



---

# ***Conceptos Básicos de Radiación***

## ***Definiciones, Usos y Conductas***

Clase para Estudiantes de Obstetricia y Puericultura – Universidad de Chile

Felipe Veloso  
Doctor en Física

Departamento Plasmas Termonucleares – Comisión Chilena de Energía Nuclear



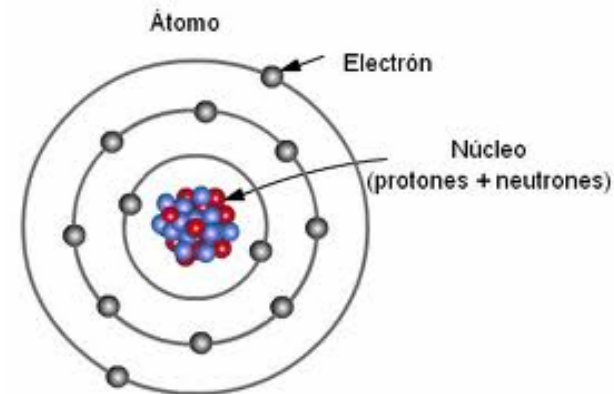
- **¿Qué es la radiación?**
  - **Definición, Orígenes y Desarrollo Histórico.**
- **Tipos de radiación**
  - **Radiación No-Ionizante**
  - **Radiación Ionizante**
- **Algunos usos actuales de radiación**
- **Exposición a radiación.**
  - **Efectos Estocásticos y Determinísticos**
  - **Control de Exposición a Radiación**
  - **Algunos efectos biológicos**
  - **Grupos de exposición a radiación**
- **Grupo especial: Mujeres embarazadas.**





Cuando hablamos de radiación... ¿¿de qué estamos hablando??

Recordemos nuestra tierna infancia...



Según la RAE, la radiación es...

**radiación.**

(Del lat. *radiatŏ*, -ōnis).

1. f. *Fís.* Acción y efecto de irradiar.
2. f. *Fís.* Energía ondulatoria o partículas materiales que se propagan a través del espacio.
3. f. *Fís.* Forma de propagarse la energía o las partículas.

El átomo está compuesto de protones, neutrones y electrones

partículas

energía

fotones, ondas  
electromagnéticas

LUZ  
(en distintas  
formas)

¿Qué es radiación?

Aplicaciones actuales

Mujeres embarazadas

Tipos de Radiación

Exposición a Radiación



fotones, ondas electromagnéticas } LUZ (en distintas formas) → Una onda de luz puede tener distintos largos... de eso depende su clasificación (y su energía)

¿Penetra la atmósfera terrestre?



| Tipo de radiación                        | Radio     | Microondas | Infrarrojo | Visible              | Ultravioleta | Rayos X    | Rayos gamma    |
|------------------------------------------|-----------|------------|------------|----------------------|--------------|------------|----------------|
| Longitud de onda (m)                     | $10^3$    | $10^{-2}$  | $10^{-5}$  | $0.5 \times 10^{-9}$ | $10^{-8}$    | $10^{-10}$ | $10^{-12}$     |
| Escala aproximada de la longitud de onda |           |            |            |                      |              |            |                |
|                                          | Edificios | Humanos    | Mariposas  | Punta de aguja       | Protozoos    | Moléculas  | Átomos         |
|                                          |           |            |            |                      |              |            | Núcleo atómico |

¿Qué es radiación?

Tipos de Radiación

Aplicaciones actuales

Exposición a Radiación

Mujeres embarazadas



¿De dónde viene la radiación?

Fuentes naturales

Fuentes artificiales

Radiación natural

Existe en la naturaleza sin necesidad de intervención humana



Radiación cósmica

Minerales radiactivos



Alimentos

Organismos vivos



¿Qué es radiación?

Aplicaciones actuales

Mujeres embarazadas

Tipos de Radiación

Exposición a Radiación

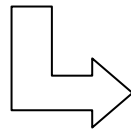


¿De dónde viene la radiación?

Fuentes naturales

Fuentes artificiales

Radiación natural



Existe en la naturaleza sin necesidad de intervención humana

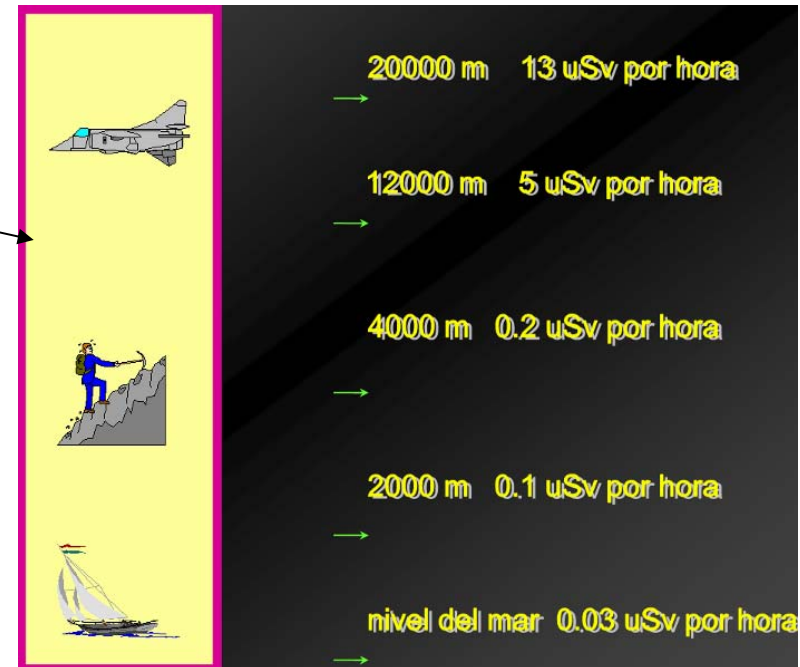
**Radiación cósmica:** protones, neutrones, rayos X, etc.

**Minerales radiactivos:** Uranio, Torio, Radón, Plutonio, Radio, Potasio, Carbono

Depende del lugar donde vivas

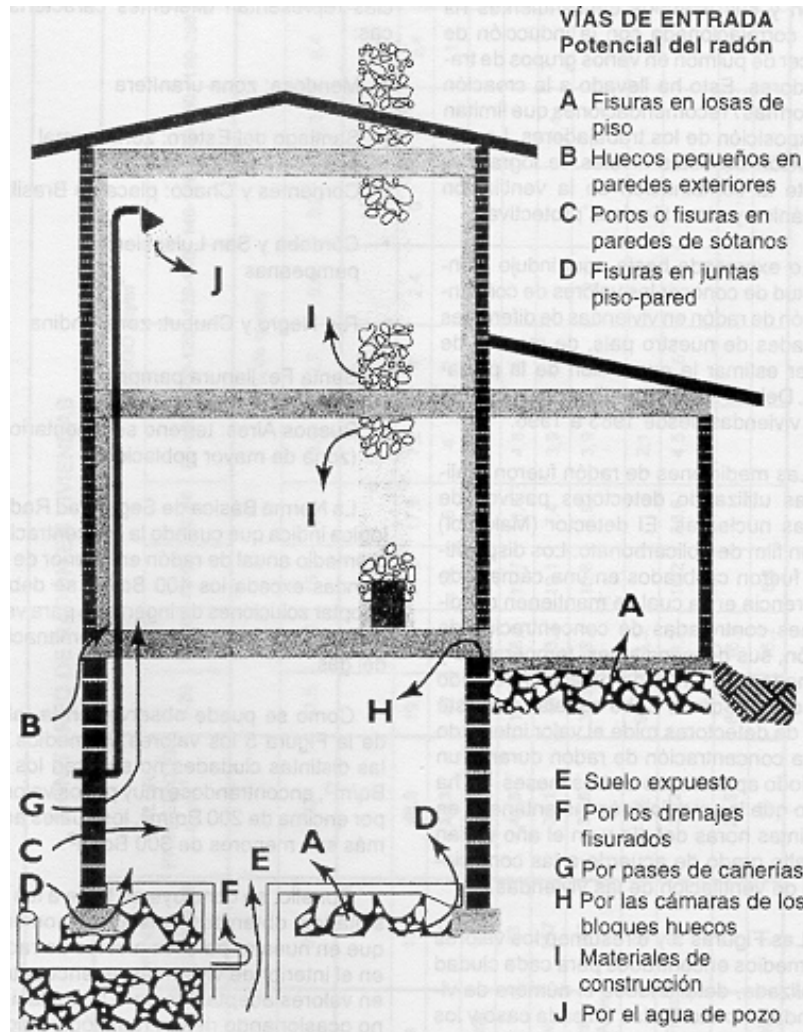
**Cuerpo humano y alimentos:** Potasio, Carbón

Cada organismo vivo emite radiación





## Caso especial: Radón



Z=86

Gas Noble

Incoloro

Inodoro

Insípido

Reducida actividad química

| Source               | Worldwide average Dose (mSv) |
|----------------------|------------------------------|
| Cosmic radiation     | 0.4                          |
| Gamma radiation      | 0.5                          |
| Radon inhalation     | 1.2                          |
| Internal irradiation | 0.3                          |
| Total (rounded)      | 2.4                          |

Fuente: **Radiation, People and Environment**,  
International Atomic Energy Agency (2004)

[http://www.iaea.org/Publications/Booklets/RadPeopleEnv/radiation\\_booklet.html](http://www.iaea.org/Publications/Booklets/RadPeopleEnv/radiation_booklet.html)

¿Qué es radiación?

Tipos de Radiación

Aplicaciones actuales

Exposición a Radiación

Mujeres embarazadas

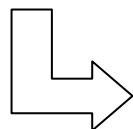


¿De dónde viene la radiación?

Fuentes naturales

Fuentes artificiales

Radiación artificial



Existe debido a intervención humana



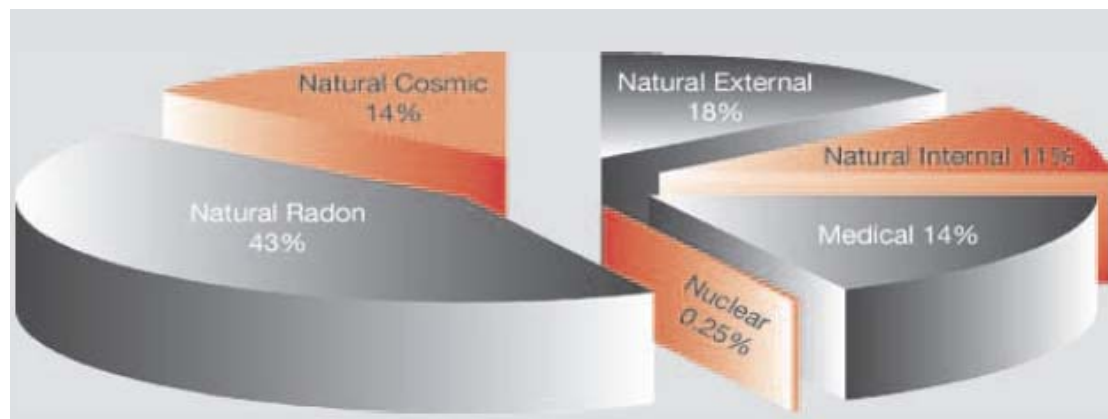
Ensayos nucleares



Plantas de energía



Equipos médicos



Fuente: **Radiation, People and Environment**,  
International Atomic Energy Agency (2004)

**Felipe Veloso, Ph.D.**  
Investigador – Comisión Chilena de Energía Nuclear



¡¡La radiación ES PARTE de la naturaleza!!

La vida se ha desarrollado en un ambiente rodeado de radiación

Entonces... ¿Por qué tanto miedo/respeto a la radiación?

De manera controlada, es natural y beneficiosa para el desarrollo humano



exceso  
→  
descontrol

En exceso, puede producir daños irreparables (incluso muerte)



Más adelante, veremos algunos de los beneficios de la radiación a nuestra vida diaria

¿Qué es radiación?

Aplicaciones actuales

Mujeres embarazadas

Tipos de Radiación

Exposición a Radiación



## ¿Como supimos que existía la radiación?



Wilhelm Röntgen

En 1895, estudiaba los efectos de los rayos catódicos



Versión más moderna

¿Qué diablos produjo esto?

No tengo idea lo que es... le pondré "X"

Premio Nobel en Física 1901

<http://www.nobel.se>

*"en reconocimiento de sus extraordinarios servicios que ha prestado por el descubrimiento de los destacables rayos bautizados como él"*

**En 1896**

Primera radiografía su esposa

Primera en conferencia su colaborador



Conceptos Básicos de Radiación  
Salud Comunitaria II

Inv... Prof. Zehender  
Zürich 1913

hilena de Energía Nuclear

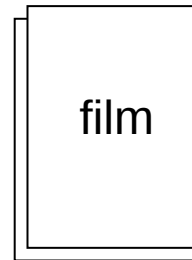


## ¿Como supimos que existía la radiación?



Henry Becquerel

En 1896, estudiaba las propiedades de las sales de Uranio



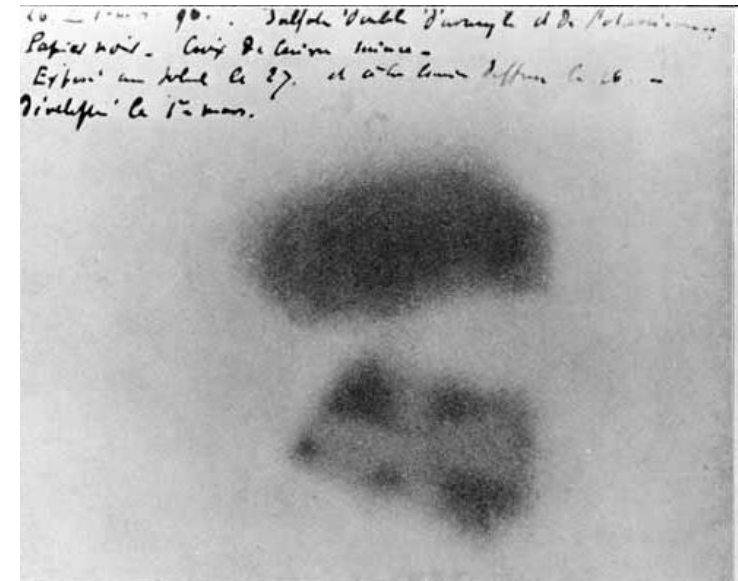
*Uno puede concluir de estos experimentos que la sustancia fosforescente en cuestión emite rayos que traspasan el material (...)*

Henri Becquerel (1896).  
"Sur les radiations émises par phosphorescence".  
 Comptes Rendus **122**: 420–421

Premio Nobel en Física 1903

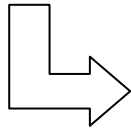
<http://www.nobel.se>

*"en reconocimiento de los extraordinarios servicios que ha prestado por su descubrimiento de la radiactividad espontánea"*





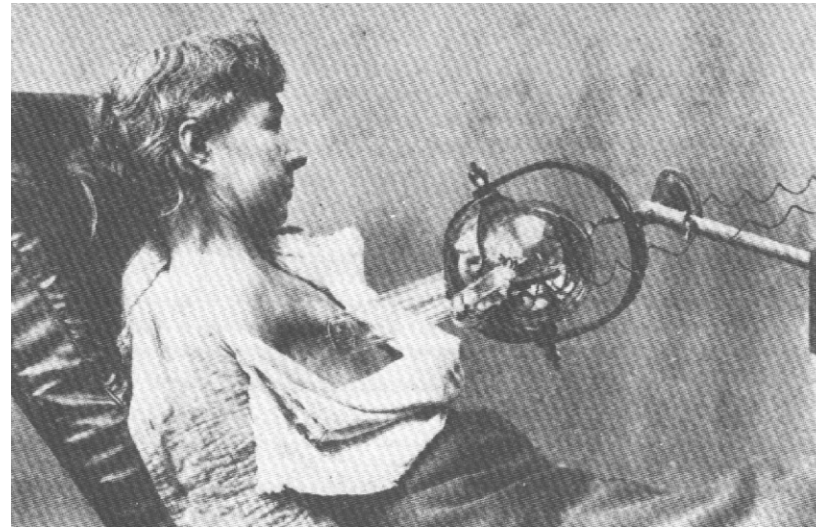
## ¿Como fue el desarrollo posterior?



Rápidamente, se dieron cuenta que la radiación podría ser útil para mejorar la calidad de vida



Radiografías médicas  
(desde 1896)



Tratamiento de cáncer de mamas  
New York, 1903

**Los posibles daños por radiación NO SE CONOCIAN hasta hace no mucho tiempo**

¿Qué es radiación?

Aplicaciones actuales

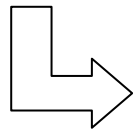
Mujeres embarazadas

Tipos de Radiación

Exposición a Radiación

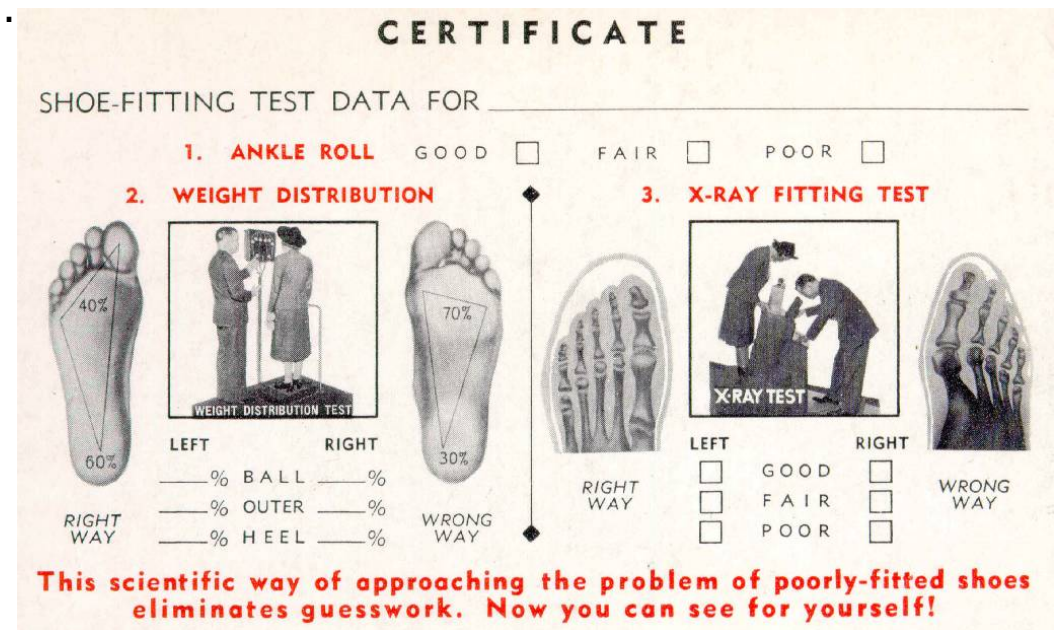


¿Como fue el desarrollo posterior?

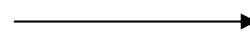


En un comienzo, no se conocían los riesgos de la radiación.

Industria del calzado (~1930 – 40)



Pasta de dientes (~1940)



¿Qué es radiación?

Aplicaciones actuales

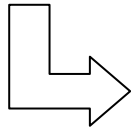
Mujeres embarazadas

Tipos de Radiación

Exposición a Radiación



¿Como fue el desarrollo posterior?



En un comienzo, no se conocían los riesgos de la radiación.



Bujías de auto (~1960)

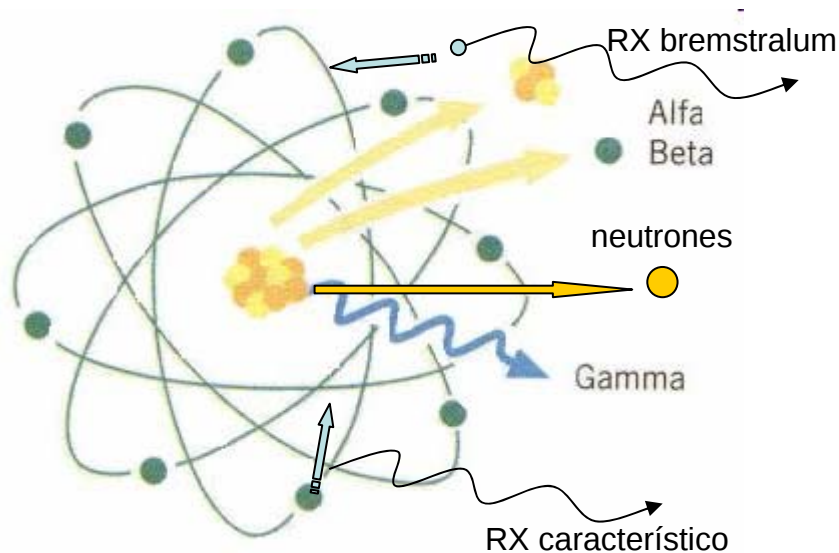


Marcapasos (1974)





## ¿Cuáles son los tipos de radiación?



**alfa:** núcleo de helio resultante de la desintegración del núcleo de un átomo mas pesado.

**beta:** electrón del núcleo, resultante de la transmutación de un protón en un neutrón, en el núcleo

**gamma:** fotón proveniente del acomodo de las partículas en el núcleo o de la anulación electrón positrón

**Rayos X:** fotón provenientes del frenado (o aceleración) de partículas cargadas por los electrones del manto del material o del salto de electrones entre niveles de energía

**Neutrones:** partícula sin carga proveniente de una reacción nuclear



## Conceptos importantes en radiación

**Vida media:** Es el tiempo que tarda en decaer a la mitad de su actividad radiativa

**Actividad:** Cantidad de radiación emitida en un período de tiempo (lluvia)

**Dosis:**

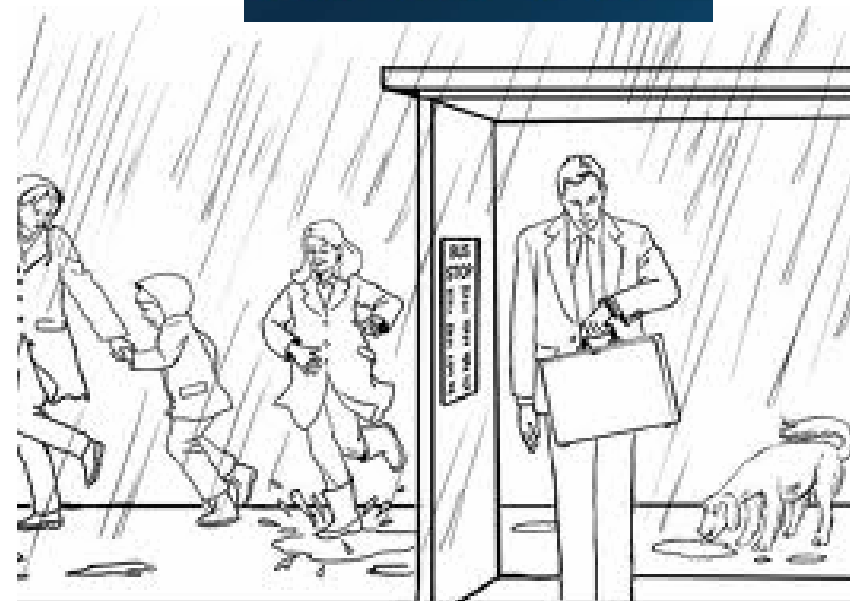
Cantidad de radiación recibida en un período de tiempo (lluvia recibida en ti)

**Dosis equivalente:**

Cantidad de radiación recibida efectiva en algún organismo en un período de tiempo (cuan mojado quedas)

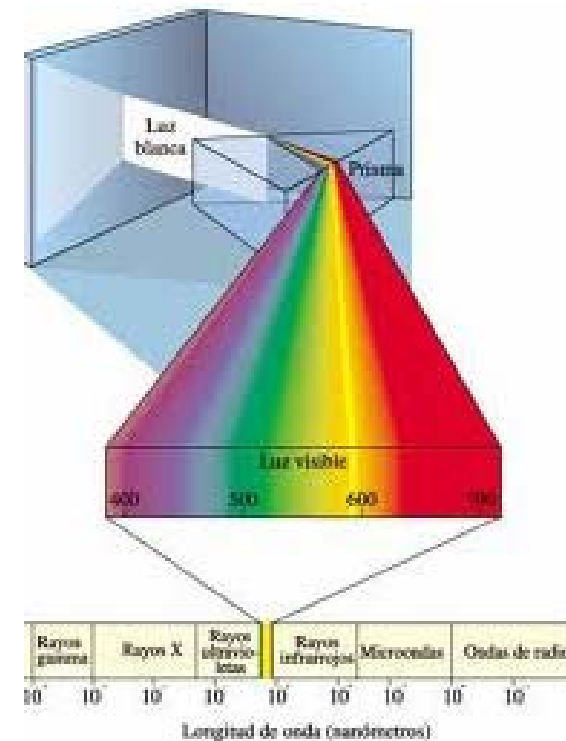
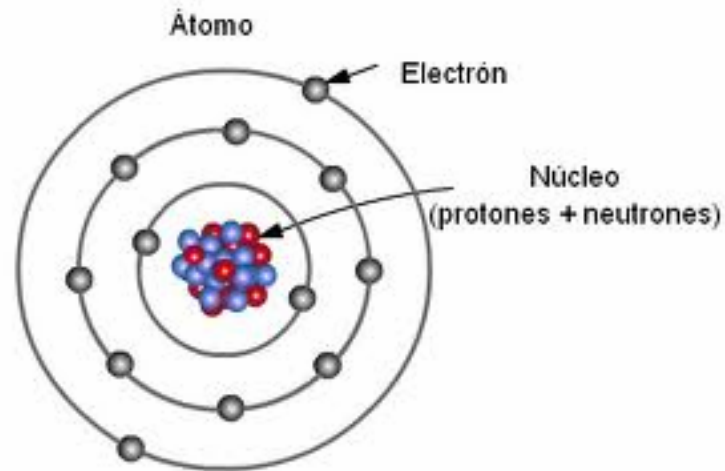
|                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| <sup>3</sup> H   | 12 a                  |
| <sup>7</sup> Be  | 53 d                  |
| <sup>10</sup> Be | 1,6x10 <sup>6</sup> a |
| <sup>14</sup> C  | 5730 a                |
| <sup>22</sup> Na | 2.6 a                 |
| <sup>24</sup> Na | 15.0 h                |
| <sup>32</sup> P  | 14 d                  |
| <sup>33</sup> P  | 24 d                  |
| <sup>35</sup> S  | 88 d                  |
| <sup>36</sup> Cl | 31x10 <sup>6</sup> a  |
| <sup>38</sup> S  | 2.87 h                |
| <sup>38</sup> Cl | 37 m                  |
| <sup>39</sup> Cl | 55 m                  |

a : año   b : día   h : hora





Entonces, radiación es propagación de:



La radiación usualmente se le clasifica de dos tipos:

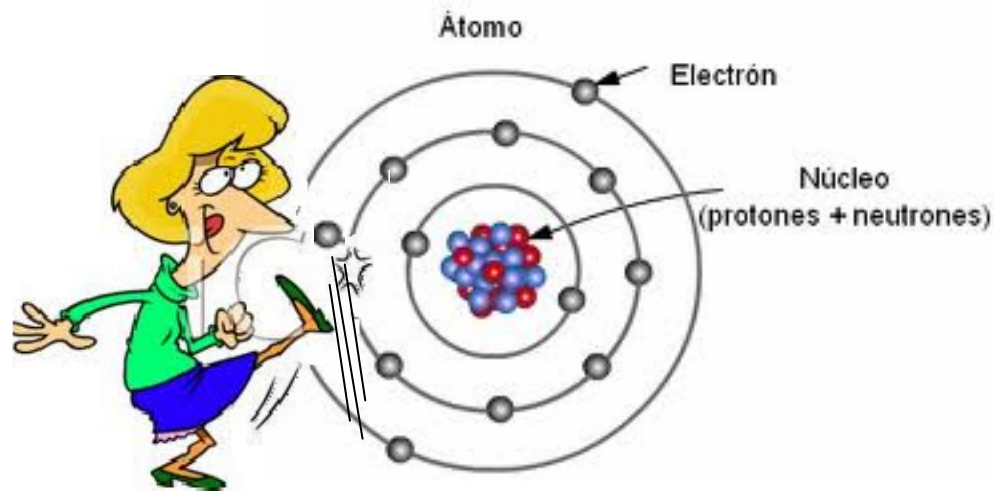
Radiación Ionizante

Radiación No-Ionizante

¿¿Qué carajo significa "ionizante"??



**IONIZAR:** significa sacar uno (o más) electrones de un átomo



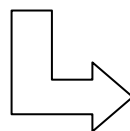
La radiación se clasifica según esta capacidad...

De sacar o no algunos electrones de los átomos



## Radiación No - Ionizante

Es radiación no es capaz de ionizar los átomos o moléculas de las células



Los efectos que induce en los cuerpos es por otros mecanismos (térmicos, excitación molecular, etc)



microondas



Campos magnéticos intensos



Ondas de radio



Luz UV, visible e infrarrojo



## Radiación No - Ionizante

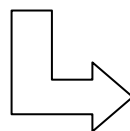
### Algunos ejemplos de radiación no-ionizante

| Tipo              | Fuente                                     | Efecto en cuerpo humano                                                                                                            |
|-------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Luz UV            | Luz solar, fuentes artificiales            | Ojos: formación de cataratas<br>Piel: Eritemas, pigmentación<br>También produce radicales libres que pueden inducir carcinogénesis |
| Luz visible       | Lasers, luz solar, fuego, ampolletas, etc. | Ojos: Daño retina<br>Piel: Envejecimiento                                                                                          |
| Luz Infrarroja    | Lasers, controles remoto, etc              | Ojos: Cataratas, daño retina, quemaduras en córnea<br>Piel: Calentamiento, quemaduras                                              |
| Microondas        | Teléfonos, hornos, radares, WiFi           | Agitación moléculas (particularmente agua) → calentamiento                                                                         |
| Campos magnéticos | Imanes intensos, resonadores magnéticos    | Mareos, nauseas                                                                                                                    |



## Radiación Ionizante

Es radiación que si es capaz de ionizar los átomos o moléculas de las células



Puede destruir moléculas, modificar su composición, etc



Plantas de energía



Fuentes terrestres



Radiación cósmica



Equipos médicos



Ensayos nucleares



En la actualidad, la radiación es ampliamente usada



radiografías



seguridad



tomografías



generación de energía



detectores de humo



construcción y  
minería



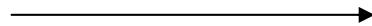
inocuidad  
alimentaria

**¡¡Entre muchas otras áreas!!!**

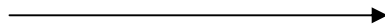


## Simbología

Radiación No - Ionizante



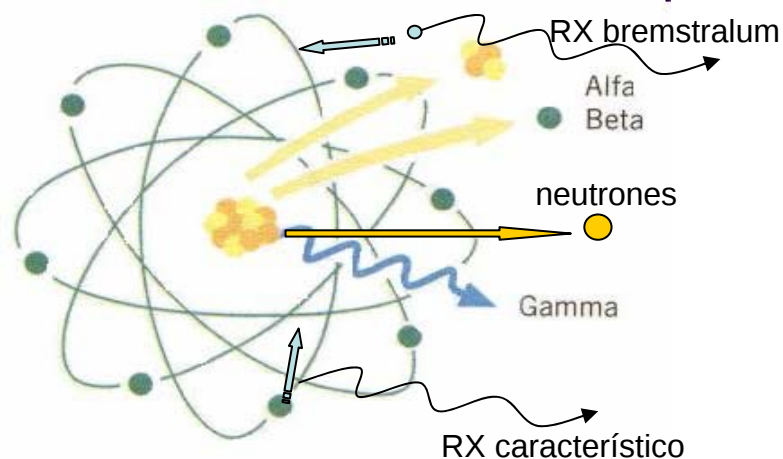
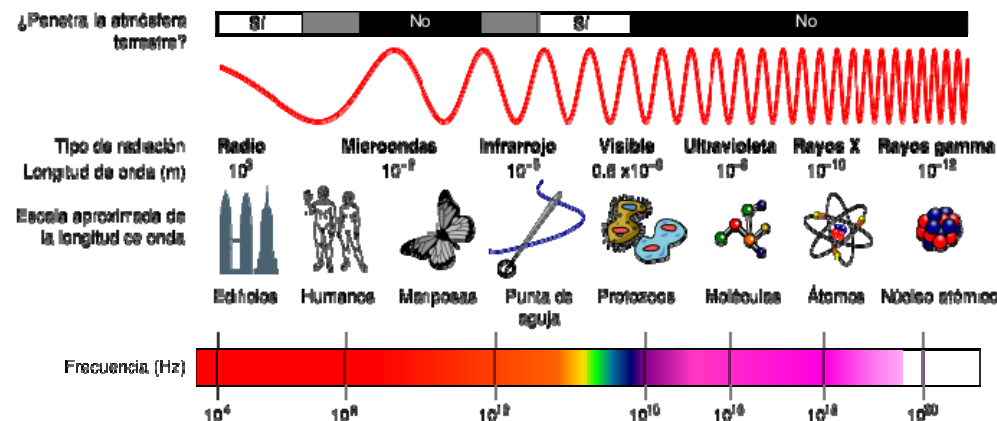
Radiación Ionizante



Está PROHIBIDO el uso  
inadecuado de estos símbolos

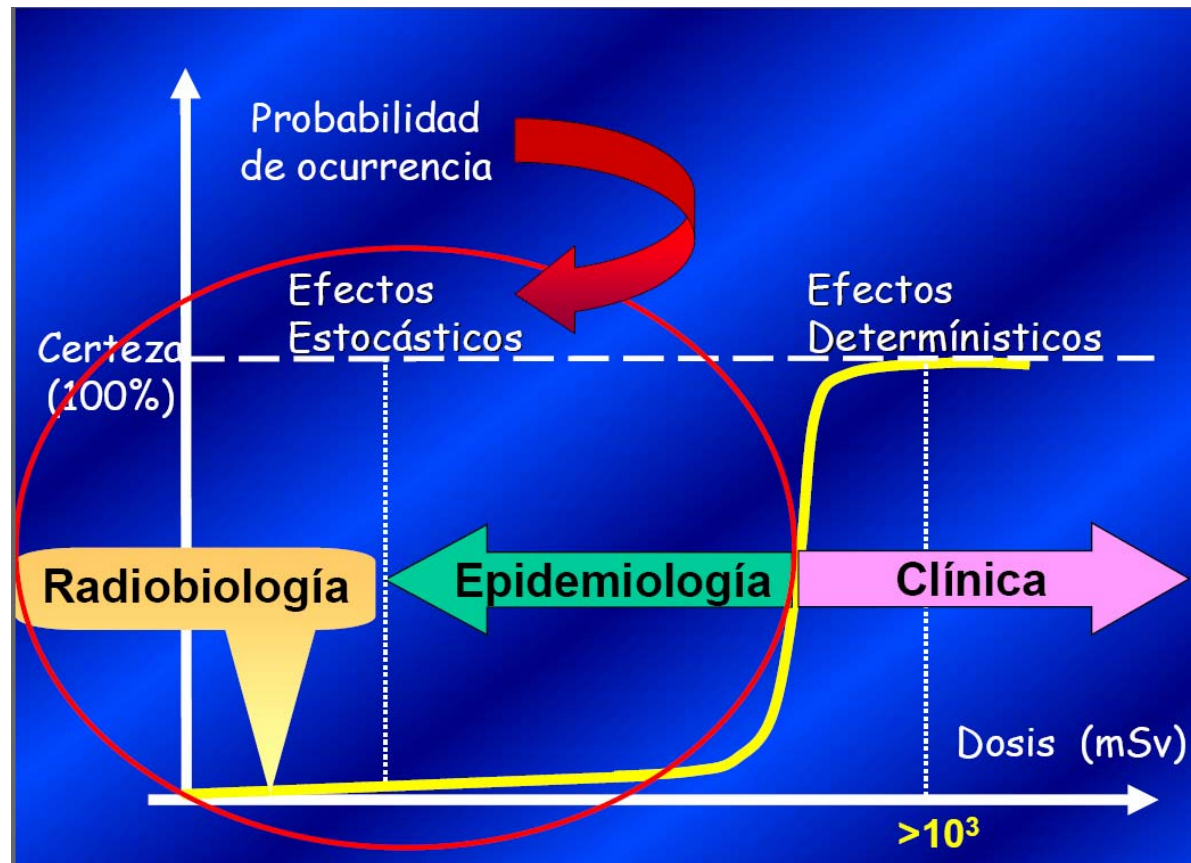


**Radiaciones ionizantes** son aquellas radiaciones con energía suficiente para ionizar la materia, extrayendo los electrones de sus estados ligados al átomo.





La exposición a la radiación pueden causar efectos en la salud. Estos se caracterizan en Determinísticos y Estocásticos

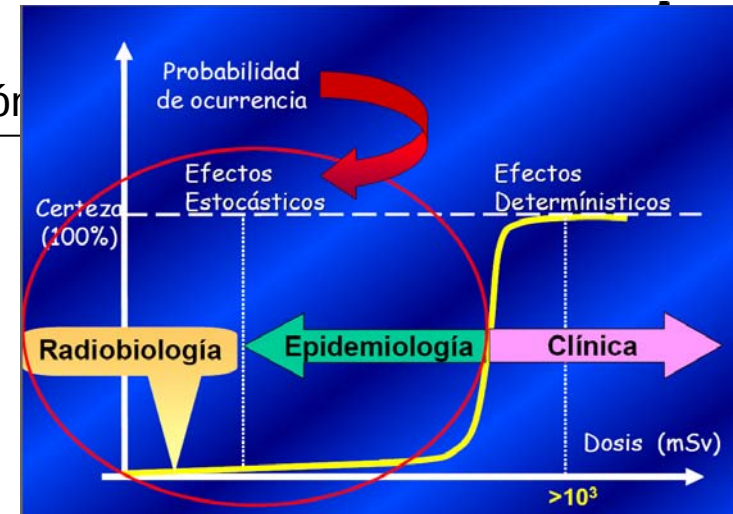


Las exposiciones naturales caen en la región de efectos estocásticos

## Radiación: Efectos estocásticos

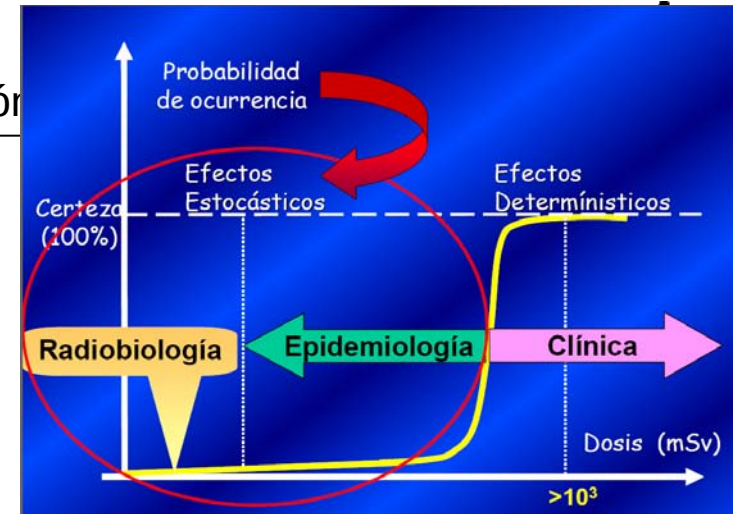
- Pueden ocurrir después de muchas dosis bajas
- No existe una dosis umbral
- La severidad del efecto es independiente de la dosis, pero su probabilidad incrementa con la dosis
- Los efectos se expresan tardíamente, después de un período de latencia
- Se deben a modificación de pocas células
- Sólo pueden minimizarse manteniendo protección de radiación a niveles aceptables

Ej: Cáncer a la piel por UV



## Radiación: Efectos determinísticos

- Ocurren tras largas dosis de radiación
- Sin efectos bajo la dosis umbral
- La gravedad del efecto se incrementa con la dosis
- Se expresa en un tiempo relativamente corto tras la irradiación
- El resultado se debe a pérdida de células de los órganos debido a muerte celular y división celular retardada
- Puede (Y DEBE) ser evitada completamente siguiendo los estándares de protección de radiación





## Veamos algunos números

| DOSIS (mSv)   | DOSIS DE RADIACION, Valores Comparativos (EFECTOS SOBRE LA SALUD)                                                           |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10.000        | Dosis que origina muerte en días o semanas (100 % de los casos)                                                             |
| 4.000         | Dosis que origina muerte en días o semanas (50 % de los casos)                                                              |
| 250           | Dosis que no produce efectos observables de tipo inmediato                                                                  |
| 100           | Dosis para la cual no hay evidencia de efectos sanitarios en seres humanos                                                  |
| 3.5           | Dosis media anual por persona en España                                                                                     |
| 3.0           | Dosis por una exploración radiográfica de aparato digestivo o de un escáner (tomografía axial computarizada, TAC) de cabeza |
| 2.5           | Dosis media anual por persona en el mundo, <b>por radiación natural</b>                                                     |
| 0.4           | Dosis originada por una radiografía de tórax                                                                                |
| 0.02<br>0.005 | Dosis originada por Viaje de 3 horas en avión<br>Dosis media anual debida a la industria nuclear                            |

| Dosis (mSv) | Órgano     | Efecto                                                                    |
|-------------|------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 3 500       | Testículos | Esterilidad permanente                                                    |
| 3 500       | Ojos       | Formación de cataratas                                                    |
| 3 000       | Ovarios    | Esterilidad                                                               |
| 2 500+      | Piel       | Enrojecimiento de la piel (eritema) y posible pérdida permanente del pelo |
| 500         | Médula     | Formación reducida de glóbulos rojos                                      |
| 150+        | Testículos | Esterilidad Temporal                                                      |
| 60          | Feto       | Posibles malformaciones                                                   |

## Dosis típicas en exámenes

| Examination      | Conventional X ray dose (mSv) | Computed tomography dose (mSv) |
|------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Head             | 0.07                          | 2                              |
| Teeth            | < 0.1                         | –                              |
| Chest            | 0.1                           | 10                             |
| Abdomen          | 0.5                           | 10                             |
| Pelvis           | 0.8                           | 10                             |
| Lower spine      | 2                             | 5                              |
| Lower bowel      | 6                             | –                              |
| Limbs and joints | 0.06                          | –                              |

Fuente: **Radiation, People and Environment**,  
International Atomic Energy Agency (2004)

Fuente: **Efectos de las radiaciones ionizantes en el ser humano**,  
Comisión Chilena de Energía Nuclear (disponible en [www.cchen.cl](http://www.cchen.cl))

**Felipe Veloso, Ph.D.**  
**Investigador – Comisión Chilena de Energía Nuclear**



## ¿Cómo sabemos los efectos que la radiación produce en el cuerpo humano?

- Exposición ocupacional (especialmente los primeros científicos)
- Exposiciones en medicina
- Accidentes en industrias o laboratorios (como Chernobyl)
- Pruebas de ensayos nucleares
- Sobrevivientes a bombas atómicas (Hiroshima / Nagasaki)



**Esto NO ocurre**





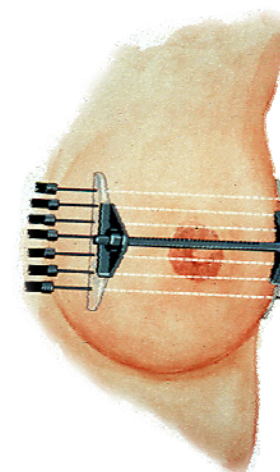
¿Cuál es la diferencia entre “irradiado” y “contaminado”?



“Irradiado” por mal olor

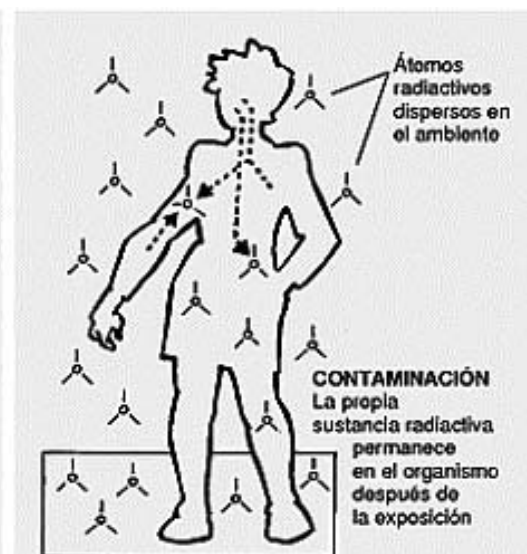
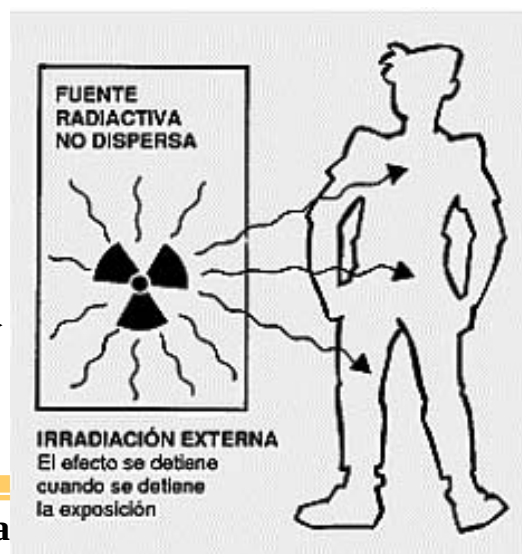


“Contaminado” por mal olor



Cuando llevamos una fuente radiactiva (como braquiterapia)

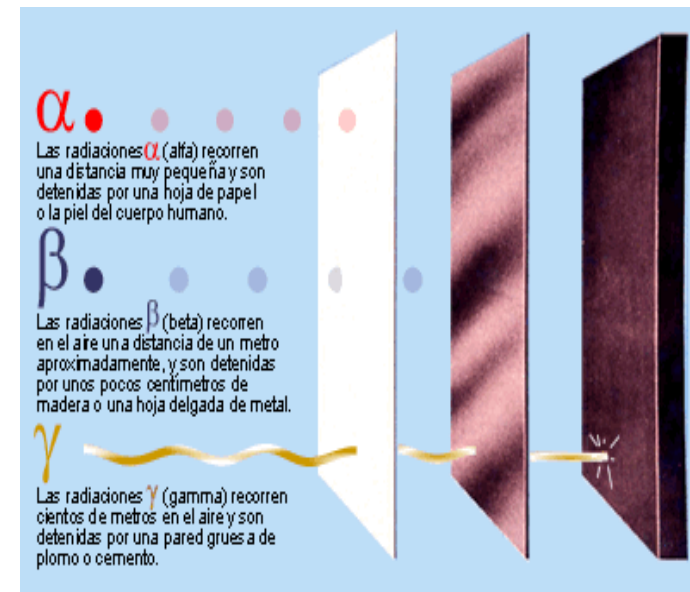
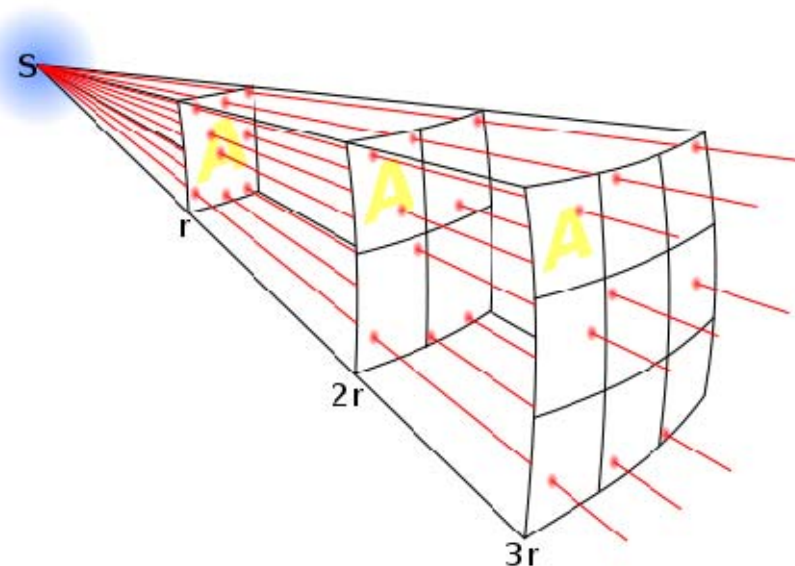
Cuando nos sacamos una radiografía





## Parámetros básicos para el control de exposición a radiación

Distancia:



Blindaje:

Tiempo de exposición:





## Principio básico para el control de exposición a radiación

En cualquier tratamiento o exposición, el principio básico es el mismo: mantener los niveles lo más bajo posible (Principio ALARA)

**T**<sub>AN</sub>

**B**<sub>AJO</sub>

**C**<sub>OMO</sub>

**S**<sub>EA</sub>

**R**<sub>AZONABLEMENTE</sub>

**P**<sub>OSIBLE</sub>

**A**<sub>S</sub>

**L**<sub>OW</sub>

**A**<sub>S</sub>

**R**<sub>EASONABLY</sub>

**A**<sub>CHIEVABLE</sub>

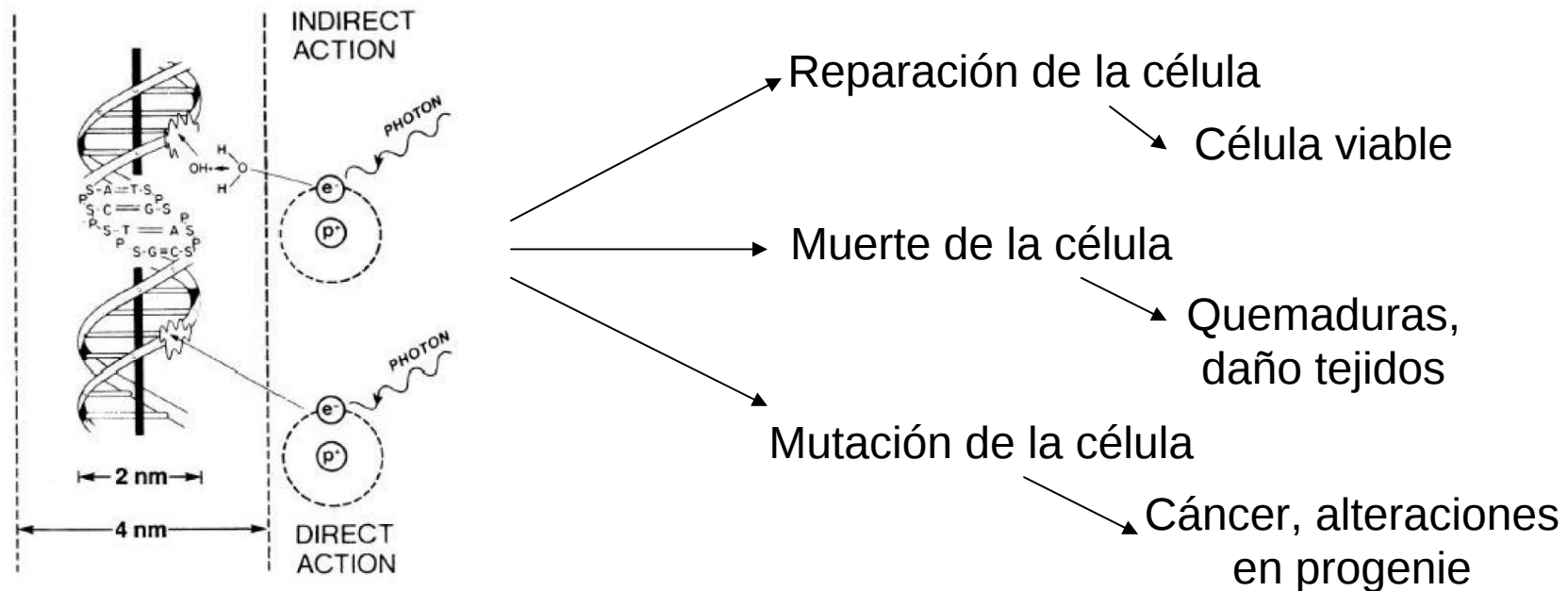


## Efectos biológicos de la radiación

Radiación—membranas: la célula no se reproducirá y eventualmente morirá  
efecto del daño por radiación

Radiación—citoplasma: la célula puede verse alterada en su funcionamiento  
y eventualmente morir por envenenamiento

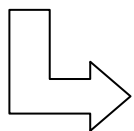
Radiación—núcleo: Afecta al ADN





## Tipos de exposición a la radiación

Se definen tres tipos de exposición:



Exposición de público

Exposición médica

Exposición ocupacional



En su futuro (cercano) laboral,  
pueden enfrentarse en todas  
estas situaciones



Es necesario saber el  
cuidado básico en cada caso



Información útil en sitio web IAEA

<http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/>



## **Exposición de público (no hay limites pre-establecidos)**

Debe mantenerse cercano a los valores de radiación natural

Medidas concretas:

- Acceso limitado/restringido a zonas
- Tiempo limitado de permanencia en zonas potencialmente riesgosas
- Paredes blindadas
- Señaletica de advertencia

## **Exposición de pacientes (no hay limites pre-establecidos)**

Principalmente, en pacientes bajo tratamientos específicos

Medidas concretas:

- Análisis detallado de cada caso por el profesional competente
- Estudio de riesgo/beneficio del tratamiento para órganos no dañados
- Asegurar períodos de tiempo entre dosis de tratamiento



## Exposición ocupacional

Las dosis que reciben DEBEN estar limitadas y controladas  
(supervisión y monitoreo constantes)

Cuidados especiales con mujeres  
ocupacionalmente expuestas



La radiación afecta las células... por  
lo tanto es especialmente importante  
durante la organogénesis

¿Qué hacer en caso de retraso del ciclo menstrual?

- Informar inmediatamente a supervisor  
radiológico o su jefe directo
- Ser alejada de sus funciones o uso de protector  
de la zona vientre/pelvis





## Exposición ocupacional

Es OBLIGATORIO el uso de medidores de radiación (dosímetros)



Cada cierto tiempo, el profesional DEBE ser informado acerca de su nivel de exposición

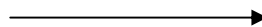


## Grupo especial de cuidado radiológico: Mujeres embarazadas

(recomendaciones según International Atomic Energy Agency)

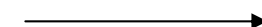
### Mujeres embarazadas en diagnóstico radiológico

¿hay un límite seguro para  
exposición a radiación?



No hay límites pre-establecidos de dosis. La decisión de uso se justifica según situación de cada paciente (que debe ser optimizada)

Mujeres en edad reproductiva



Debiesen limitar la examinación radiológica de abdomen bajo y pelvis al período de 10 días post-menstruación

¿Si se toma una radiografía  
de abdomen sin saber que  
estaba embarazada?



Se debe informar de potenciales riesgos asociados. Generalmente hay poco riesgo a las 3 semanas de gestación. Rara vez la dosis es alta para causar efectos graves

¿Es seguro radiografiar pecho  
o extremidades?



Es radiación lejos del feto, por lo que no debiese ser problema (si maquina funciona OK)



## Grupo especial de cuidado radiológico: Mujeres embarazadas

(recomendaciones según International Atomic Energy Agency)

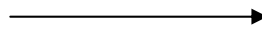
### Mujeres embarazadas en radioterapia

¿puede una mujer embarazada recibir radioterapia?



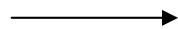
Si, pero considerando muchos factores (etapa y agresividad del tumor, ubicación, potenciales efectos hormonales, tipos de terapia, efectos sobre el feto, etapa de embarazo, posible inducción de parto, aspectos éticos, legales y morales)

La embarazada necesita la radioterapia ¿Cómo reducir la dosis al feto?



Debe haber panel de expertos. Posponer el tratamiento lo más posible. Usar máximos blindajes para el feto. Uso de fantasmas para determinar dosis en feto. Monitorear al feto.

¿Cuanto debe esperar tras recibir radioterapia para cancer de mamas antes de quedar embarazada?

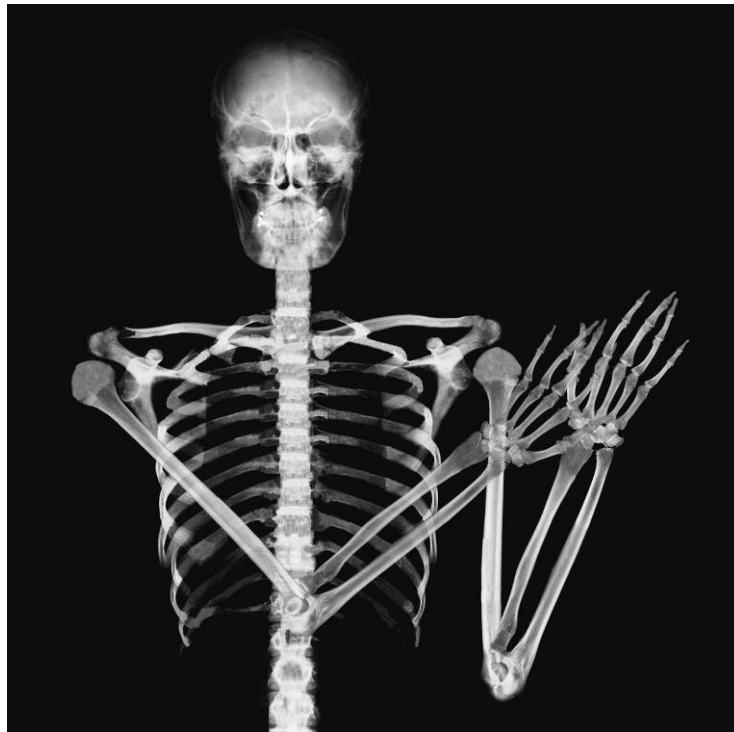


Debe ser discutido con el oncólogo. No debiese ser antes de 1-2 años tras completar la terapia



La radiación ha sido extremadamente útil en nuestra vida actual

No hay que temerle a la radiación.  
Pero debe ser respetada



MUCHAS GRACIAS



---

# ***Conceptos Básicos de Radiación***

## ***Definiciones, Usos y Conductas***

Clase para Estudiantes de Obstetricia y Puericultura – Universidad de Chile

Felipe Veloso  
Doctor en Física

Departamento Plasmas Termonucleares – Comisión Chilena de Energía Nuclear