

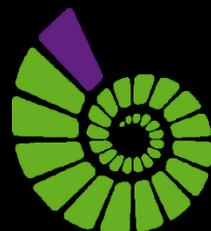
Curso: “Dosimetría personal externa”

UNIDAD 1. Protección radiológica ocupacional

Conferencia No.1.1

**FUNDAMENTOS BÁSICOS
SOBRE PROTECCIÓN
RADIOLÓGICA OCUPACIONAL**

Daniel Molina Pérez
MSc. Ing. Físico Nuclear



FACULTAD DE
CIENCIAS
UDELAR | fcien.edu.uy



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

OBJETIVOS

01

Refrescar brevemente la historia de la Protección Radiológica

02

Recordar los aspectos biológicos que sustentan la Protección Radiológica

03

Conocer los fundamentos básicos de Protección Radiológica Ocupacional

CONTENIDO

- Resumen histórico.
- Aspectos Biológicos de la Protección Radiológica.
- Objetivos y Principios de Protección Radiológica.
- Exposición ocupacional: Límites de dosis.

RADIACIONES EN LA VIDA DIARIA

Radiación de Fondo o Natural

- Rayos Cósmicos.
- Materiales Radiactivos en el aire o en la corteza terrestre.
- Sustancias Radiactivas del interior del organismo.



Población general



Trabajadores



Individuos



Fuentes de Radiación Artificial

Actividades humanas:

- Medicina
- Industria
- Agricultura
- Investigación

APLICACIONES DE LAS RADIACIONES



RESUMEN HISTÓRICO

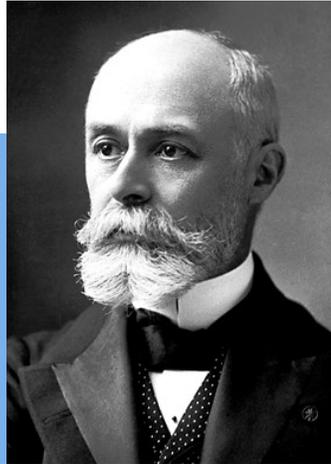
1895

Descubrimiento de los Rayos X (**Roentgen**)



1896

Descubrimiento de la Radiactividad (**Becquerel**)



Descubrieron la radiactividad espontanea y la existencia de diferentes tipos de radiación

RESUMEN HISTÓRICO

No cuantificación → **Hallazgos iniciales cualitativos**

Poca información sobre los efectos de las radiaciones

No existen normas de protección radiológica



Efectos Dañosos en:

- Personas
- Animales de experimentación

Jupiter is the biggest planet of them all

RESUMEN HISTÓRICO

Desarrollo de aplicaciones de los rayos X y de la radiactividad en:

- medicina,
- investigación,
- actividades industriales
- finalmente la utilización de materiales fisionables con propósitos bélicos y energéticos.

Creó la necesidad de aplicar la Protección Radiológica en estas áreas.

La Protección Radiológica se inscribe como una disciplina orientada a promover la protección de las personas contra los riesgos derivados del empleo de fuentes de radiaciones ionizantes.

RESUMEN HISTÓRICO

1915

Sociedad Británica Roentgen produce una declaración sobre la importancia de las medidas de seguridad en Radiología

1928

En el Segundo Congreso Internacional de Radiología, se crea el Comité Internacional de Protección de los Rayos X y el Radio (Comisión Internacional de Protección Radiológica, CIPR (1950)).

Misión CIPR



Desarrollar la ciencia de la Protección Radiológica para beneficio público, lo que se traduce en cooperar en el establecimiento de Normas adecuadas de protección para las personas, sin limitar los beneficios prácticos que se obtienen de la aplicación de las RI.

¿CÓMO?

Emitiendo recomendaciones y guías de todos los aspectos de la PR.

RESUMEN HISTÓRICO



- Organización científica no gubernamental.
- Conformado por personalidades científicas de reconocido prestigio.
- Se agrupan en forma de comités y grupos de trabajo.
- Sede legal: Gran Bretaña y Suecia (Secretaría Científica).
- Trabaja en coordinación con: CIUMR, UNSCEAR, PNUMA, OMS, CEI, AEN/OCDE, OIEA, IRPA, ISO.

1928

Primeras Recomendaciones Generales PR.

- Centradas en la protección de la profesión médica, mediante la **limitación de las horas de trabajo con fuentes médicas**.
- Limitación aplicada se estima correspondería ahora a una dosis individual de alrededor de **1000 mSv por año**.
- Pretendían evitar los efectos con umbral, inicialmente de una **manera cualitativa**.

Se necesitó un sistema para la medición de la dosis antes de que la protección pudiera cuantificarse y se pudieran definir límites de dosis.

RESUMEN HISTÓRICO



1934

Recomendaciones que implicaban el concepto de un umbral seguro en alrededor de diez veces el límite anual de la dosis ocupacional actual.

1951

Propuso un límite que según las estimaciones actuales estaba en alrededor de 3 mSv por semana para la radiación de baja transferencia lineal de energía o LET (ICRP, 1951).

1954

Disminución del sustento para un umbral debido a la evidencia epidemiológica de un exceso de enfermedad maligna entre los radiólogos americanos y la primera indicación de un exceso de casos de leucemia entre los sobrevivientes japoneses de los bombardeos atómicos (ICRP, 1955).

El desarrollo de los usos militares e industriales de la energía nuclear llevó en los primeros años de los 50 a introducir recomendaciones para la protección del público.

RESUMEN HISTÓRICO



1954

Reconociendo la posibilidad de los efectos (ahora denominados estocásticos), y la imposibilidad de demostrar la existencia o no existencia de un umbral para este tipo de efectos, las Recomendaciones de 1954 aconsejaron:

➤ ‘que [debería] hacerse todo el esfuerzo para reducir las exposiciones a todos los tipos de radiación ionizante al nivel más bajo posible’ (ICRP, 1955).

Annals ICRP

➤ mantener la exposición “tan baja como sea factible” (ICRP, 1959),

➤ “tan baja como sea fácilmente alcanzable” (ICRP, 1966), y

➤ “tan baja como sea razonablemente alcanzable, teniendo en cuenta las consideraciones económicas y sociales”. (ICRP, 1973).

1957

ICRP, 1957: fueron fijados los límites por semana y las dosis acumuladas correspondientes a un límite de la dosis anual de 50 mSv para los trabajadores y de 5 mSv para el público.

RESUMEN HISTÓRICO



1977

Publicación 26. Recomendaciones básicas PR:

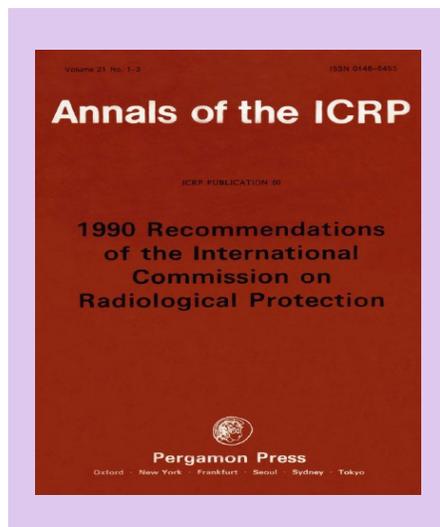
- Por primera vez Cuantificó los riesgos de los efectos estocásticos de la radiación
- Propuso un Sistema de Limitación de Dosis con sus tres principios de justificación, optimización de la protección y límites de dosis individuales.
- Limite de dosis anual: 50 mSv Trabajadores, 5 mSv Público

RESUMEN HISTÓRICO



1990

Publicación 60. Recomendaciones ICRP



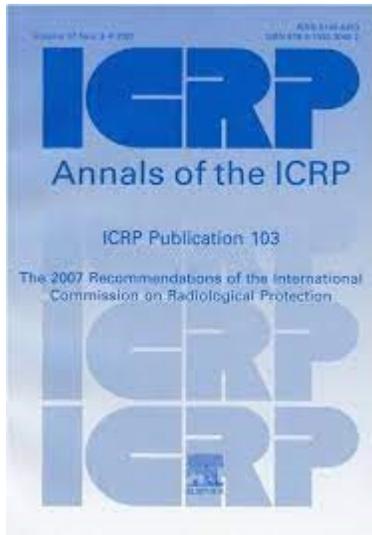
- Nueva información biológica y las tendencias en las normas de seguridad.
- Filosofía: **Sistema de PR** (antes sistema de limitación de dosis).
- Mantienen los principios: justificación, optimización y limitación de dosis.
- Introduce la distinción entre “**prácticas y ‘intervenciones’**” (tipos de situaciones de la exposición).
- Mayor énfasis en la optimización de la protección.
- Limite: Trabajadores: **20 mSv** (promedio), Público: **1 mSv**

RESUMEN HISTÓRICO

ICRP

2007

Publicación 103. Recomendaciones de 2007 de la CIPR



- Actualizan factores de ponderación de la radiación y tejidos para las magnitudes dosis equivalente y dosis efectiva.
- Actualizan el detrimento producido por la radiación (basado en información científica sobre efectos biológicos y física de las radiaciones).
- Mantienen los tres principios: justificación, optimización y límites de dosis, y aclaran cómo se aplican a las fuentes y a los individuos expuestos.
- Evolucionan el enfoque: de “prácticas e intervenciones” a “**situaciones de exposición**” (planificada, de emergencia y existente).
- Mantienen los límites de la dosis (situaciones de exposición planificada).
- Refuerzan el **principio de optimización** (situaciones de exposición): restricciones de dosis y de riesgo (exposición planificada) y niveles de referencia (emergencia y existente).
- Enfoque para desarrollar marco conceptual para demostrar la **PR del medio ambiente**.

ORGANISMOS INTERNACIONALES



UNSCEAR

United Nations Scientific Committee
on the Effects of Atomic Radiation

Comité Científico de las Naciones Unidas para el
Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas

- Creado por la asamblea general de la ONU en 1955
- Origen político y científico
- Los países miembros deben enviar los resultados de los estudios relacionados con los efectos de las radiaciones

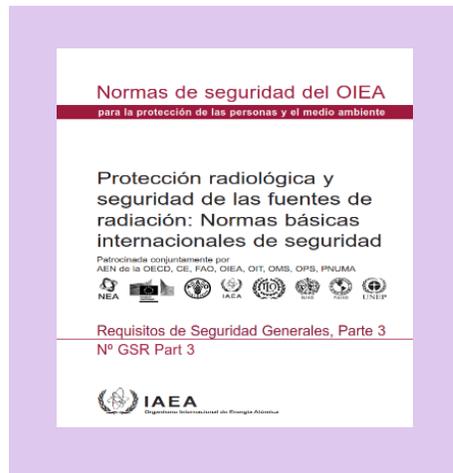
FUENTE DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA MUY IMPORTANTE POR LOS INFORMES QUE
PRESENTA PERIÓDICAMENTE A LA ASAMBLEA GENERAL

ORGANISMOS INTERNACIONALES



Organismo Internacional de la Energía Atómica

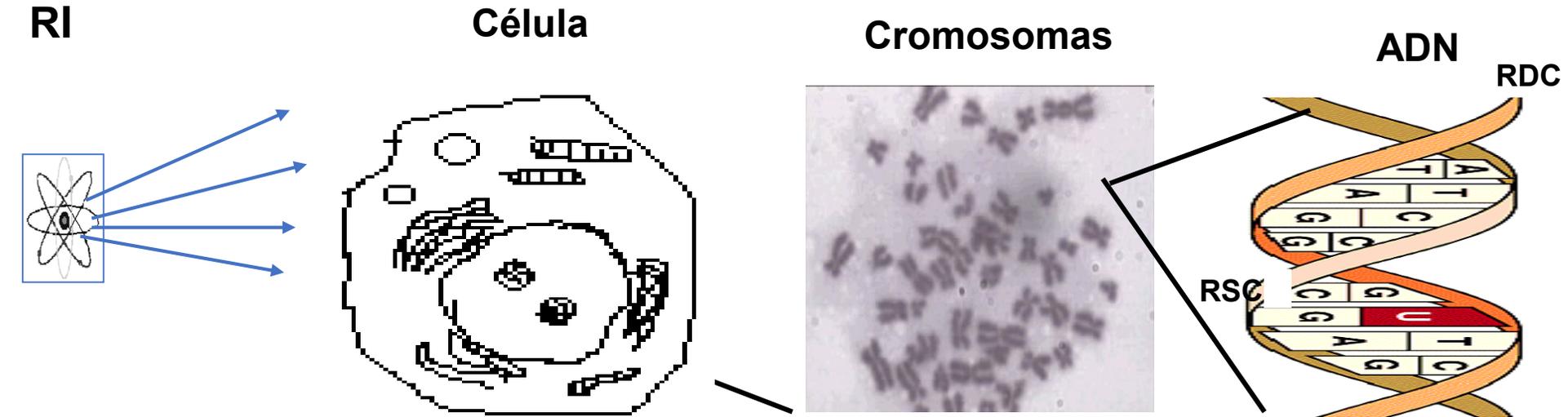
- Creada en 1957 para promover el uso pacífico de la energía nuclear.
- Interpretar las recomendaciones de la ICRP
- Establecer los estándares básicos de seguridad.
- En 1996 publicó en colaboración con la FAO, PAHO, ILO, WHO, NEA, las Reglas Básicas de Seguridad.



- Reglas Básicas de Seguridad, actualizadas 2016 (GSR Parte 3).

ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Interacción de las radiaciones con el tejido biológico



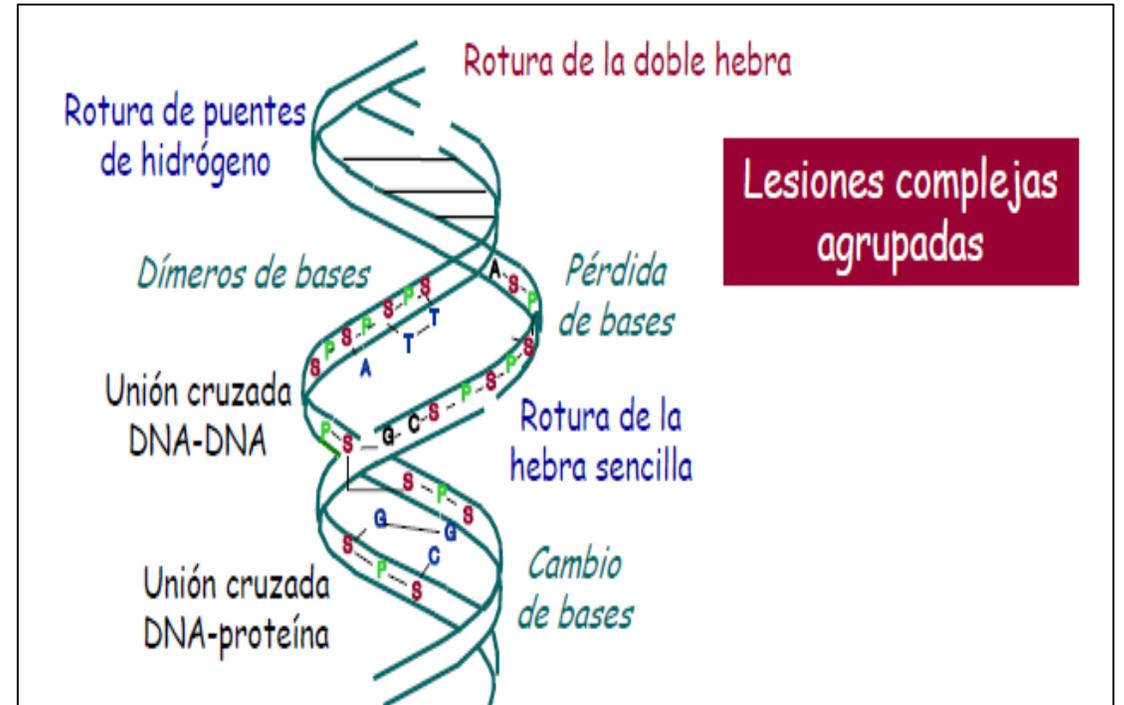
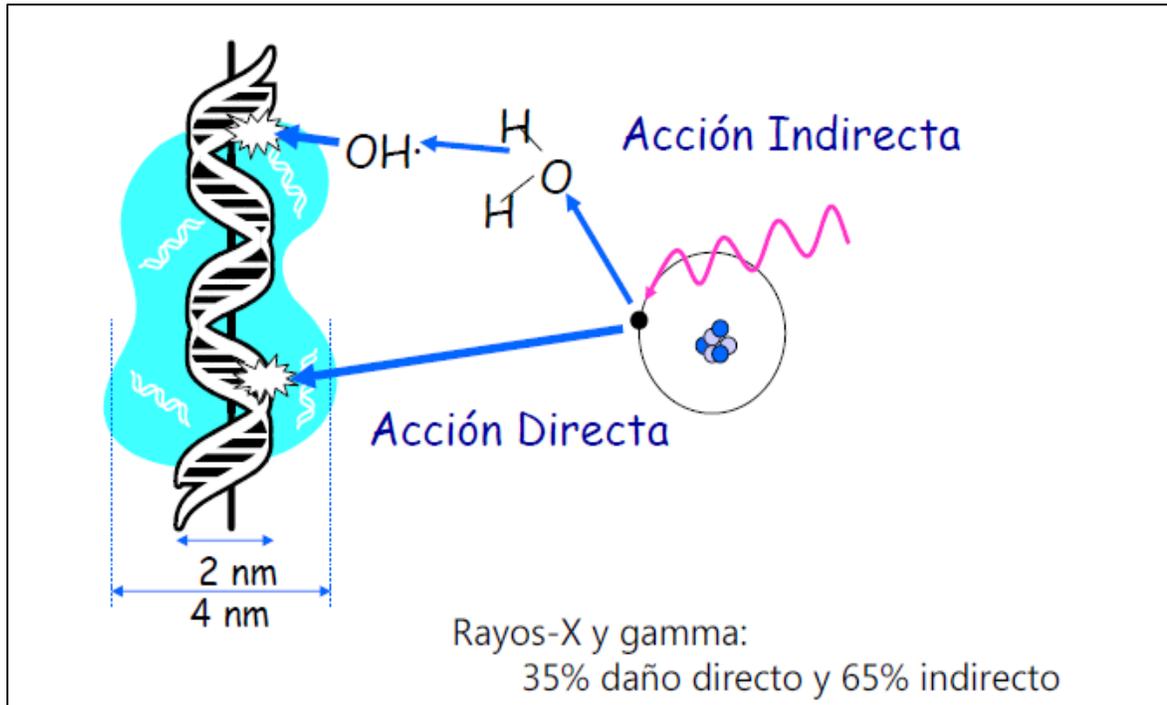
Ionización, excitación de los átomos y moléculas

- directa
- indirecta (radicales libres)

Alteraciones en uno de los blancos potenciales en el núcleo celular

ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Interacción de las radiaciones con el tejido biológico



Se pueden producir diversas **lesiones** en el ADN: roturas, cambios en las bases, uniones cruzadas

ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Factores que influyen en el efecto de la RI en el material biológico

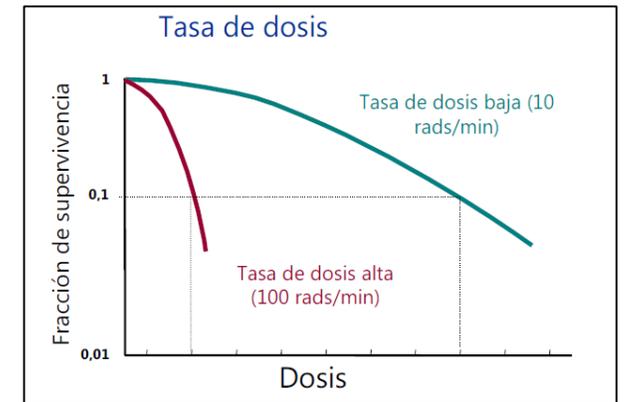
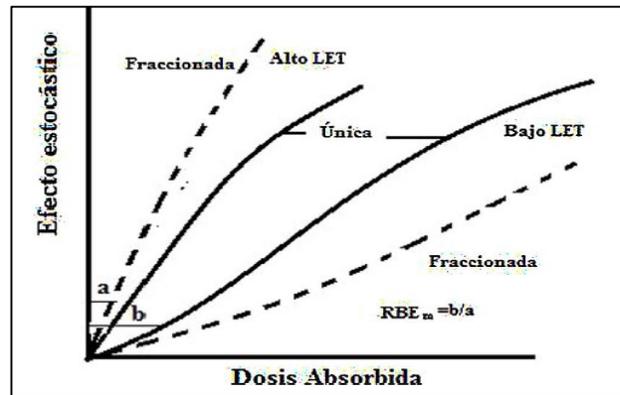
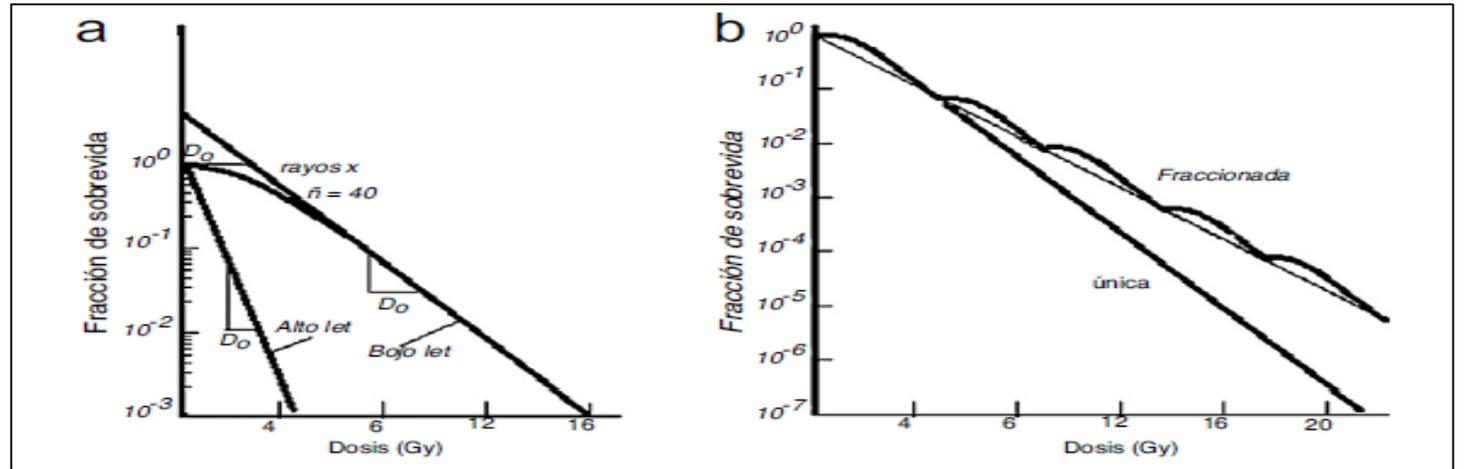
➤ Físicos:

Tipo de radiación (LET)

Fraccionamiento dosis

Tasa de dosis

Dosis respuesta

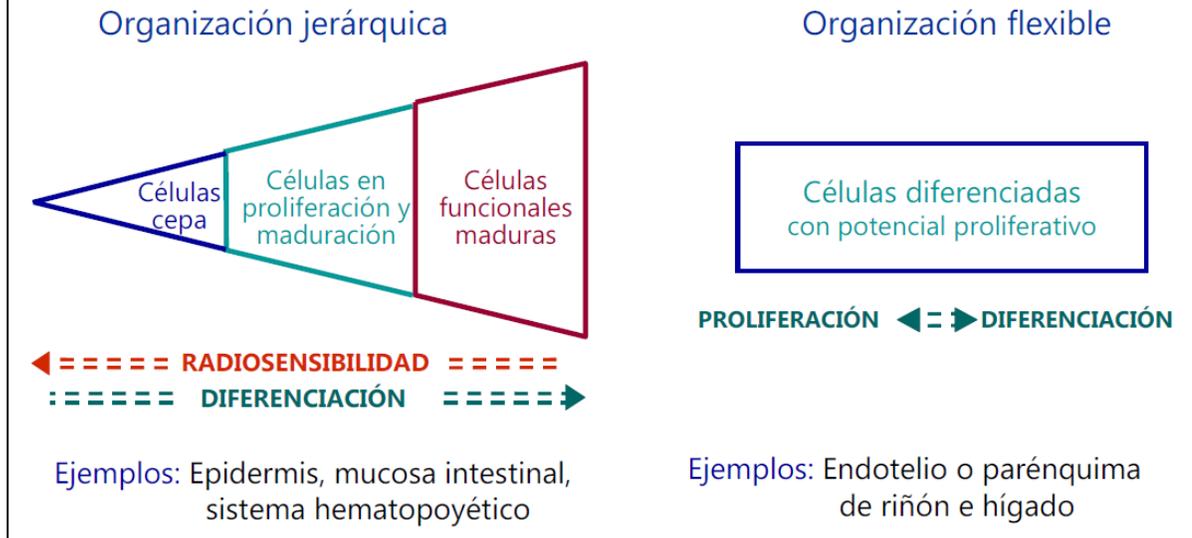


ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Factores que influyen en el efecto de la RI en el material biológico

➤ Biológicos: Fase del ciclo celular, Tipo de tejido o célula

- ▶ Sensibilidad inherente de las células individuales.
- ▶ Cinética de la población como conjunto.



Tipo de célula o tejido y sus características funcionales

Ley Bergonie-Tribondeau

$$RS \cong \frac{\text{Velocidad proliferación}}{\text{Grado de especialización}}$$

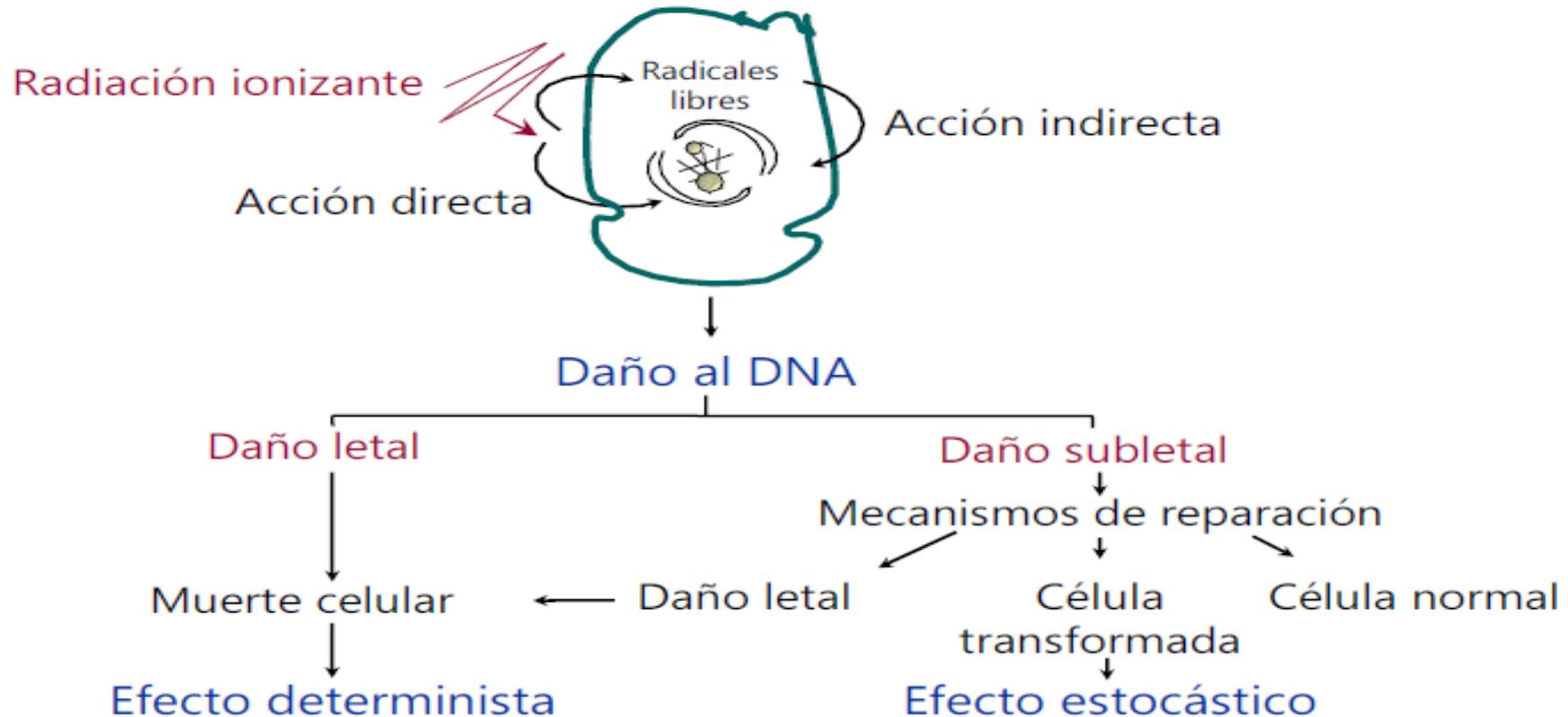
La capacidad proliferativa y el grado de especialización celular

Grados de radiosensibilidad

Alta	Considerable	Intermedia	Baja
Linfocitos, células inmaduras de la médula ósea, epitelio intestinal	Cristalino, paredes estomacales, esófago, boca, piel	Hígado, riñón, pulmones, tiroides	eritrocitos, músculo, óseas nerviosas.

ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes



ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Efectos Deterministas

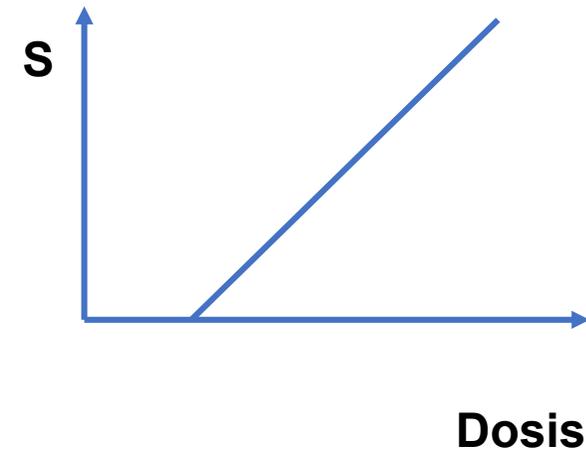
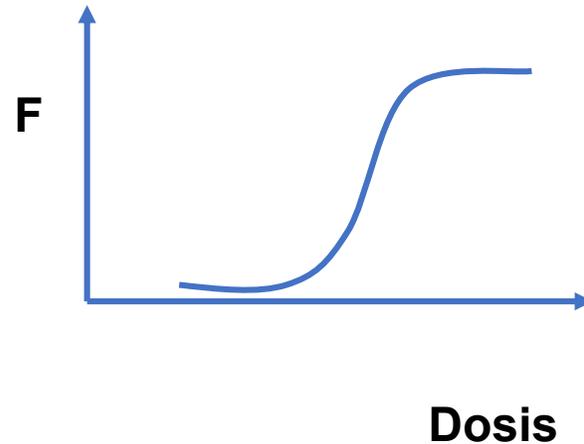
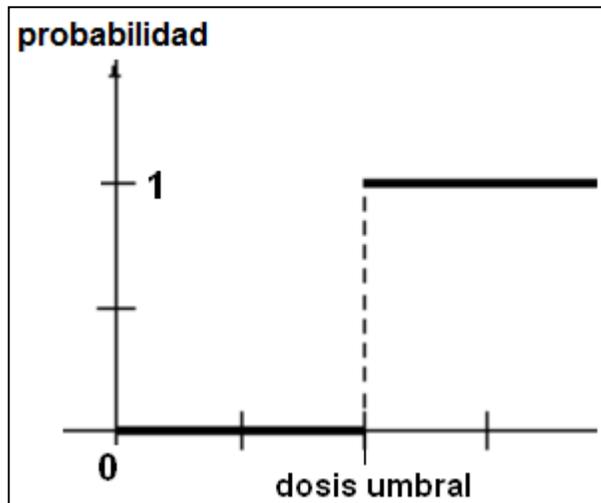
- ▶ Los efectos deterministas se producen por la muerte de un número elevado de células de un tejido u órgano:
 - La gravedad del efecto aumenta con la dosis de radiación.
 - Existe una dosis umbral para que ocurra el efecto.
- ▶ Ocurren tras exposición a dosis relativamente altas de radiación.
- ▶ Definición de muerte celular: en función del tipo celular considerado.

Tipo celular	Muerte implica	Dosis
Células diferenciadas	Pérdida de función	100
Células que se dividen	Pérdida capacidad de división	1

ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Efectos Deterministas

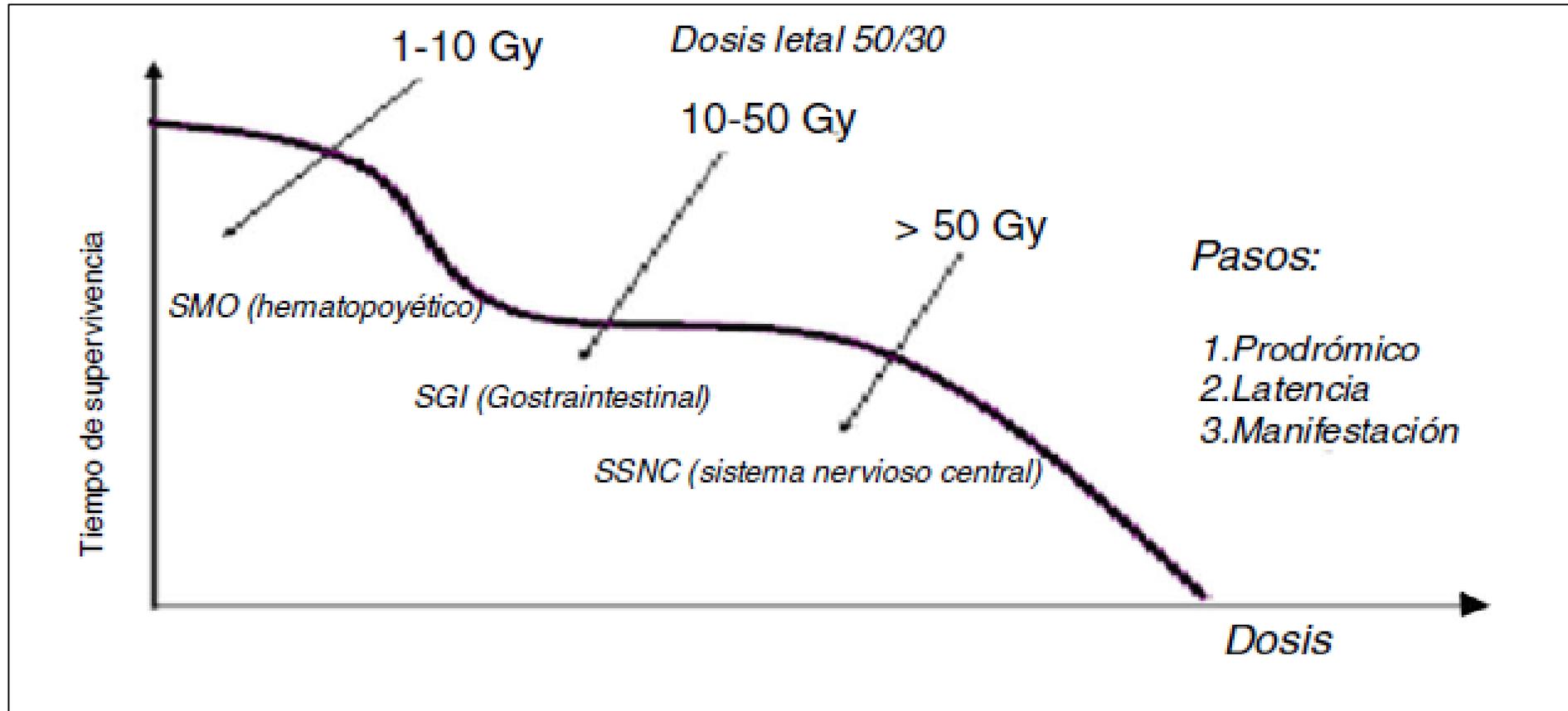
- Dosis umbral: ocurren cuando la dosis supera cierto valor
- La severidad y la frecuencia aumenta con la dosis y la tasa de dosis
- El número de células afectadas influye proporcionalmente en la severidad del efecto.



ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Efectos Deterministas

Síndrome Agudo de Radiación



ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Efectos Deterministas

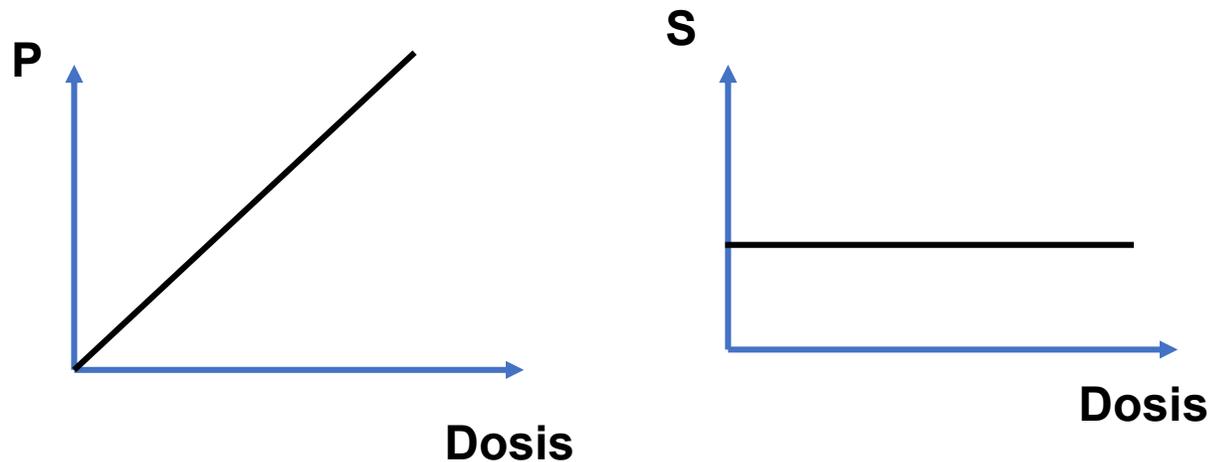
Dosis Umbrales

Tejido	Efecto	Periodo de latencia aproximado	Umbral aproximado (Gy)	Dosis efectos severos	Causa
Sistema hematopoyético	Infecciones Hemorragias	2 semanas	0,5	2,0	Leucopenia Plaquetopenia
Sistema Inmune	Inmunosupresión Infección sistémica	Algunas horas	0,1	1,0	Linfopenia
Sistema gastrointestinal	Deshidratación Desnutrición	1 semana	2,0	5,0	Lesión del epitelio intestinal
Piel	Escamación	3 semanas	3,0	10,0	Daño en la capa basal
Testículo	Esterilidad	2 meses	0,2	3,0	Aspermia celular
Ovario	Esterilidad	< 1 mes	0,5	3,0	Muerte interfásica del oocito
Pulmón	Neumonía	3 meses	8,0	10,0	Fallos en la barrera alveolar
Cristalino	Cataratas	> 1 año	0,2	5,0	Fallos en la maduración
Tiroides	Deficiencias metabólicas	< 1 año	5,0	10,0	Hipotiroidismo
Sistema nervioso central	Encefalopatías y mielopatías	Muy variable según dosis	15,0	30,0	Demielinización y daño vascular

ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Efectos Estocásticos

- No existe dosis umbral (ausencia de umbral)
- La posibilidad de su surgimiento aumenta con la dosis (linealidad)
- Su severidad no varía con el aumento de la dosis
- Ocurre en un plazo relativamente largo después de ocurrida la exposición



ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Efectos Estocásticos

➤ Ausencia de umbral:

Detrimento nunca es cero

Inevitablemente Personas
Expuestas

Detrimento aceptable

Información científica
Consideraciones sociales y
económicas

➤ Linealidad: Permite la “contabilidad” de las dosis (individuales y colectivas) (para evaluar el detrimento individual y colectivo)

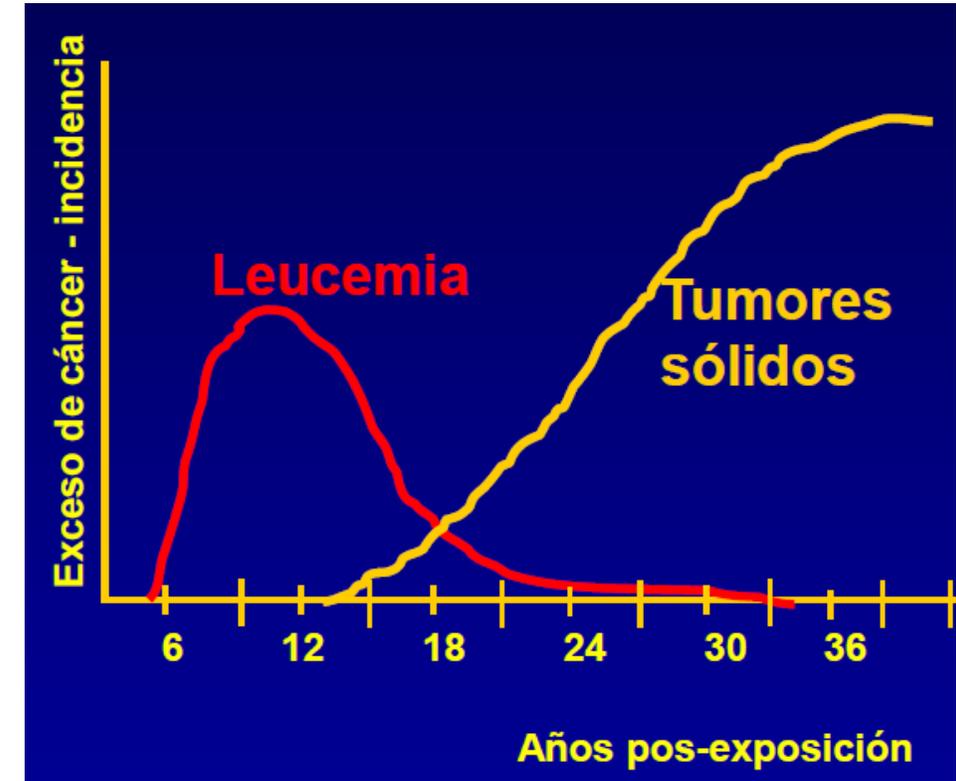
La probabilidad de efectos aumenta con la dosis independientemente de la historia previa.

La suma de las dosis recibidas en toda la vida representan el detrimento (individual) o colectivo.

ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Efectos Estocásticos

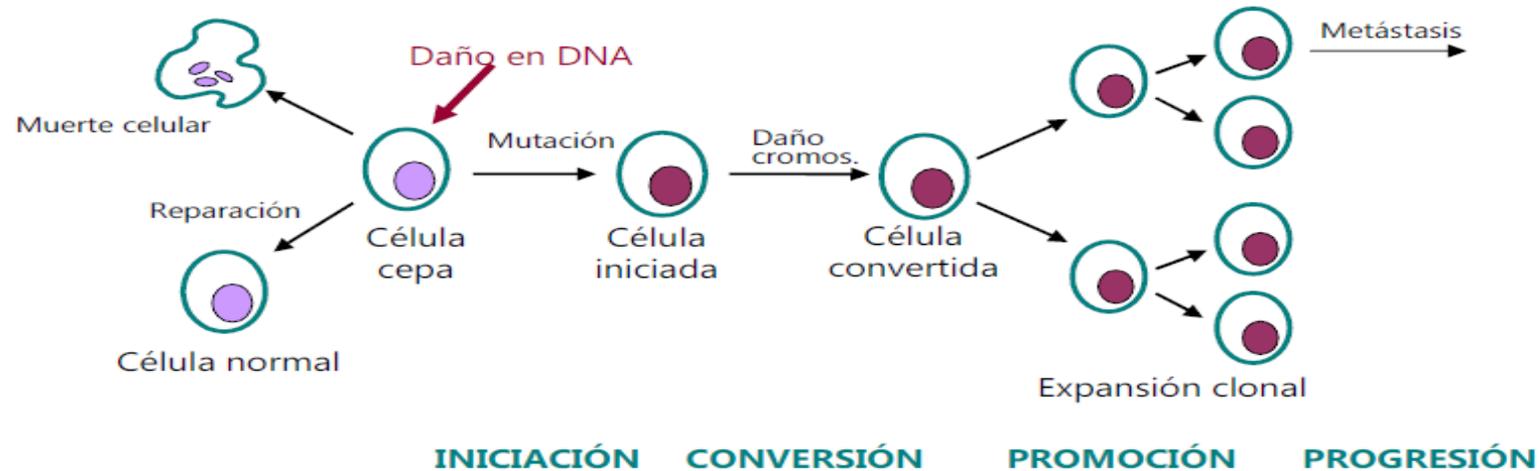
- No hay un umbral de dosis.
- No se asume una dosis segura.
- Manifestación tardía (años).
- Período de latencia:
 - Muchos años para el cáncer.
 - Cientos de años para los efectos hereditarios.
- La probabilidad aumenta con la dosis.
- El grado de severidad no aumenta con la dosis.



ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Efectos Estocásticos Somáticos

- ▶ El aumento en la incidencia de **cáncer** es el principal efecto estocástico somático inducido por radiación ionizante.
- ▶ **Proceso complejo** que implica diversos cambios, cuya naturaleza depende del tipo de célula implicado y tipo de cáncer desarrollado.
- ▶ Proceso carcinogénico. **Modelo multietapa.**



ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Efectos Estocásticos Somáticos

¿Cómo se calcula el riesgo de cáncer a dosis bajas a partir del conocimiento de los efectos?

- El **riesgo de cáncer** se calcula a partir de los resultados obtenidos en el estudio epidemiológico de los supervivientes de **H&N**
- Los valores de riesgo obtenidos en H&N han de **extrapolarse a dosis bajas**: Forma de las curvas dosis-respuesta
- Aún quedan supervivientes de las bombas de H&N, hay que estimar el **riesgo carcinogénico para toda la vida**: Modelos de proyección del riesgo
- Los riesgos calculados son específicos de la población japonesa, hay que estimar los **riesgos para la población mundial**: Modelos de transferencia.

DETRIMENTO POR EXPOSICION A LA RADIACION

Daño total en la salud experimentado por un grupo expuesto y sus descendientes como resultado de la exposición del grupo a una fuente de radiación.

Componentes: probabilidad de un cáncer fatal atribuible, probabilidad ponderada de un cáncer no fatal atribuible, probabilidad ponderada de efectos heredables severos, y el acortamiento de la expectativa de vida si el daño ocurre

Tabla 1. Coeficientes nominales de riesgo ajustados al detrimento (10^{-2} Sv^{-1}) para efectos estocásticos después de la exposición a la radiación a tasa de dosis baja.

Población expuesta	Cáncer		Efectos heredables		Total	
	Actual ¹	Pub. 60	Actual ¹	Pub 60	Actual ¹	Pub 60
Toda	5,5	6,0	0,2	1,3	5,7	7,3
Adultos	4,1	4,8	0,1	0,8	4,2	5,6

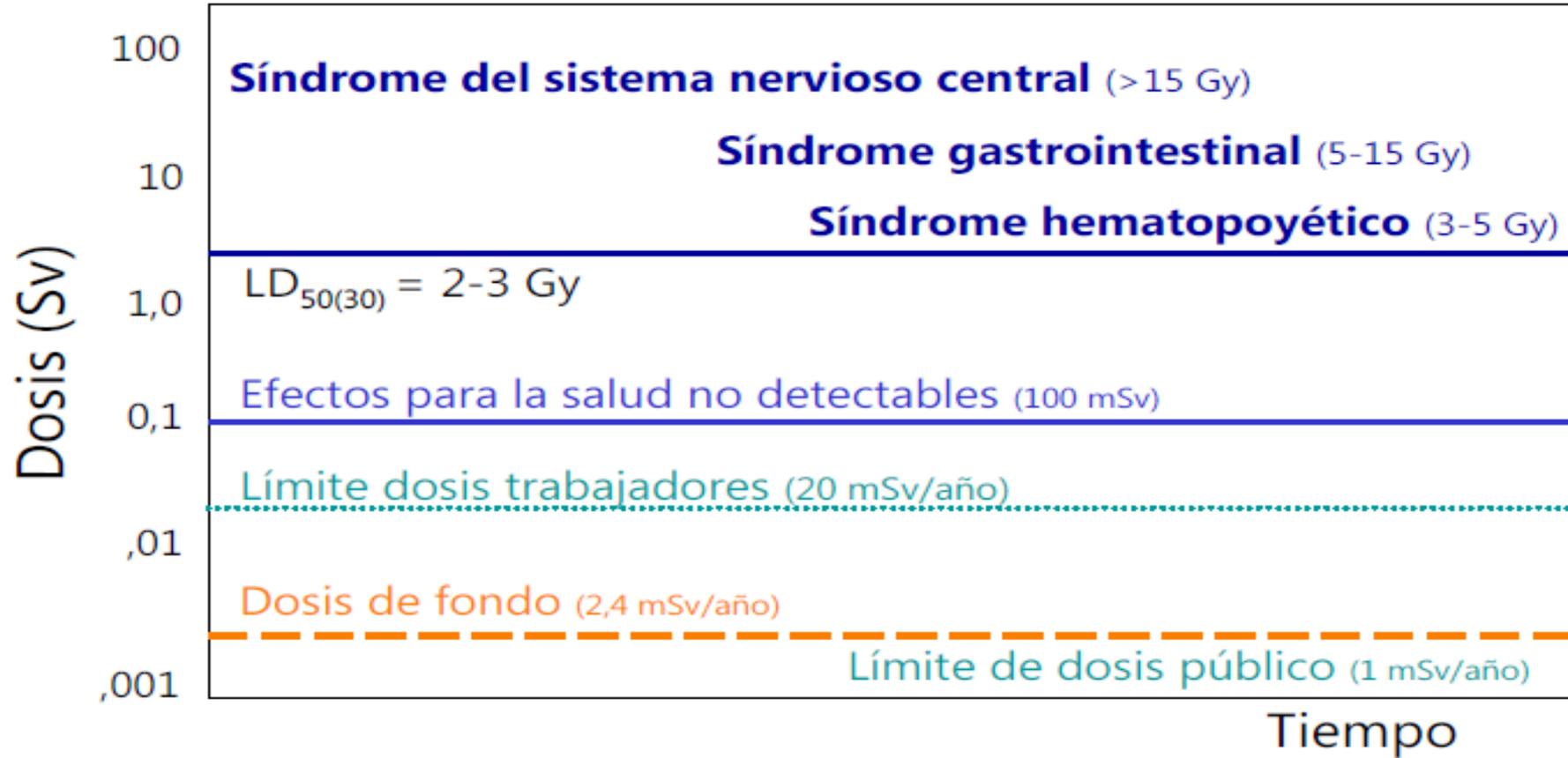
ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes

	<u>Efectos estocásticos</u>	<u>Efectos deterministas</u>
Mecanismo	Lesión subletal una o pocas células	Lesión letal muchas células
Naturaleza	Somáticos o heredables	Somáticos
Gravedad	Independiente de dosis	Dependiente de dosis
Dosis umbral	No	Sí
Relación dosis-efecto	Lineal-cuadrática	Lineal
Aparición	Tardía	Inmediata o tardía

ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA PR

RESUMEN EFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RI



ESTUDIOS SOBRE CANCER RADIOINDUCIDOS



ESTUDIOS SOBRE CANCER RADIOINDUCIDOS

▶ Estudio epidemiológico Cardis y col. Julio 2005:

- **Objetivo:** Estimaciones directas del riesgo de cáncer tras exposiciones crónicas a dosis bajas de radiación ionizante.
- **Diseño:** Estudio retrospectivo de mortalidad por cáncer en trabajadores de la industria nuclear de 15 países. 407.391 trabajadores monitorizados para radiación externa; (5,2 millones análisis).

➤ **Conclusión:**

Las estimaciones de riesgo realizadas son mayores, pero estadísticamente compatibles que las estimaciones de riesgo usadas actualmente en protección radiológica.



ESTUDIOS SOBRE CANCER RADIOINDUCIDOS

➤ **Estudio:** INWORKS (Francia, UK, USA,)

Objetivos: Estimaciones directas del riesgo de cáncer debido a los efectos de las dosis y tasa de dosis bajas.

Diseño: 309 932 trabajadores seguimiento individual de exposición externa, seguimiento total de 10,7 millones años-persona

Conclusiones

Estimación de la **tasa relativa excesiva de mortalidad por cáncer sólido por Gy es mayor que estimaciones actualmente informan la protección radiológica.**

Algunas pruebas sugieren una **pendiente más pronunciada para la asociación dosis-respuesta en el rango de dosis baja que en el rango de dosis total.**

RESEARCH

OPEN ACCESS

Check for updates

Cancer mortality after low dose exposure to ionising radiation in workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS): cohort study

David B Richardson,¹ Klervi Leuraud,² Dominique Laurier,³ Michael Gillies,³ Richard Haylock,³ Kaitlin Kelly-Reif,⁴ Stephen Berke,⁴ Robert D Daniels,⁴ Isabelle Thierry-Chef,⁵ Monika Moissonnier,⁶ Aurelie Kesminiene,⁶ Mary K Schubauev-Berigan⁶

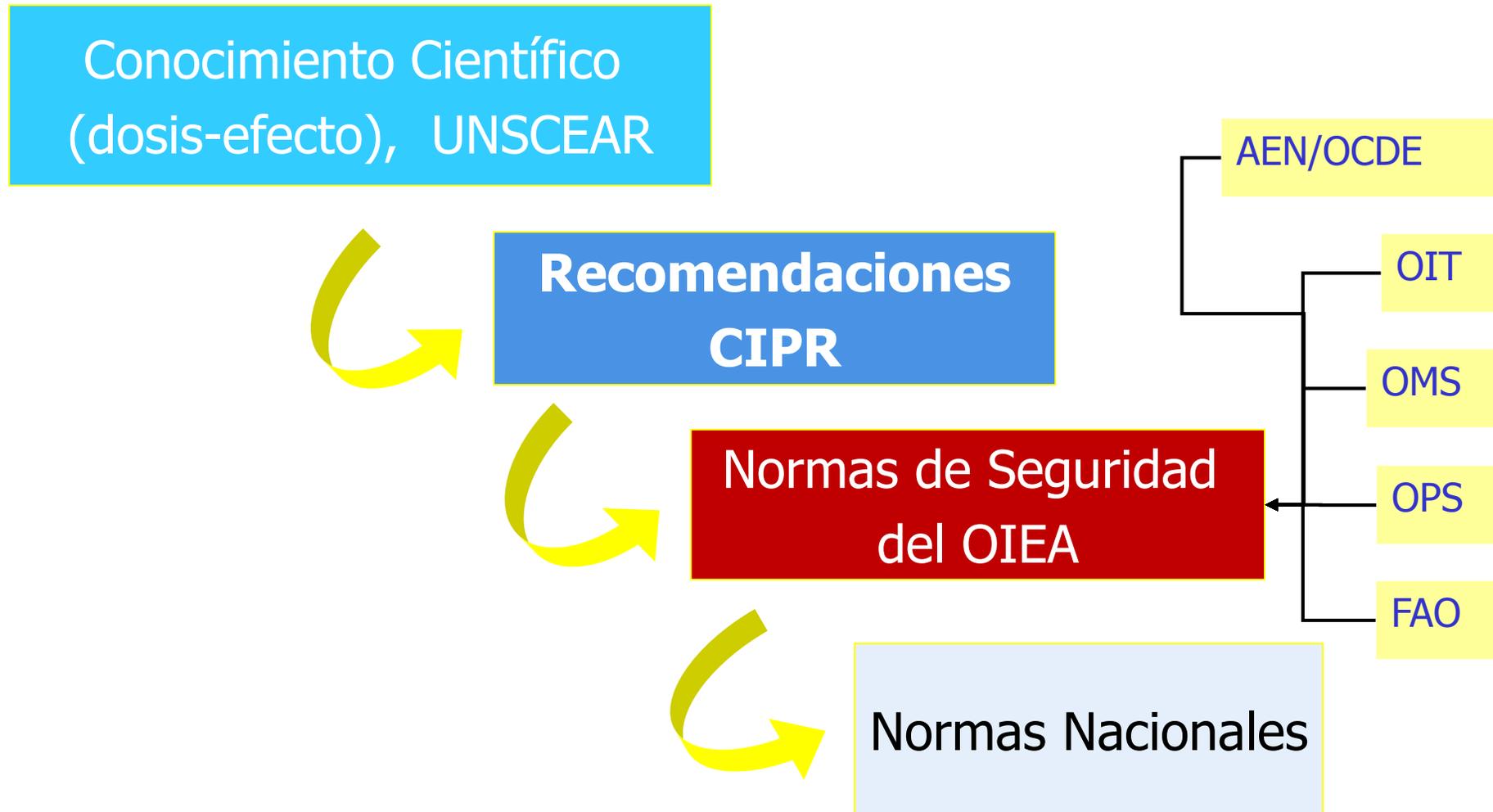
ABSTRACT
OBJECTIVE To evaluate the effect of protracted low dose, low dose rate exposure to ionising radiation on the risk of cancer.
DESIGN Multinational cohort study.
SETTING Cohorts of workers in the nuclear industry in France, the UK, and the US included in a major update to the International Nuclear Workers Study (INWORKS).
PARTICIPANTS 309 932 workers with individual monitoring data for external exposure to ionising radiation and a total follow up of 10.7 million person years.
MAIN OUTCOME MEASURES Estimates of excess relative rate per gray (Gy) of radiation dose for mortality from cancer.
RESULTS This study included 103 553 deaths, of which 28 089 were due to solid cancers. The estimated rate of mortality due to solid cancer increased with cumulative dose by 52% (90% confidence interval 27% to 77%) per Gy, lagged by 10 years. Restricting the analysis to the low cumulative dose range (0-100 mSv) approximately doubled the estimate of association (and increased the width of its confidence interval), as did restricting the analysis to workers hired in the more recent years of operations when estimates of occupational external penetrating radiation dose were recorded more accurately. Exclusion of deaths from lung cancer and pleural cancer had a modest effect on the estimated magnitude of association, providing indirect evidence that the association was not substantially confounded by smoking or occupational exposure to asbestos.
CONCLUSIONS This major update to INWORKS provides a direct estimate of the association between protracted low dose exposure to ionising radiation and solid cancer mortality based on some of the world's most informative cohorts of radiation workers. The summary estimate of excess relative rate solid cancer mortality per Gy is larger than estimates currently informing radiation protection, and some evidence suggests a steeper slope for the dose-response association in the low dose range than over the full dose range. These results can help to strengthen radiation protection, especially for low dose exposures that are of primary interest in contemporary medical, occupational, and environmental settings.
Introduction Unlike many carcinogens, which have been reduced or removed once recognised, the public's exposure to ionising radiation has increased in recent decades.¹⁻³ In the US, for example, the average person's annual effective dose doubled between 1985 and 2006 and has remained elevated since,⁴ primarily owing to increases in exposure to ionising radiation from medical imaging procedures (whereas the average radiation worker's annual occupational dose remained relatively constant over that period).^{5,6} Understanding of associations between low dose and low dose rate radiation exposures and cancer informs decisions about medical and commercial uses of ionising radiation, as well as decisions about exposure limits for members of the public and people working with ionising radiation. The study of Japanese survivors of the atomic bombs serves as the primary basis for the quantitative risk estimates used in radiation protection.⁷⁻⁹ Although that study concerns a high dose rate setting, findings from it inform contemporary assessments for low dose and low dose rate radiation exposures.¹⁰⁻¹² The International Nuclear Workers Study (INWORKS) was undertaken to provide a large scale international assessment of mortality risks from protracted low dose, low dose rate ionising radiation exposures.¹³ INWORKS pools cohorts of nuclear workers monitored with radiation badges in France, the UK, and the US, countries that have assembled some of the largest and most informative cohorts of nuclear workers in the world.¹⁴⁻¹⁶ Here, we report on a major update of analyses of associations

WHAT IS ALREADY KNOWN ON THIS TOPIC
Ionising radiation is an established cause of cancer. The primary quantitative basis for radiation protection standards comes from studies of people exposed to acute, high doses of ionising radiation.

WHAT THIS STUDY ADDS
The results of an updated study of nuclear workers in France, the UK, and the US suggest a linear increase in the relative rate of cancer with increasing exposure to radiation. Some evidence suggested a steeper slope for the dose-response association at lower doses than over the full dose range. The risk per unit of radiation dose for solid cancer was larger in analyses restricted to the low dose range (0-100 mSv) and to workers hired in the more recent years of operations.

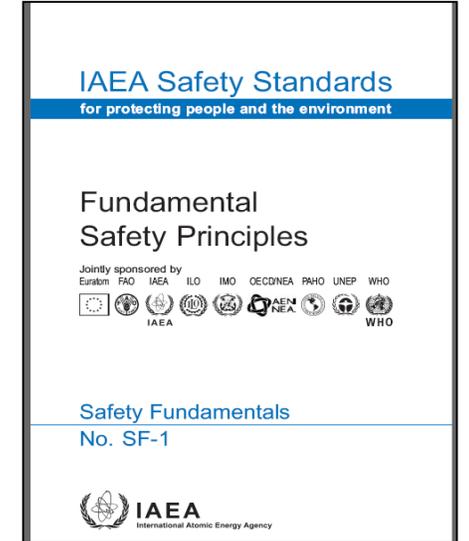
Additional material published online only. To view please visit the journal online.
Check for updates
DOI: 10.1136/bmj-2022-074628
Accepted: 26 Jan 2023

DESDE LOS EFECTOS A LAS NORMAS PR



OBJETIVOS DE LA PR

La PR tiene por finalidad la **protección de los individuos**, de sus **descendientes** y de la **humanidad** en su conjunto, de los **riesgos** derivados de aquellas actividades que, debido a los equipos o materiales que utilizan, suponen la **presencia de radiaciones ionizantes**.



OBJETIVOS DE LA PR

El objetivo principal del **Sistema de Protección Radiológica** es proteger la salud humana

1

Prevenir los **Efectos Deterministas** manteniendo las **dosis por debajo de su umbral** de aparición.

2

Reducir los riesgos de los **Efectos Estocásticos** manteniendo la **dosis tan bajo como sea posible**.

3

Asegurar que las actividades que implican **exposición de los individuos estén justificadas**

Implican el análisis de los **Efectos Individuales** y las **Repercusiones Colectivas**

SISTEMA DE PR

Situaciones de Exposición

Situaciones de exposición planificada: implican la deliberada introducción y operación de fuentes. Pueden conducir tanto a exposiciones que se prevé que habrán de ocurrir (**exposiciones normales**) como a exposiciones que no puede anticiparse que ocurrirán (**exposiciones potenciales**)

Situaciones de exposición de emergencia: pueden ocurrir durante la operación de una situación planificada, o como consecuencia de un acto malévolo, o cualquier otra **situación inesperada** y requieren la adopción de **acciones urgentes a fin de evitar o reducir** las consecuencias no deseadas.

Situaciones de exposición existente: **ya existen** cuando debe tomarse una **decisión sobre su control**, incluyendo las situaciones de **exposición prolongadas después de emergencias**.

SISTEMA DE PR

Categorías de Exposición

Exposición ocupacional: se produce durante el desarrollo del trabajo.

Es debida a fuentes de radiación artificiales o naturales incrementadas por acción humana.



SISTEMA DE PR

Categorías de Exposición

Exposición médica: es consecuencia de las exposiciones recibidas por los individuos como parte de los procedimientos de diagnóstico o de tratamiento médico.

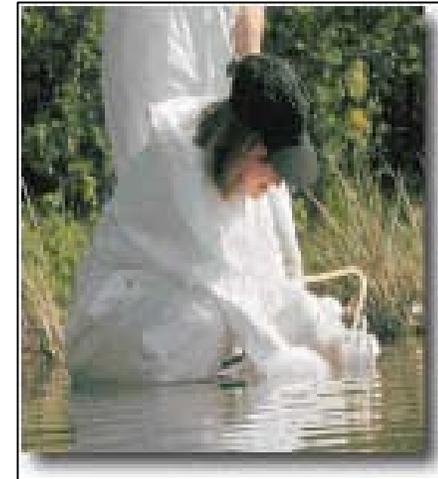


SISTEMA DE PR

Categorías de Exposición

Exposición del público: son las no incluidas en las ocupacionales ni en las médicas,

y son consecuencia de las actividades que dan lugar a las dos anteriores así como las derivadas de fuentes naturales incrementadas por la actividad humana.



SISTEMA DE PR

Identificación de Individuos Expuestos

Trabajadores

Toda **persona empleada**, (tiempo completo, parcial, o transitoriamente), por un empleador con **derechos y deberes** respecto a la protección radiológica ocupacional.

El **trabajador autónomo** (tiene los deberes del empleador y del trabajador).

Profesiones médicas (empleo de radiación ionizante).

Exposición de trabajadoras embarazadas o amamantando

si una trabajadora ha declarado (**notificado a su empleador**) que está **embarazada**, deben realizarse **controles adicionales para proteger al embrión o feto** (semejante a la que se proporciona al **público**)

Exposiciones en la aeronavegación y en el espacio

Operación de aeronaves comerciales y los vuelos espaciales (exposición ocupacional).

SISTEMA DE PR

Identificación de Individuos Expuestos

Publico

Todo individuo sujeto a una exposición que no es ocupacional ni médica

En general, y especialmente en la exposición del público, **cada fuente dará lugar a una distribución de dosis sobre muchos individuos**

Para la protección radiológica del público la Comisión ahora recomienda el uso del concepto de “**Persona Representativa**” en lugar del concepto anterior de **grupo crítico**. La Comisión proporciona orientación sobre la caracterización de la ‘Persona Representativa’ y la respectiva evaluación de sus dosis en la *Publicación 101* (ICRP, 2006a).

SISTEMA DE PR

Identificación de Individuos Expuestos

Paciente

Individuo que recibe una exposición asociada a un procedimiento diagnóstico, intervencionista, o terapéutico

SISTEMA DE PR

Principios de la Protección Radiológica

Justificación



Optimización



Limitación



SISTEMA DE PR

Principios de la Protección Radiológica

Principio de justificación:

Cualquier decisión que altere la situación de exposición a radiación debería **producir más beneficio que daño**.

Esto significa que toda decisión en virtud de la cual se introduzca una nueva fuente de radiación, se reduzca una exposición existente, o se reduzca el riesgo potencial de exposición, debería producir **suficiente beneficio individual o social como para compensar el detrimento** que causa dicha decisión.

(BENEFICIOS > DAÑOS)

Se refiere al control de la fuente,
Se aplica en todas las **situaciones de exposición**

SISTEMA DE PR

Principios de la Protección Radiológica

Principio de justificación:

- una actividad planificada que implica radiación es, en general, beneficiosa, es decir si los beneficios a los individuos y a la sociedad de introducir o de continuar la actividad compensan el daño (incluyendo el detrimento de la radiación) que resulta de la actividad;
- si una **acción reparadora** propuesta en una **emergencia o una situación existente** de exposición es probable, que en general, sea **beneficiosa**, es decir, si las **ventajas a los individuos y a la sociedad** (incluyendo la reducción en el detrimento de la radiación) de introducir o de continuar la acción reparadora **compensan su coste y cualquier daño o destrucción que cause**.

SISTEMA DE PR

Principios de la Protección Radiológica

Principio de justificación:

EJEMPLOS DE PRÁCTICAS INJUSTIFICADAS

1. Aquellas que aumenten la cantidad de sustancias radiactivas en productos destinados a ingestión, inhalación o aplicación percutánea en seres humanos, excepto con fines médicos.
2. Usos frívolos de las radiaciones (juguetes, joyas, adornos).
3. Exámenes médicos masivos de grupos de población.
4. Exámenes radiológicos con fines ocupacionales, legales o de seguro médico.

SISTEMA DE PR

Principios de la Protección Radiológica

Optimización de la Protección:

La probabilidad de recibir exposiciones, el número de personas expuestas, y la magnitud de las dosis individuales deberían mantenerse tan bajas como sea razonablemente alcanzable, teniendo en cuenta factores económicos y sociales.

Esto significa que el nivel de protección debería ser el mejor, en las circunstancias prevalecientes, maximizando el margen de beneficio en relación al daño.

Debería haber restricciones en las dosis o en los riesgos de los individuos asociados a una fuente en particular a fin de evitar resultados extremadamente injustos del procedimiento de optimización (restricciones de dosis o de riesgo y niveles de referencia).

SISTEMA DE PR

Principios de la Protección Radiológica

Optimización de la Protección:

Algunas consideraciones importantes:

Restricciones para la exposición ocupacional.

Se establecen sobre la base de la experiencia operacional y de buenas prácticas similares. Puede ser un valor ubicado entre el mínimo de dosis de una práctica y el valor medio de las dosis para esa práctica.

En las exposiciones normales se restringe la dosis, en las exposiciones potenciales se restringe el riesgo

Niveles orientativos para la exposición médica

SISTEMA DE PR

Principios de la Protección Radiológica

Limitación de dosis:

En situaciones de exposición planificada para fuentes reguladas, que no consistan en exposiciones médicas de pacientes, la dosis total de cualquier individuo no debería exceder los límites pertinentes recomendados.

Los límites de dosis reglamentarios son decididos por la autoridad reguladora teniendo en cuenta las recomendaciones internacionales, y se aplican a trabajadores y miembros del público en situaciones de exposición planificada.

Se refiere al control del individuo

Se aplica en las [situaciones de exposición planificada](#)

SISTEMA DE PR

Principios de la Protección Radiológica

Limitación de dosis:

Aplicación	Límite de dosis	
	Ocupacional	Público
Dosis efectiva	20 mSv/año promediada a lo largo de períodos definidos de 5 años ¹	1 mSv en un año ²
Dosis equivalente anual en:		
Cristalino	150 mSv	15 mSv
Piel ³	500 mSv	50 mSv
Manos y pies	500 mSv	-----

- 1 Con el requisito adicional que la dosis efectiva no debería superar 50 mSv en un año cualquiera.
- 2 Bajo condiciones excepcionales se podría permitir una dosis efectiva más alta en un único año, siempre que la media de 5 años no supere 1mSv/año.
- 3 La limitación de la dosis efectiva asegura una protección contra efectos estocásticos. Hay límite adicional para las exposiciones locales para evitar los efectos deterministas.

COMPARACION LIMITES DE DOSIS

Categorías de exposición (Publicaciones)	Recomendaciones 1990 y publicaciones posteriores	Recomendaciones actuales
<i>Situaciones de exposición planificada</i>		
Limites de dosis individual^a		
Exposición ocupacional (60, 68, 75) incluyendo operaciones de recupera- ción (96)	20 mSv/año promediando sobre periodos definidos de 5 años ^c	20 mSv/año promediando sobre periodos definidos de 5 años ^c
- cristalino	150 mSv/año ^b	150 mSv/año ^b
- piel	500 mSv/año ^b	500 mSv/ año ^b
- manos y pies	500 mSv/año ^b	500 mSv/ año ^b
- mujeres embarazadas,	2 mSv en la superficie del	1 mSv al embrión/feto
- resto de embarazo	abdomen ó 1 mSv debido a la incorporación de radionucleidos	
Exposición del público (60)	1 mSv en un año	1 mSv en un año
- cristalino	15 mSv/año ^b	15 mSv/año ^b
- piel	50 mSv/ año ^b	50 mSv/ año ^b

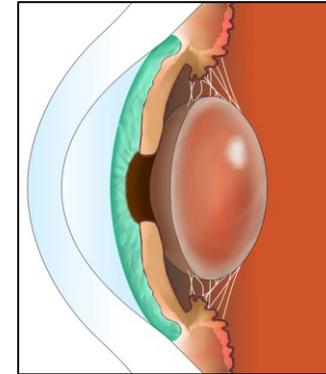
SISTEMA DE PR

Principios de la Protección Radiológica

NUEVO

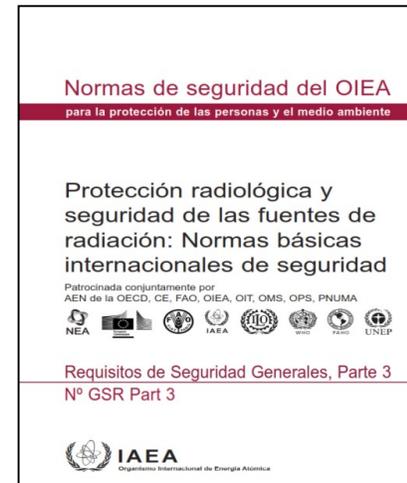
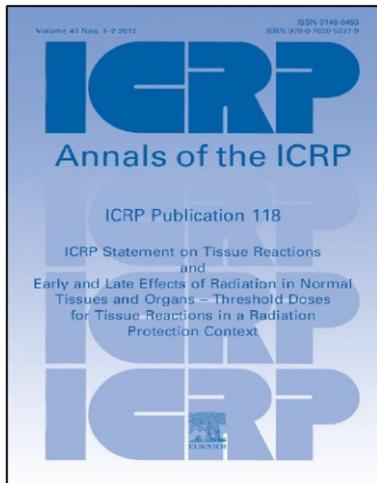
Limitación de las dosis:

Exposición del cristalino



Umbral de dosis para formación de cataratas en 0.5 Gy (independiente tasa).

Recomienda un nuevo límite en cristalino para TOE:
20 mSv/año (promediados en 5 años y un máximo anual de 50 mSv).



BIBLIOGRAFÍA



- Publicación ICRP 60. 1990 Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.. Ann. CIPR 21 (1-3).
- Publicación ICRP 103. Las recomendaciones de 2007 de la CIPR. Ann. CIPR 37 (2-4).
- OIEA. *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad.* GSR Parte 3. (2016).
- OIEA. *Occupational Radiation Protection.* GSG-7. (2018).