleger stellen sich vor

- Ich bin die radioaktive Substanz.** Meine Strahlen massieren das Zahnfleisch. Gesundes Zahnfleisch - gesunde Zähne.
- Ich bin die medizinische Seife - mein Schaum reinigt die ganze Mundhöhle bis in alle Winkel.**
- Ich - der Emulgator -** Sorge dafür, daß „DORAMAD“ immer sahnig und frisch bleibt!
- Ich bin das Aroma -** durch mich erfrischt „DORAMAD“ köstlich die gesamte Mundhöhle!
- Ich - der ganz feine Putzkörper -** mache die Zähne blendend weiß, schone den Schmelz!

**Das ist die radioaktive biologisch wirksame Zahncreme**



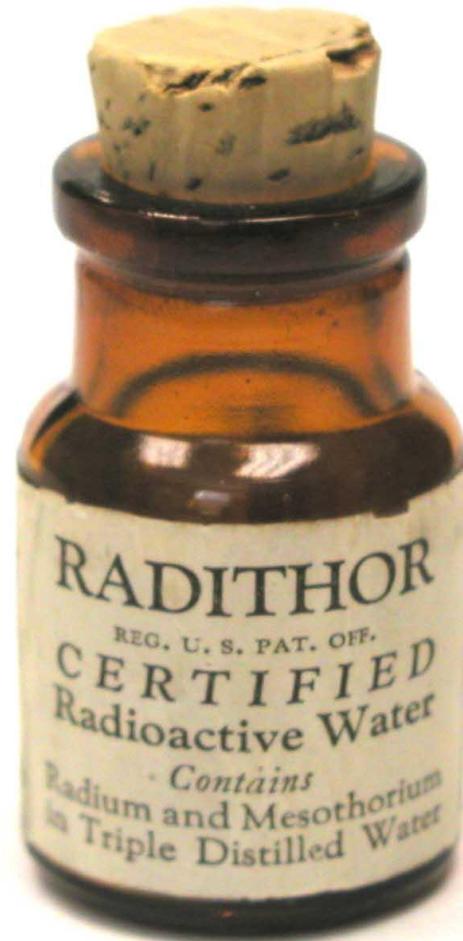
KLEIN TUBE 45 g  
GROSSE TUBE 75 g

EIN ERZEUGNIS DER AUERGESELLSCHAFT · A · G · BERLIN · N · 65

# “Curas” con radiactividad

Radithor (~1928) "Radithor is harmless in every respect".

Agua tridestilada  
conteniendo al  
menos  $1\mu\text{Ci}$  de  
Ra-226 y Ra-228.

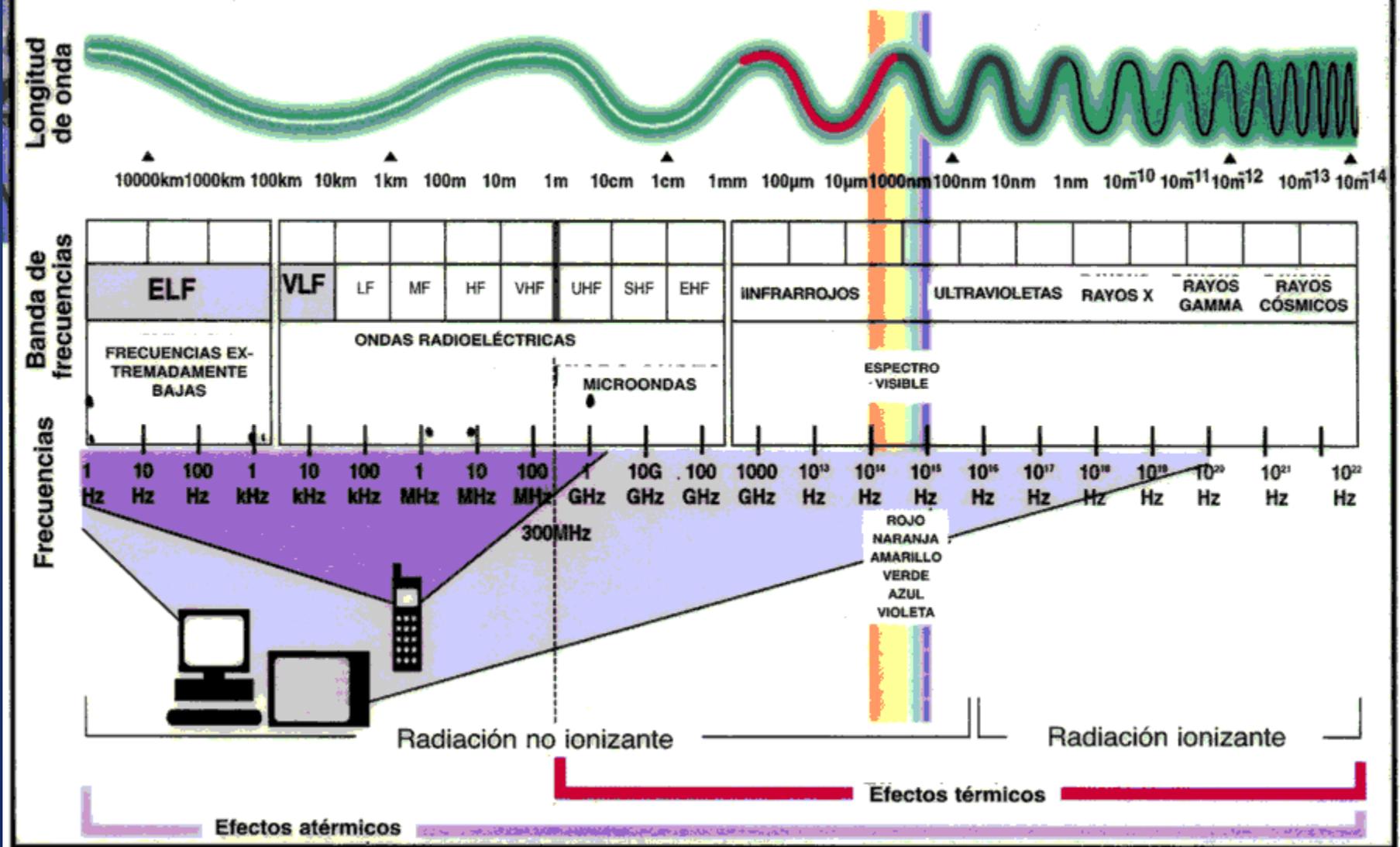


# Radiación y vida

- La vida depende de pequeñas dosis de radiación electromagnética.
- Los principales procesos fotobiológicos (fotosíntesis y visión) necesitan de la luz solar.

# Espectro Electromagnético

## ESPECTRO DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

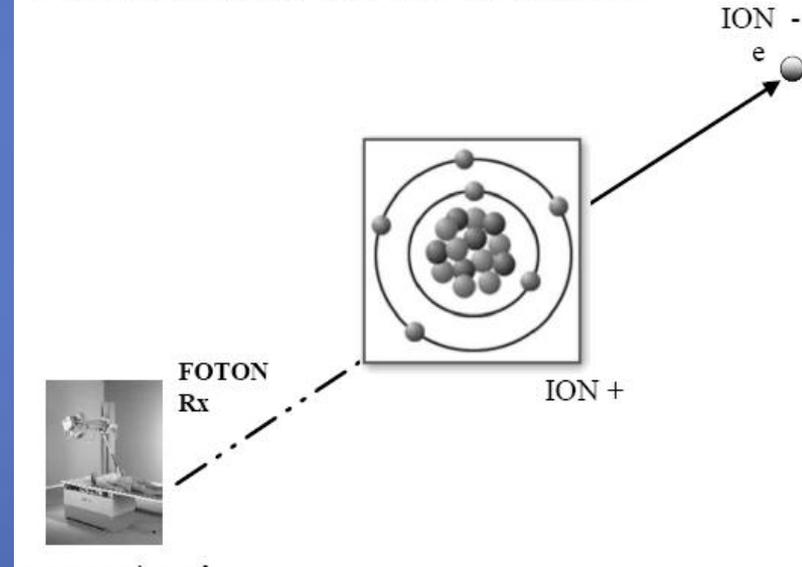


# Radiaciones ionizantes

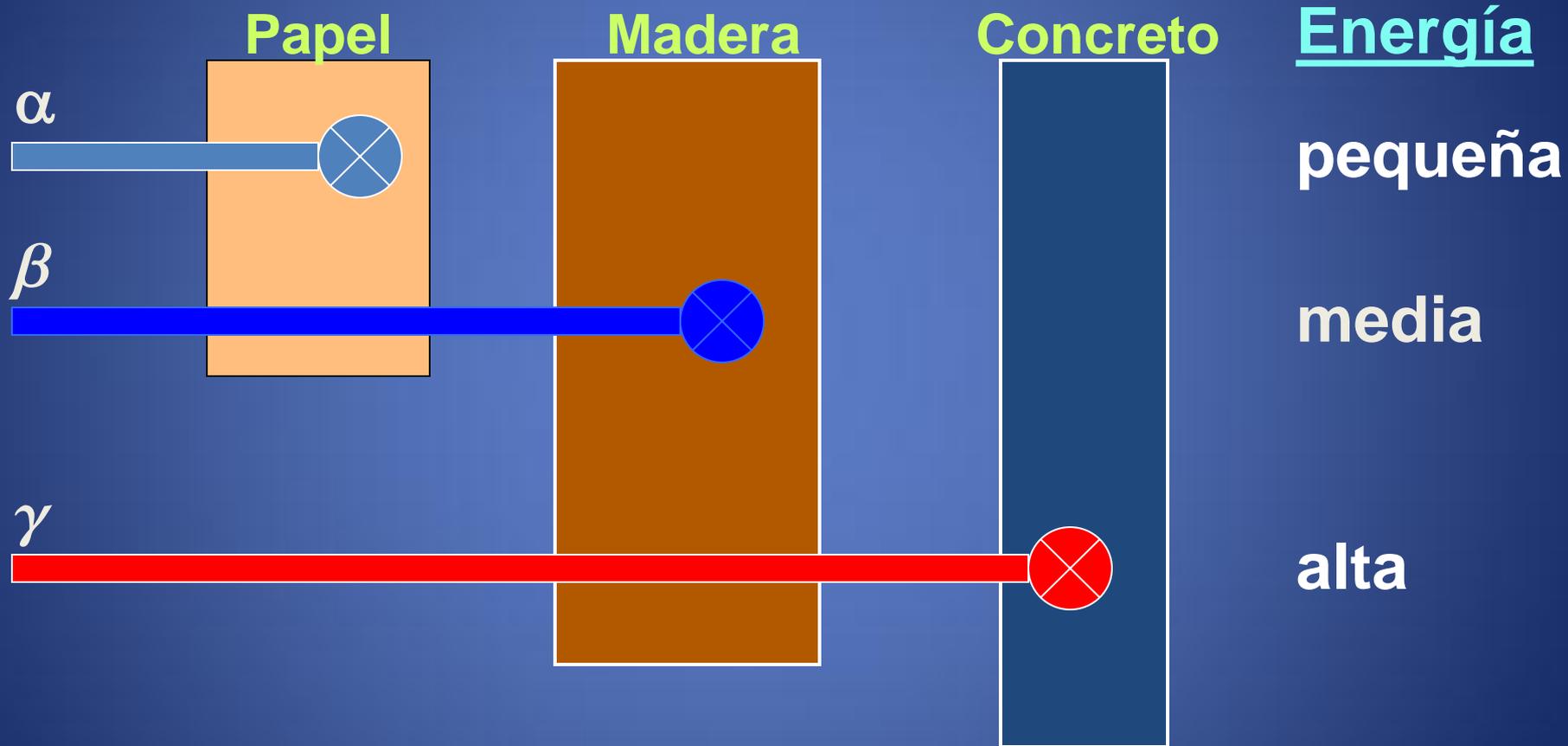
- Son todas aquellas radiaciones que al entrar en contacto con la materia, tienen la capacidad de ionizarla.
- La ionización es el proceso mediante el cual un átomo (o molécula) neutro adquiere o pierde carga. Este nuevo átomo (o molécula) se llama ION.

Fuentes – Rx, material radiactivo produce radiación  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y neutrones, rayos cósmicos provenientes del sol y del espacio.

## Fenómeno de Ionización



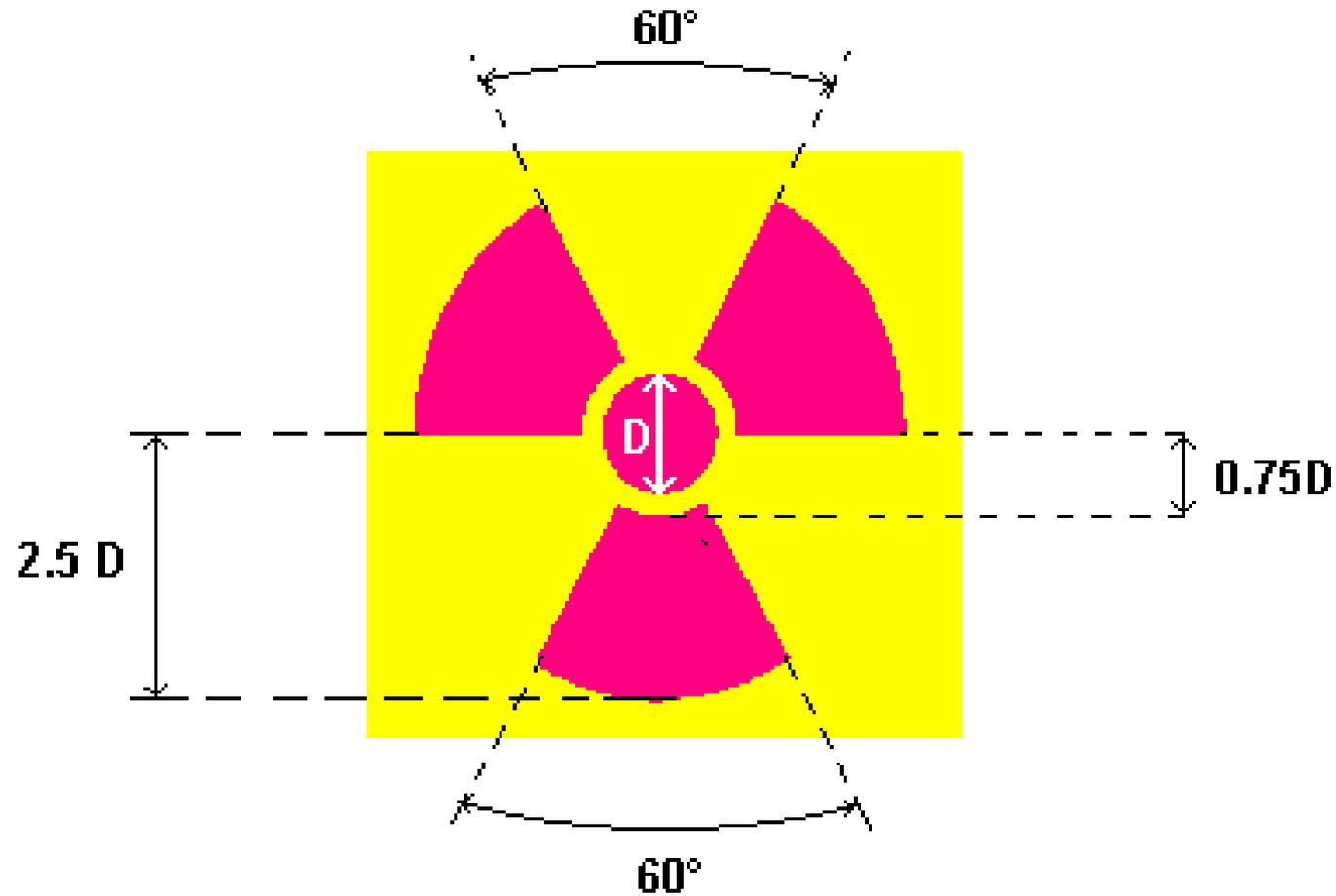
# Radiación ionizante



# Material radiactivo

- Natural o producido en reactores nucleares o aceleradores.
- El material radiactivo es inestable y emite energía para alcanzar un estado estable (partículas o  $R\gamma$ )
- Período de semidesintegración  $t_{1/2}$  –  
Tiempo para que el material radiactivo decaiga a la mitad.

# Símbolo internacional de las radiaciones ionizantes



# Nuevo símbolo complementario de advertencia de radiación ionizante



Adoptado el 15 de febrero de 2017. Con este nuevo diseño se busca asegurar que su mensaje universal de **«Peligro- Aléjese inmediatamente -No se acerque»** sea claro y entendido por todos, lo cual ayudará a reducir las muertes y lesiones por exposición accidental a radiación ionizante.

# Símbolo internacional de las radiaciones no ionizantes



¿son peligrosas para la salud?

# RADIATIVIDAD NATURAL

## SERIES RADIATIVAS NATURALES

$Z > 83 \rightarrow$  Elementos Radiactivos

	Familia	A	Denominación	
Primero	Período (años)	Último		
${}_{90}^{232}\text{Th}$	$T=13.9 \times 10^9$	${}_{82}^{208}\text{Pb}$	$4n$	Torio
${}_{94}^{241}\text{Pu}$	$T=2.2 \times 10^6$	${}_{82}^{209}\text{Pb}$	$4n + 1$	Neptunio
${}_{92}^{238}\text{U}$	$T=4.5 \times 10^9$	${}_{82}^{206}\text{Pb}$	$4n + 2$	Uranio-Radio
${}_{92}^{235}\text{U}$	$T=7 \times 10^8$	${}_{82}^{204}\text{Pb}$	$4n + 3$	Actinio

# RADIATIVIDAD NATURAL

## Serie Radiactiva del Torio-232

	TORIO-232	1.41 BILL. DE AÑOS
	RADIO-228	5.75 AÑOS
	ACTINIO-228	6.15 HORAS
	FRANCIO-224	3.3 MINUTOS
	RADIO-224	3.66 DÍAS
	RADÓN-220	55.6 SEGUNDOS
	POLONIO-216	0.145 SEGUNDOS
	PLOMO-212	10.64 MINUTOS
	BISMUTO-212	1.01 HORAS
	TALIO-208	3.05 MINUTOS
	PLOMO-208	ESTABLE

# RADIATIVIDAD NATURAL

Otros elementos  
radiactivos  
presentes en la  
naturaleza:

Nucleido	Período (años)	Desintegración
${}_{19}^{40}\text{K}_{21}$	$T=1.3\times 10^9$	$\beta^-$ , EC
${}_{23}^{50}\text{V}_{27}$	$T=1.4\times 10^{17}$	$\beta^-$ , EC
${}_{37}^{87}\text{Rb}_{50}$	$T=4.8\times 10^{10}$	$\beta^-$
${}_{48}^{113}\text{Cd}_{65}$	$T=9.3\times 10^{15}$	$\beta^-$
${}_{49}^{115}\text{In}_{66}$	$T=4.4\times 10^{14}$	$\beta^-$
${}_{57}^{138}\text{La}_{81}$	$T=1.0\times 10^{11}$	$\beta^-$ , EC
${}_{60}^{144}\text{Nd}_{84}$	$T=2.3\times 10^{15}$	$\alpha$
${}_{62}^{147}\text{Sm}_{85}$	$T=1.1\times 10^{11}$	$\alpha$
${}_{71}^{176}\text{Lu}_{105}$	$T=3.8\times 10^{10}$	$\beta^-$ , EC
${}_{75}^{187}\text{Re}_{112}$	$T=4.4\times 10^{10}$	$\beta^-$

# RADIATIVIDAD NATURAL

## PRODUCCIÓN DE $^{14}\text{C}$



$^{14}\text{CO}_2 \rightarrow$  Fotosíntesis  $\rightarrow$  Cadena trófica

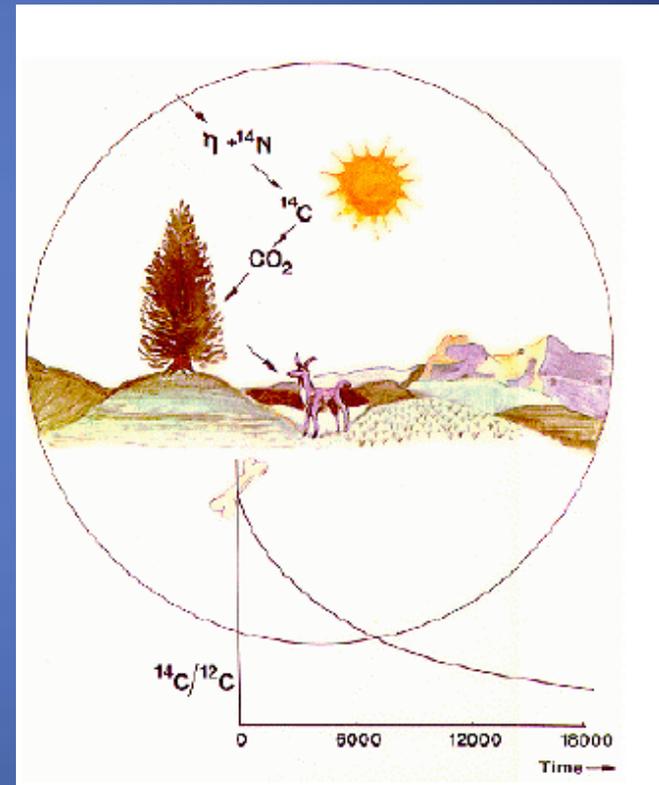


Isótopo	Abundancia (% en peso)
---------	---------------------------

$^{12}\text{C}$	98.89
-----------------	-------

$^{13}\text{C}$	1.11
-----------------	------

$^{14}\text{C}$	$10^{-10}$
-----------------	------------



# RADIOACTIVIDAD NATURAL

## Radiactividad en la corteza terrestre

### Principales Radionucleidos

Los elementos radiactivos naturales se encuentran distribuidos en forma bastante uniforme en las rocas y suelos de la corteza terrestre, la cual está constituida principalmente por basalto y granito

Núcleo	Símbolo	Vida Media
Uranio-235	$^{235}\text{U}$	$7.04 \times 10^8$ años
Uranio-238	$^{238}\text{U}$	$4.47 \times 10^9$ años
Torio-232	$^{232}\text{Th}$	$1.41 \times 10^{10}$ años
Radio-226	$^{226}\text{Ra}$	$1.60 \times 10^3$ años
Radón-222	$^{222}\text{Rn}$	3.82 días
Potasio-40	$^{40}\text{K}$	$1.28 \times 10^9$ años

# RADIOACTIVIDAD NATURAL

## Radiactividad en la comida

La radiación interna proviene de las sustancias radiactivas presentes en los alimentos, en el agua y en el aire, las cuales, al ser ingeridas o inhaladas, se absorben en los tejidos vivos. Los principales isótopos radiactivos que contiene el cuerpo humano son el potasio-40, el carbono-14 y el tritio

NOTA:

$1\text{Ci} = 1 \text{ Curio} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$

$1 \text{ Bq} = 1 \text{ Becquerelio} = 1 \text{ des} / \text{s}$

Comida	$^{40}\text{K}$ pCi/kg	$^{226}\text{Ra}$ pCi/kg
Plátano	3,520	1
Nueces	5,600	1,000-7,000
Zanahorias	3,400	0.6-2
Papas	3,400	1-2.5
Cerveza	390	---
Carne Roja	3,000	0.5
Limón	4,640	2-5
Agua corriente	---	0-0.17

# RADIOACTIVIDAD NATURAL

## El Radón en Nuestras Vidas

El Radón es una de las principales sustancias que contribuye a la dosis que recibimos de manera natural. El Radón es un gas noble que se filtra hasta el interior de nuestras casas desde el subsuelo.

Es curioso observar cómo ésta dosis es mayor en países fríos, donde las medidas para aumentar la eficiencia energética limitan la renovación de aire en las viviendas.



# RAYOS CÓSMICOS

## RAYOS CÓSMICOS PRIMARIOS:

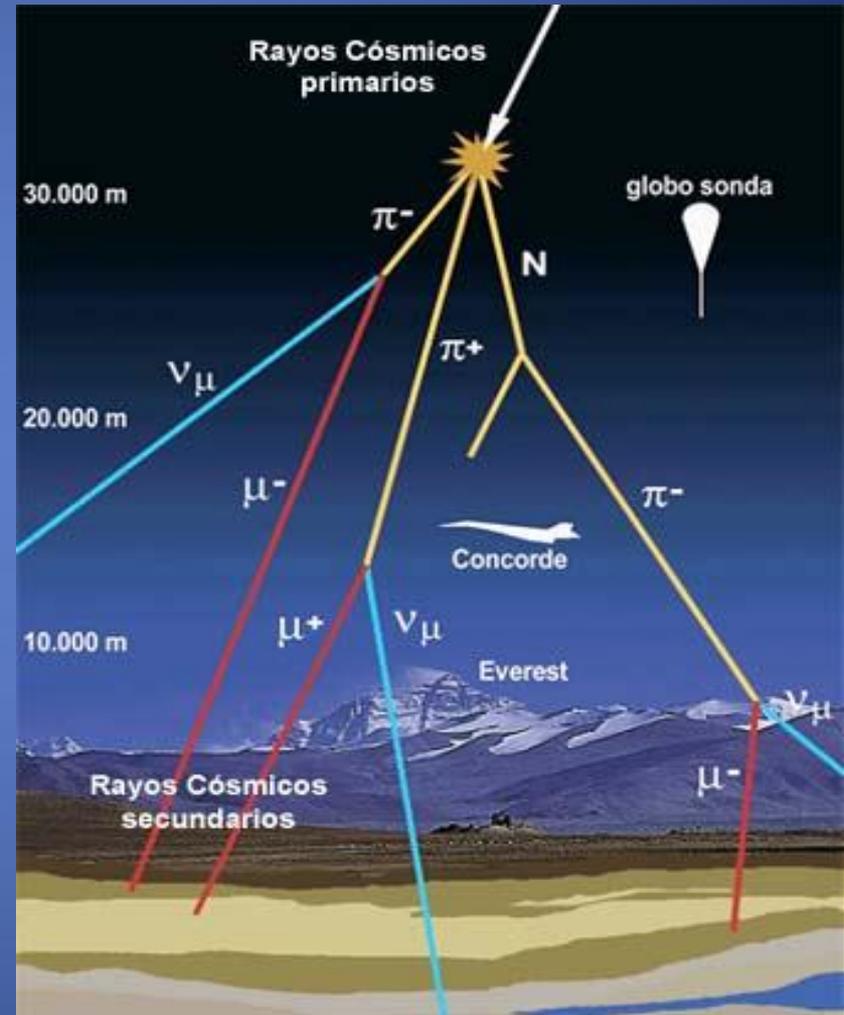
Son núcleos muy energéticos (90% protones, 9% partículas  $\alpha$ ) provenientes de supernovas, pulsares, agujeros negros, que llegan hasta la atmósfera.

## RAYOS CÓSMICOS SECUNDARIOS:

Los rayos cósmicos primarios que golpean las capas más externas de la atmósfera, sufren colisiones con los núcleos que allí se encuentran. De estas colisiones resultan lluvias de nuevas partículas elementales (electrones, positrones, mesones pi, muones, ...) que llegan a la superficie alcanzando una extensión de varios kilómetros cuadrados.

# RADIATIVIDAD NATURAL

## Rayos C3smicos



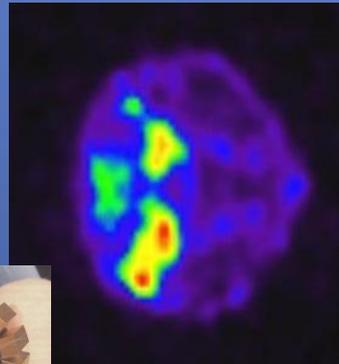
# Radiación en Medicina



Medicina Nuclear



Radioterapia



# Radiación artificial

- Debida básicamente a la actividad médica.
- Existe un pequeño porcentaje debido a la industria que utiliza la energía nuclear.



# Servicios

- Rayos X convencional y fluoroscopia. Rayos X dental.
  - Generadores de rayos X con energías entre 40kV y 125 kV.



# Servicios

- Tomografía.
  - Generadores de rayos X con energías entre 100kV y 125 kV.
- Mastografía.
  - Generadores de rayos X con energías entre 20kV y 40 kV.



# Servicios

- Terapia superficial.
  - Generadores de radiación ionizante con energías entre 10kV y 120 kV.



# Servicios

- Teleterapia.
  - Unidades de Co-60.
    - Equipos que trabajan con Cobalto 60, emisor de rayos gamma con energía promedio de 1260 kV.
  - *Aceleradores lineales.*
    - *Generadores de rayos X con energías entre 6000 kV y 25000 kV.*



# Servicios

- Braquiterapia.
  - Baja tasa.
    - Utiliza Cs-137, emisor gamma con energía de 662 kV. (Cáncer cérvico-uterino).
  - Alta tasa.
    - Utiliza Ir-192, emisor gamma con energía promedio de 397 kV. (Cáncer de esófago, recto).
    - Utiliza I-125, emisor gamma con energía de 28 kV. (Cáncer de próstata).



# Medicina Nuclear

- Utiliza una gama muy amplia de materiales radiactivos, emisores gamma y beta.
- **Tecnecio 99.**
  - Emisor beta
- **Estroncio 89.**
  - Emisor beta 14 kV.
- **Yodo 131**
  - Emisor beta-gamma 61 kV ( $\beta$ ) y 364 kV ( $\gamma$ )
- **Fósforo 32**
  - Emisor beta 131 kV.

# Servicios

- Laboratorios de radioinmunoanálisis
- Laboratorios de investigación médica.
  - En ambos casos utilizan una gama muy amplia de materiales radiactivos, emisores alfa, beta y gamma, pero en cantidades muy pequeñas, incluso algunos de ellos se consideran de exento.
- Banco de sangre: Irradiadores de productos sanguíneos.
  - Utilizan Co-60.

# UNIDADES DE DOSIMETRÍA

## EXPOSICIÓN

La exposición es una medida de la ionización producida por una radiación ionizante; su unidad es el **Roentgen**. Un **Roentgen (R)** es la exposición (rayos x o  $\gamma$ ) recibida por un kilogramo de aire en condiciones estándar de presión y temperatura (CSPT) si se produce un número de pares de iones equivalente a  $2.58 \times 10^{-4}$  Culombios (la unidad electrostática de carga). Esta unidad sólo sirve para  $R_x$  y  $R_\gamma$ , como decimos, porque se mide en cámaras de ionización y han de ionizar un volumen importante. Es necesario que sean penetrantes.

# UNIDADES DE DOSIMETRÍA

## DOSIS ABSORBIDA

En cada material, la creación de un ión necesita una energía diferente. En vista de que el **Roentgen** deposita diferentes cantidades de energía según el material que recibe la exposición, resulta más adecuado definir la dosis absorbida (D), como la energía depositada por unidad de masa, independientemente de qué material se trate. Esta unidad sirve para otros tipos de radiaciones. En el S.I. la unidad de dosis absorbida es el **Gray (Gy)**:

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/ kg.}$$

**Ejemplo:** ¿Cuál es la dosis absorbida en aire para 1 R de  $R_\gamma$ ?

La energía promedio para producir un par electrón-ión en aire es 33.7 eV.

$$1R = (2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}) / (1.602 \times 10^{-19} \text{ C/electron}) \\ = 1.6 \times 10^{15} \text{ pares-iones/kg}$$

Energía empleada en producir pares electrón-ión  
 $33.7 \text{ eV} \times 1.6 \times 10^{15} \text{ pares-iones/kg} = 5.4 \times 10^{10} \text{ MeV/kg}$

$$1 \text{ MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$D = 5.4 \times 10^{10} \text{ MeV/kg} \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J/MeV} = 0.00867 \text{ J/kg} \\ = 0.00867 \text{ Gy}$$

**Ejemplo:** Suponiendo que los tejidos blandos absorben 93erg/g para 1 R de  $R\gamma$ , ¿cuál es la tasa de dosis recibida trabajando a una distancia promedio de 50cm de una fuente de  $^{22}\text{Na}$  de 100 $\mu\text{Ci}$  (3.7 MBq) de actividad?

La tasa de exposición se encuentra de tablas

$$\Gamma = 12.0 \text{ R.cm}^2/\text{h.mCi}$$

$$\begin{aligned} \text{Tasa de exposición} &= \Gamma \cdot A/d^2 \\ &= 12 \times 0.1 \text{ mCi}/(50\text{cm})^2 \\ &= 0.48 \text{ mR/h} \end{aligned}$$

$$\text{Tasa de dosis} = 93 \text{ erg/g.R} \times 0.48 \times 10^{-3} \text{ R/h} = 0.045 \text{ erg/g.h}$$

$$100\text{erg/g} = 0.01\text{Gy}$$

Para efectos biológicos, la dosis absorbida no es suficiente. Se necesita saber el tipo de radiación y de esa forma calcular el factor de peso o factor de calidad

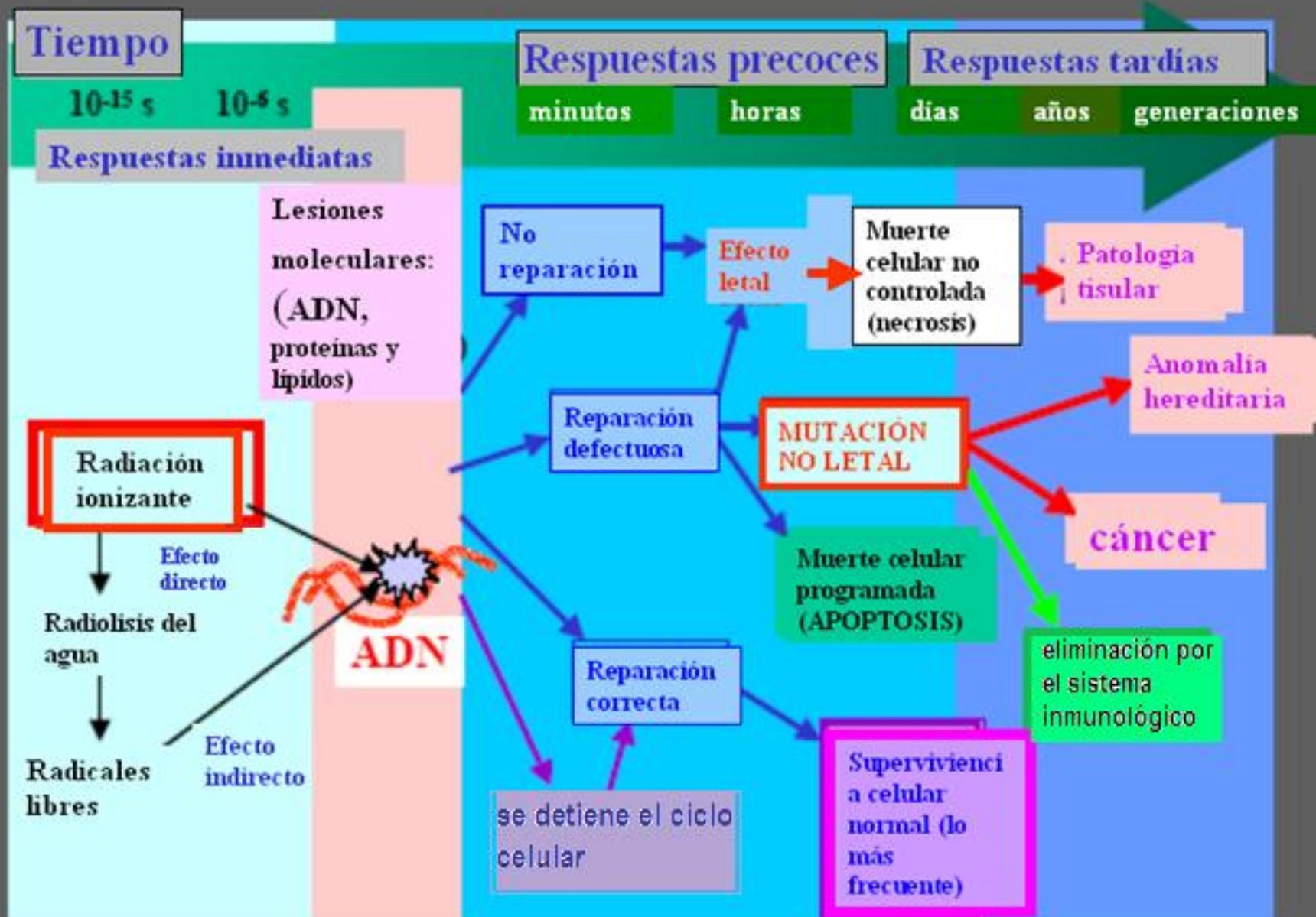
Dosis equivalente

$$H = Q \cdot D$$

$Q$  es el factor de calidad (depende del tipo de radiación y de la energía)

$D$  es la dosis absorbida

# ¿Porqué preocuparnos?



# **Efectos en la salud de las radiaciones ionizantes**

**Evolucionamos con un cierto nivel de radiación ionizante natural, proveniente de los rayos cósmicos y de los materiales radiactivos en la tierra.**

**Tenemos mecanismos para reparar los daños causados por estas.**

# Respuesta de tejidos a la dosis

## Ejemplos de sensibilidad de tejidos

<b>Muy alta</b>	Glóbulos blancos (médula ósea) Epitelio intestinal Células reproductivas
<b>Alta</b>	Epitelio del cristalino Epitelio del esófago Membranes mucosas
<b>Mediana</b>	Cerebro – Neuronas Pulmón, riñón, hígado, tiroides, Epitelio pancreático
<b>Baja</b>	Glóbulos rojos maduros Células musculares Huesos maduros y cartílagos

# Respuesta de tejidos a la dosis

<b>Dosis (Sv)</b>	<b>Efectos / órgano</b>	<b>Tiempo de muerte</b>	<b>Muerte (%)</b>
<b>1-2</b>	<b>Médula ósea</b>	<b>Meses</b>	<b>0-10</b>
<b>2-10</b>	<b>Médula ósea</b>	<b>Semanas</b>	<b>0-90</b>
<b>10-15</b>	<b>Diarrea, fiebre</b>	<b>2 semanas</b>	<b>90-100</b>
<b>&gt;50</b>	<b>Neurológicos</b>	<b>1- 4 hrs</b>	<b>100</b>

# Reducción de la exposición

## ➤ **Tiempo**

Reducir el tiempo empleado cerca de la fuente de radiación.

## ➤ **Distancia**

Aumentar la distancia a la fuente de radiación.

## ➤ **Blindaje**

Colocar materiales de blindaje entre los individuos y las fuentes de radiación.

# Regulaciones

- Exposición ocupacional : 100 mSv en 5 años (promedio, 20 mSv/año) con un límite de 50 mSv para un año cualquiera.
- Público en general: 1 mSv/año. (Fondo de radiación natural es de aproximadamente 3 mSv/año.)

**International Council on Radiation Protection (ICRP).**

# Regulaciones

PERSONAS	DOSIS EFECTIVA	DOSIS EQUIVALENTE	
		Cristalino	Piel/ extremidades
Trabajador externo	50mSv/año 100mSv en 5 años	150mSv/año	500mSv/año
Personal en formación	6mSv/año	50mSv/año	150mSv/año
<b>Embarazadas</b>	<b>1mSv durante el embarazo</b>		
Publico y trabajador no expuesto	1mSv/año	15mSv/año	50MSv/año

# Reglamentación del IBTEN

Considerando que la exposición a las radiaciones ionizantes, constituye un riesgo potencial para la colectividad, personal que las aplica y para quienes se benefician de su uso, es necesario reglamentar y controlar las actividades en este campo.

En este sentido, el Decreto Ley No. 19172 y el Decreto Supremo 24483 indican que se reconoce al Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, como la Autoridad Nacional Competente encargada de cumplir y hacer cumplir la Ley de Protección Radiológica y su respectiva reglamentación.

Consecuentemente:

# Reglamentación del IBTEN

Ninguna persona natural o jurídica, pública o privada; podrá recibir, adquirir, poseer, usar transportar, transferir o disponer de cualquier fuente de radiación ionizantes, sin contar con la licencia o autorización (según sea el caso) expedida por el IBTEN.

# Seguridad y protección radiológica

- Objetivo.
  - Proteger a los trabajadores, a la población y a sus bienes, y al medio ambiente en general, mediante la prevención y limitación de los efectos que pudieran resultar de la exposición a la radiación ionizante.

# Elementos básicos para la PR



# Elementos básicos

- Capacitación.

- Se debe reunir al personal capacitado para la planeación, la construcción, el equipamiento y el funcionamiento de un servicio que utiliza radiaciones ionizantes.

# Capacitación

- **Construcción o acondicionamiento.**
  - Memoria analítica (cálculo de blindajes y detalles de diseño).
    - Uso de materiales especiales para blindaje: plomo, concreto de alta densidad, barita, polietileno, cristal plomado, etc.
    - Diseño especial para sistemas de extracción, aire acondicionado, etc.
    - Diseño especial para drenajes, cárcamos, cisternas, etc.
  - Análisis de riesgos.
    - Para el personal, la comunidad, los pacientes y para el medio ambiente.

**Encargado de Seguridad Radiológica**

**Asesor Especializado.**

# Capacitación

- Construcción o acondicionamiento.
  - Garantía en la calidad y características de los materiales seleccionados: concreto de alta densidad, plomo, materiales boratados, polietilenos, acero, pintura y acabados, mobiliario.

# Capacitación

- **Funcionamiento.**

- Permisos.

- Personal.

- Para trabajar en servicios donde se está expuesto a la radiación ionizante, se debe tener un curso en Conceptos básicos en protección radiológica.

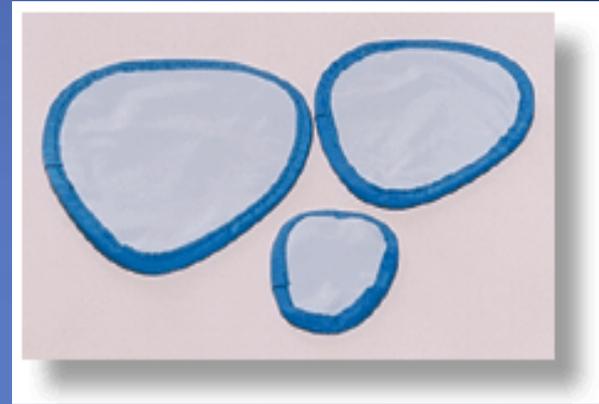
# Infraestructura

- Contar con accesorios y mobiliarios adecuados para el tipo de trabajo a realizar: *dosímetros personales, detectores de radiación, mandiles de plomo, guantes de plomo, collarines de plomo, mamparas plomadas, campanas de extracción, ...*

# Accesorios de protección radiológica



# Accesorios de protección radiológica



1910



Actualmente



# Mamparas plomadas para braquiterapia



# Sala de fluoroscopia: vidrio emplomado



# Puerta blindada para acelerador lineal



# Garantía de Calidad

- Un programa de garantía de calidad debe incluir:
  - Calibración y mantenimiento de los equipos.
    - ❖ Frecuencia y alcance de los mismos.
  - Vigilancia.
    - ❖ Dosimetría del personal.
      - Tipo de dosímetro.
      - Frecuencia de la lectura del dosímetro.
      - Interpretación de resultados de dosimetría.
    - ❖ Avisos y señalamientos
      - Símbolo internacional de radiaciones ionizantes.

# Garantía de Calidad

- ❖ Radiación en las colindancias.
- ❖ Vertimiento al drenaje.
  - Periodicidad y tipo de análisis.
- ❖ Vigilancia médica del personal.
  - Tipo y frecuencia de la vigilancia médica.
- ❖ Elaboración y revisión de procedimientos de trabajo.
- ❖ Capacitación y reentrenamiento del personal.
- ❖ Inspecciones y auditorías internas.

# Descontaminación de áreas con material radiactivo



# Los 10 Principios de PR

- Tiempo
- Distancia
- Dispersión
- Reducción de la fuente
- Barrera para la fuente.
- Barrera personal
- Eliminación.
- Mitigación de los efectos
- Tecnología adecuada
- Limitar otras exposiciones

# Los 10 Mandamientos de PR

- Rapidez
- No acercarse/  
estar lejos
- Dispersar y  
diluir
- Usar poco
- Impedir fugas
- No dejar entrar
- Salir/quedarse
- Limitar el daño
- Escoger la mejor  
tecnología
- No multiplicar los  
riesgos

# Información adicional

- IBTEN - <http://www.ibten.gob.bo/>
- IAEA - <http://www.iaea.org/>
- National Council on Radiation Protection and Measurements – <http://www.ncrp.com/>
- US EPA (Información sobre radiación ionizante y contaminación) – <http://www.epa.gov/radiation/>
- University of Michigan - Radiation & Health Physics – <http://www.umich.edu/~radinfo/>

# Justificación de la práctica

MUCHAS GRACIAS  
POR SU ATENCIÓN