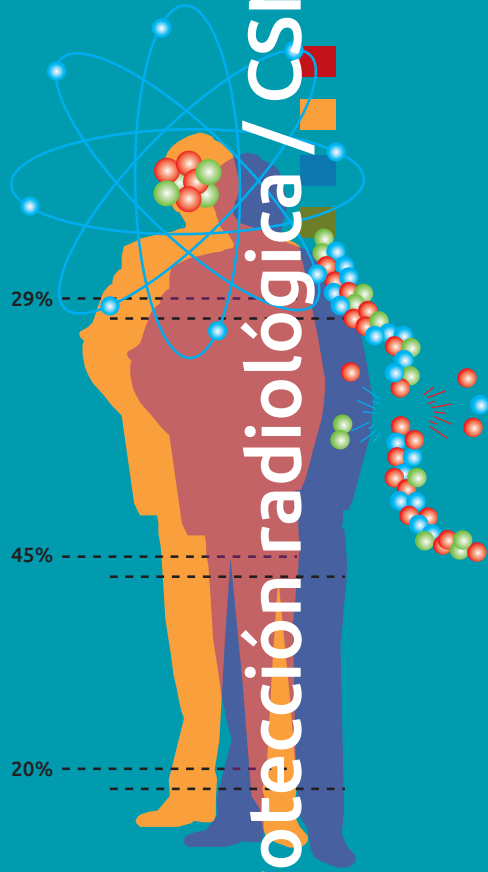
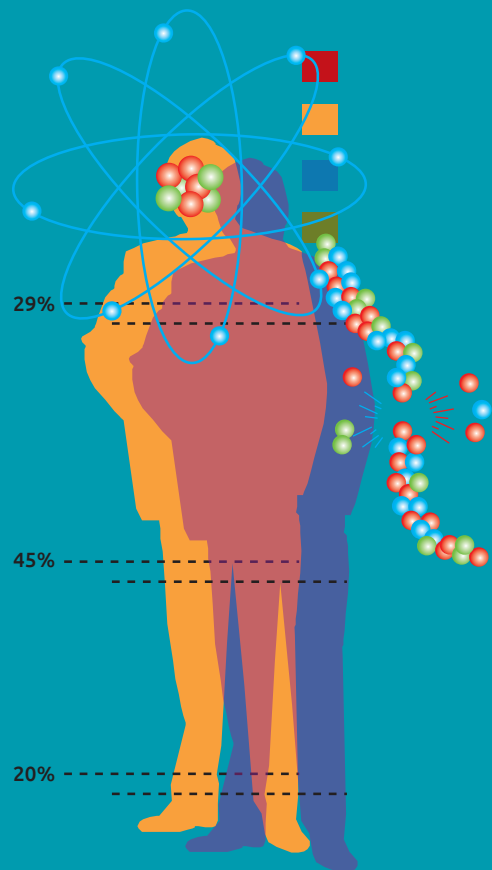


Protección radiológica / CSN





Referencia: SDB-04.06
Actualización 2025

© Consejo de Seguridad Nuclear, 2025

Edita y distribuye:
Servicio de Publicaciones
Consejo de Seguridad Nuclear
Pedro Justo Dorado Dellmans, 11
28040 Madrid
tel.: 91 346 01 00
www.csn.es

Diseño de colección: Juan Vidaurre
Maquetación: Ángel Merlo

Depósito Legal: M-22895-2012

Impreso en papel reciclado



ÍNDICE

Presentación	7
Radiactividad	8
Átomos	8
Radiactividad y radiación	9
Fondo natural y fuentes artificiales de radiación	10
Efectos biológicos de la radiación	12
Mecanismos de daño de la radiación en el tejido biológico	12
Tipos de efectos de la radiación	13
Efectos deterministas o reacciones tisulares	14
Efectos estocásticos	14
Dosis de radiación, sensibilidad y daño	16
Sistema de protección radiológica	18
Principios de protección radiológica	18
Justificación	18
Optimización (Principio Alara)	19
Limitación de las dosis	19
Tipos de exposición	20
Categorías de exposición	21
Medidas básicas de protección radiológica	22
Aplicación de medidas de protección al individuo. Riesgos de irradiación y de contaminación	23
Organismos relacionados con la protección radiológica	25
El Consejo de Seguridad Nuclear	25
¿Son efectivos los controles? Dosis recibidas por los trabajadores expuestos y por el público	25
Otros organismos nacionales	27
Otros organismos internacionales	27

Presentación

Aunque la radiación hoy en día está presente de algún modo en numerosas situaciones, la población se pregunta habitualmente: ¿hasta qué punto son peligrosas las radiaciones? ¿Estamos protegidos de ellas? ¿De qué manera podemos estar seguros?

Para contestar a esas preguntas es necesario conocer un poco más en profundidad qué es la radiación, dónde está presente y qué medidas y controles se establecen para protegernos frente a ella. Este documento pretende contestar a estas preguntas con un lenguaje sencillo, pero científicamente preciso.

Radiactividad

Átomos

Nuestro cuerpo y toda la materia que nos rodea está formada por átomos. Un átomo de cualquier elemento de la tabla periódica está compuesto por un núcleo, formado por protones y neutrones, alrededor del cual se encuentran distribuidos los electrones, en el mismo número que los protones cuando el átomo está en estado neutro.

Cada elemento químico concreto se caracteriza por tener un número determinado de protones en el núcleo, pero pueden existir variantes, con el mismo número de protones, pero distinto número de neutrones. Estas variantes de un mismo elemento se llaman isótopos.

Por ejemplo, el hidrógeno (con un protón y ningún neutrón en el núcleo), el llamado deuterio (un protón y un neutrón) y el denominado tritio (un protón y dos neutrones), todos ellos con un electrón en su capa externa en estado neutro, son isótopos del mismo elemento.

Así, para emplear una nomenclatura precisa que identifique el isótopo concreto al que nos referimos, se escribe el nombre o símbolo del elemento químico seguido del número de protones y neutrones de su núcleo: hidrógeno-1, hidrógeno-2, hidrógeno-3 en el caso anterior, litio-7, etc.

Los átomos se combinan formando moléculas. Pueden estar formadas por átomos del mismo elemento, como la molécula de oxígeno, formada por dos átomos y representada por O_2 , o la de ozono, formada por tres átomos, O_3 . O bien por átomos de distinto elemento, como la molécula de agua, H_2O , formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

Las formas y propiedades con que se combinan los átomos en moléculas son las mismas para los isótopos de un mismo átomo, porque no dependen del distinto número de neutrones que eventualmente puedan tener en el núcleo, sino del número de electrones y su configuración en la capa externa del átomo, número que viene determinado por el de protones si el átomo está en estado neutro.



Figura 1. Átomo de hidrógeno (un protón y un electrón), deuterio (un protón y un neutrón en el núcleo) y tritio (un protón y dos neutrones en el núcleo).

Consecuencia de lo anterior, formando la molécula de agua, encontramos con mayor frecuencia hidrógeno-1, pero también podemos encontrar hidrógeno-2 (deuterio) o hidrógeno-3 (tritio) sin que su apariencia o propiedades a nuestra vista cambien.

Radiactividad y radiación

Los núcleos de ciertos átomos son inestables y se transforman en otros núcleos más estables. Estas transformaciones (llamadas también desintegraciones) se caracterizan por la emisión de partículas o energía y este fenómeno se conoce con el nombre de radiactividad, descubierta por Becquerel en 1886.

Esas emisiones procedentes del núcleo—también denominadas radiaciones— pueden ser principalmente de tres tipos: partículas alfa—constituidas por dos neutrones y dos protones, estos últimos con carga positiva—, partículas beta—electrones, con carga negativa o sus antipartículas con carga positiva llamadas positrones, y finalmente la radiación gamma—constituida por fotones, es decir, radiación electromagnética similar en esencia a los rayos X y a la luz. En ocasiones también se presenta la emisión de neutrones en estas reacciones nucleares.

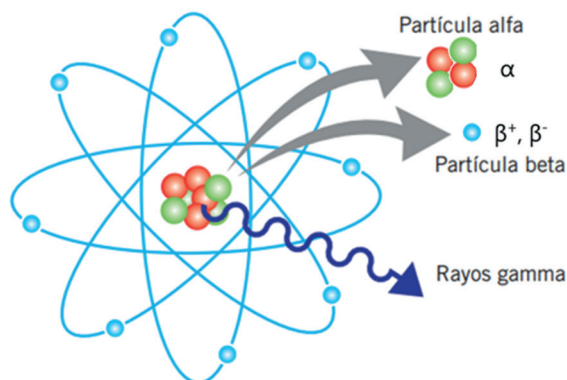


Figura 2. Representación esquemática de las emisiones que tienen lugar a causa de las transformaciones o desintegraciones radiactivas ocurridas en los núcleos de átomos inestables.

En el contexto de la protección radiológica tendremos en cuenta igualmente los rayos X, que son también radiaciones ionizantes constituidas por ondas electromagnéticas, pero en esta ocasión su origen son fenómenos que se producen a nivel atómico y no del núcleo.

Los rayos X se generan al frenarse los electrones en la materia. Como partículas cargadas que son, emiten radiación al perder velocidad o al sufrir cambios de trayectoria que suponen aceleraciones en distintas direcciones. A esos fotones de rayos X ‘de frenado’ se pueden añadir los rayos X característicos producidos en las desexcitaciones de electrones de unos niveles energéticos a otros inferiores. Ambos fenómenos se representan en la figura 3.

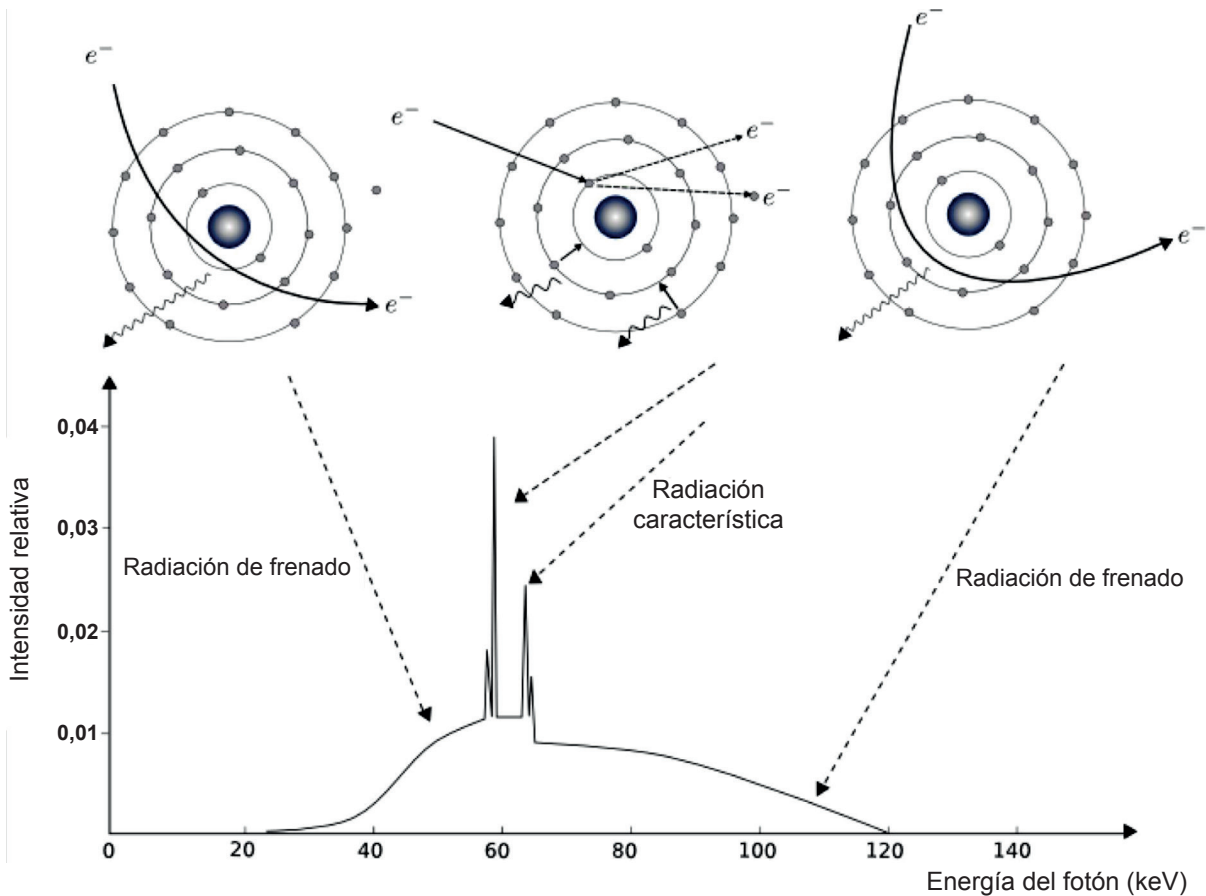


Figura 3. Se representa en el gráfico la distribución de fotones de rayos X de distintas energías, producidos por radiación de frenado y radiación característica.

Fondo natural y fuentes artificiales de radiación

Tanto los materiales radiactivos como las radiaciones que producen y las que nos llegan del espacio han formado siempre parte de nuestro

entorno. No obstante, dada la incapacidad del ser humano para advertir su presencia mediante los sentidos, su descubrimiento no se produjo hasta finales del siglo XIX, época en la que comienza a disponerse de sistemas capaces de

detectar su presencia, aprovechando el conocimiento de algunas de sus propiedades.

A las fuentes de radiaciones ionizantes como los rayos cósmicos, materiales radiactivos presentes en la corteza terrestre no alterada, en el aire o incorporados a los alimentos e incluso sustancias radiactivas que se encuentran en el interior del organismo humano (potasio-40, carbono-14, etc.), se las denomina radiaciones de fondo o naturales.

El ser humano, además de estar expuesto a la radiación de fondo natural, también está expuesto a fuentes artificiales de radiaciones. La utilización de fuentes de radiaciones ionizantes, aparatos de rayos X, sustancias radiactivas naturales o radioisótopos producidos artificialmente, en actividades de la medicina, la industria, la agricultura o la investigación, reportan muchos beneficios a la humanidad, pero también dan lugar a ciertos riesgos que no quedan limitados a un pequeño grupo de personas, sino que pueden incidir sobre amplios colectivos laborales y sobre la población en su conjunto.

En la figura 4 aparece comparada la radiación que recibe un ser humano, debida a distintas situaciones de exposición, tanto naturales como artificiales.

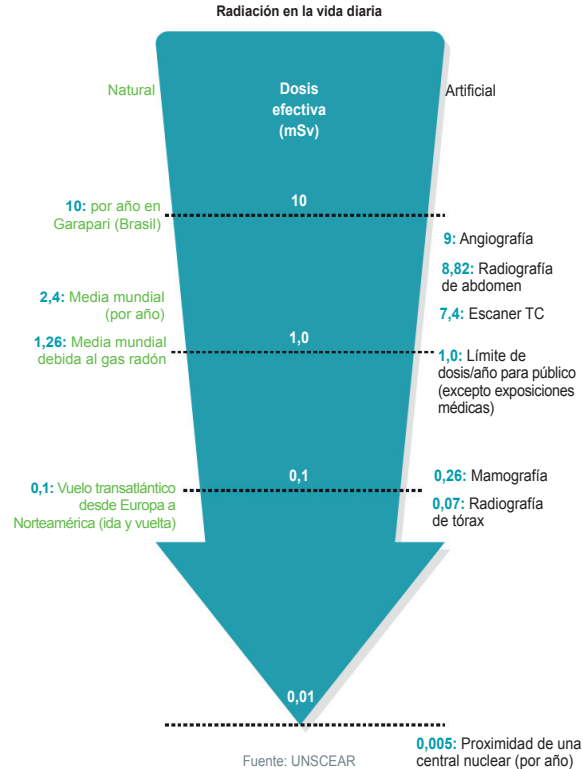


Figura 4. Valores representativos de las dosis de radiación recibidas por distintas situaciones de exposición.

Efectos biológicos de la radiación

Mecanismos de daño de la radiación en el tejido biológico

Llamamos ionización al fenómeno que se puede producir cuando las partículas cargadas o la radiación electromagnética interactúan con un átomo, si tienen la energía suficiente para arrancar algún electrón de la corteza del átomo.

En el caso de que la radiación consista en partículas cargadas –partículas alfa, protones, fragmentos de fisión y electrones–, se produce un efecto directo. Al interactuar con el átomo le

comunican energía, que si supera cierto valor umbral puede arrancar electrones de la corteza del átomo, dando lugar a este proceso conocido como ionización.

Por otro lado, la radiación electromagnética, tanto la radiación gamma como los rayos X, interactúa con mecanismos más complejos, de una manera indirecta, acaba produciendo finalmente también la pérdida de electrones en los átomos (como en el efecto fotoeléctrico, representado en la figura 5).

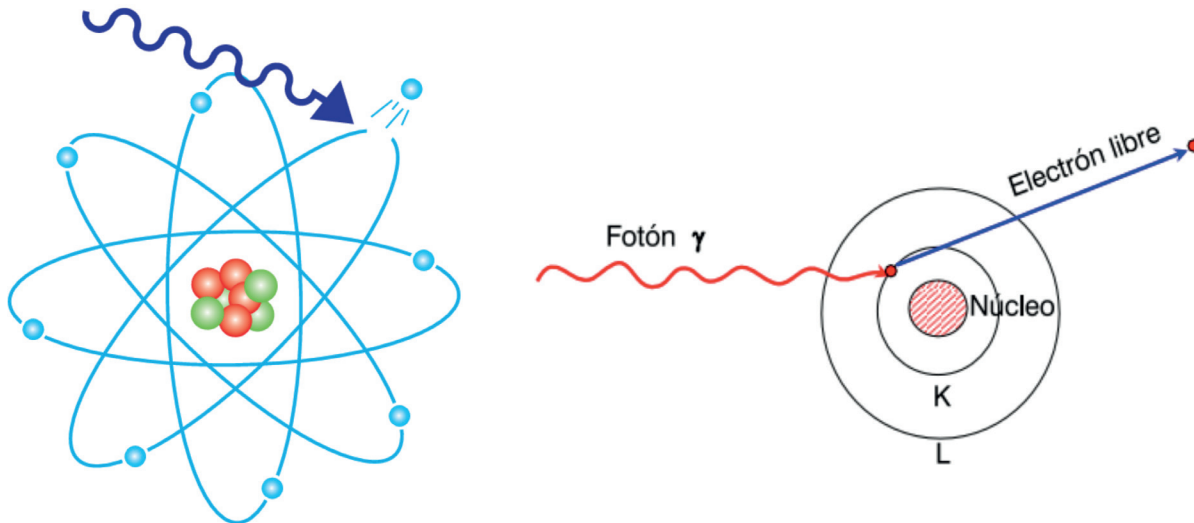


Figura 5. Ionización producida en un átomo por fotones, a través del efecto fotoeléctrico.

Los neutrones, que son partículas neutras (sin carga eléctrica) que se producen en determinados procesos, interaccionan con la materia mediante reacciones nucleares que pueden dar lugar, a su vez, a partículas cargadas y fotones, de manera que finalmente pueden acabar también originando ionizaciones.

Al final, por tanto, sea cual sea el tipo de radiación o partícula incidente, el mecanismo fundamental de interacción e intercambio de energía con la materia es el de ionización. Esta es la razón por la que estas radiaciones se conocen con el nombre de radiaciones ionizantes.

En el caso de que la materia sea el tejido biológico, los efectos de ionización pueden darse directamente en moléculas clave, como las que componen el ADN, molécula orgánica básica, produciendo cambios químicos y alteraciones importantes que dan lugar a la aparición de efectos biológicos, incluyendo el desarrollo anormal de las células (figura 6).

Alternativamente, el daño se puede originar por un mecanismo indirecto, la ionización se puede producir en las moléculas de agua, que compone mayoritariamente las células. En este caso dan lugar a los llamados radicales libres (grupo OH-) que presentan una gran reactividad química, suficiente para posteriormente alterar moléculas importantes que forman parte de los tejidos de los seres vivos.

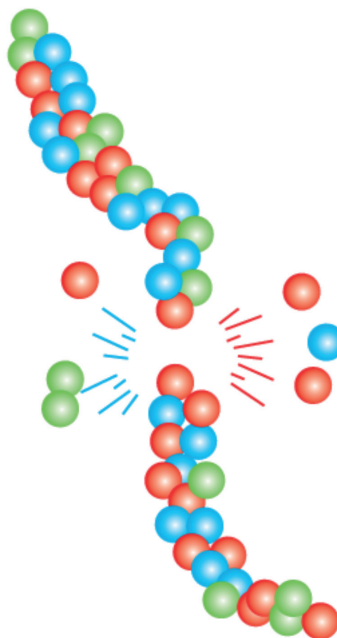


Figura 6. Daño por ionización sobre la molécula de ADN.

Tipos de efectos de la radiación

El sistema de protección radiológica vigente se basa en la suposición de que, por muy pequeña que sea la dosis de radiación, siempre hay algún riesgo. Esta presunción se hace tomando como base los estudios realizados en las personas que se han expuesto a altas dosis de radiación, tales como los supervivientes de las bombas atómicas en Japón.

Ello se debe a que el conocimiento de los efectos de las dosis bajas de radiación no es completo. Es muy difícil establecer conclusiones categóricas sobre el aumento de la incidencia de estas posibles enfermedades causadas por la radiación, frente a su incidencia espontánea o debida a otras causas, por limitaciones estadísticas de tamaño de las muestras necesarias, tiempo de seguimiento, etc.

Debemos distinguir dos tipos de efectos:

Efectos deterministas o reacciones tisulares

Son los que ocurren con seguridad al superarse un valor determinado de la dosis de radiación recibida. Algunos de ellos no están únicamente determinados en el momento de la irradiación, sino que pueden verse modificados después de ella.

Son variables en severidad en función de la dosis recibida. Pueden variar desde la muerte del individuo en días o semanas (para niveles muy altos de radiación recibida por todo el cuerpo) a un simple enrojecimiento de la piel (para dosis elevadas de radiación recibidas durante un corto período de tiempo en una zona del cuerpo de tamaño limitado).

Efectos estocásticos

Son los que tienen una probabilidad de ocurrencia creciente al aumentar la dosis de radiación recibida, pero en caso de ocurrir, su gravedad es independiente de dicha dosis (efectos de este tipo son el cáncer o la aparición de enfermedades congénitas). Por ello, son llamados también efectos probabilistas. Otra de sus características principales es que el efecto puede aparecer tras un largo periodo de latencia desde que se produce la irradiación que lo provoca, incluso de varios años.

Cuando el cuerpo humano es sometido a bajas dosis de radiación, inferiores a los umbrales para la producción de efectos tisulares (o a dosis recibidas a lo largo de un período extenso de tiempo), no existen efectos deterministas apreciables, pero se supone que sí es posible la existencia de efectos estocásticos.

La protección radiológica se basa en el principio de precaución, reconociendo como potencialmente peligrosa cualquier cantidad de radiación. Expresado matemáticamente lo anterior, para estos efectos estocásticos, en la curva que relaciona dosis y efecto tendríamos un incremento continuo de la probabilidad de aparición de los efectos (o de la incidencia en una muestra determinada de individuos sometidos a una exposición), desde una dosis cero, lo que se conoce como hipótesis lineal sin umbral, tal como se representa en la figura 7.

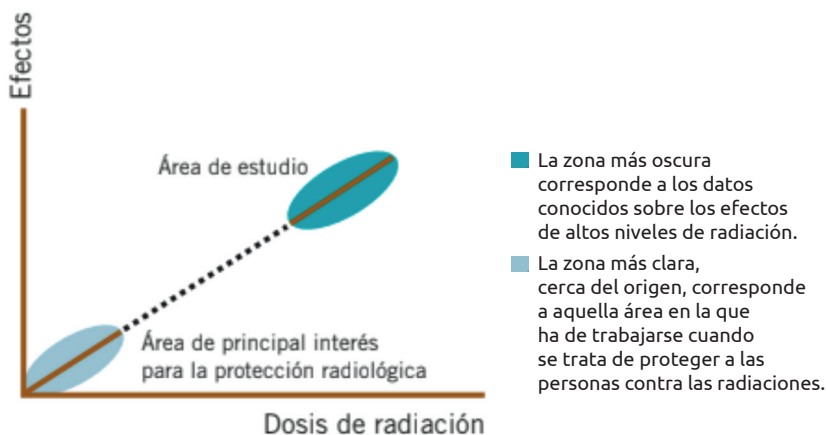


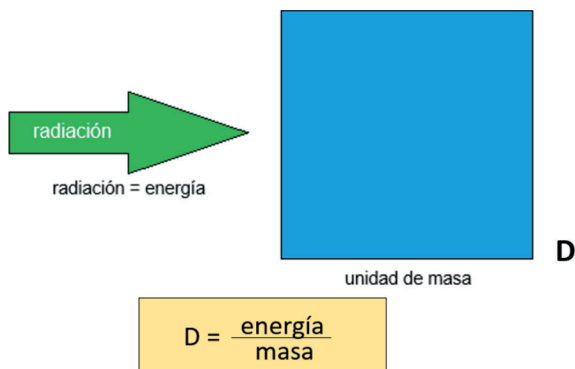
Figura 7. Relación entre la dosis de radiación y la incidencia de efectos producidos en una población expuesta a la misma.

El organismo internacional que se encarga de recopilar toda la información disponible respecto a los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, revisando periódicamente sus conclusiones, es el Comité de las Naciones Unidas sobre los efectos de las radiaciones atómicas (UNSCEAR).

Dosis de radiación, sensibilidad y daño

Para estudiar todos los efectos descritos anteriormente y aplicar las oportunas medidas de protección, la cantidad de radiación debe ser cuantificada con magnitudes y unidades concretas. Puesto que hemos visto que la radiación es energía, la magnitud que la medirá es la energía que 'contiene'. Por ejemplo, la energía que cede o que es absorbida por una cantidad de materia determinada.

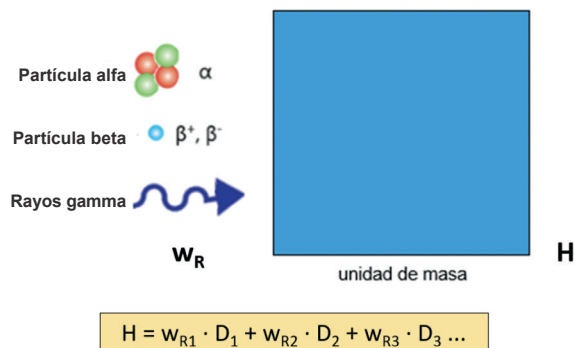
Este último cociente, entre energía por unidad de masa, es la dosis absorbida (D) y se mide en una unidad llamada *gray* ($1 \text{ Gy} = 1 \text{ Julio} / \text{kg}$).



Cuando la radiación incide en un organismo vivo, debe tenerse en cuenta que el daño biológico depende del tipo de radiación de que se trate (alfa, beta, gamma, rayos X o neutrones) y que la misma cantidad de radiación o misma dosis absorbida, produce distinto daño. Para tener en cuenta esta circunstancia, cuando hablamos

de daño biológico empleamos una nueva magnitud llamada dosis equivalente (H), que introduce un factor multiplicativo w_R sobre la dosis absorbida, dependiendo del tipo de radiación. Una vez introducido este factor la unidad en la que se mide esta nueva dosis equivalente se llama 'sievert'.

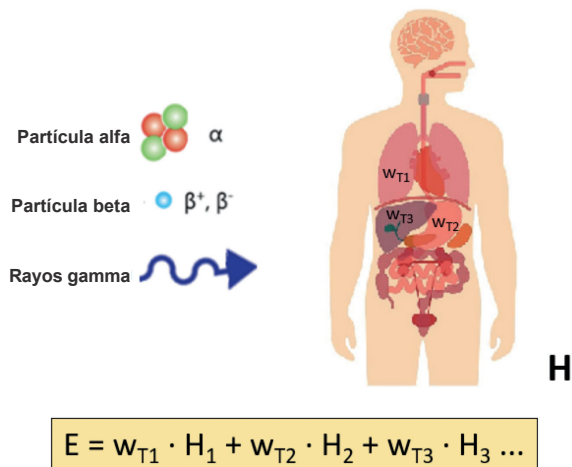
La siguiente fórmula expresa la dosis equivalente en el caso de incidencia simultánea de distintos tipos de radiación.



En protección radiológica es más frecuente hablar de submúltiplos de esta unidad, por ejemplo, su milésima parte, el milisievert ($1 \text{ mSv} = 0,001 \text{ Sv}$) y su millonésima parte, el microsievert ($1 \mu\text{Sv} = 0,000.001 \text{ Sv}$).

Finalmente, para tener en cuenta el tipo de tejido biológico u órganos afectados, que tienen diferente sensibilidad y son dañados de forma

distinta, utilizamos otra magnitud, la dosis efectiva (E), que también se mide en sieverts y sus submúltiplos. La dosis efectiva es una suma de las dosis equivalentes recibidas por cada órgano multiplicadas cada una de ellas por un factor que tiene en cuenta la radiosensibilidad del órgano, w_T . Cada factor representa la contribución relativa de cada órgano o tejido al detrimento de la salud resultante de una exposición total del organismo y, por ello, dichos factores de ponderación deben sumar la unidad.



Esta última magnitud, dosis efectiva, tiene por tanto en cuenta los posibles efectos (y su gravedad) en cada órgano, mediante los factores de ponderación tisular concretos que se detallan en la tabla de la figura 8.

Médula ósea	12%	72%
Colon	12%	
Pulmón	12%	
Estómago	12%	
Mama	12%	
Resto de Tejido	12%	
Gonodas	8%	8%
Vejiga	4%	16%
Hígado	4%	
Esófago	4%	
Tiroides	4%	
Superficie de los huesos	1%	4%
Cerebro	1%	
Glándulas salivares	1%	
Piel	1%	

Figura 8. Los factores de ponderación tisular para el cálculo de la dosis efectiva figuran en la legislación vigente, en el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.

Sistema de protección radiológica

La protección radiológica tiene por finalidad proteger la salud humana y el medio ambiente a largo plazo, de los riesgos derivados de aquellas actividades que debido a los equipos o materiales que utilizan suponen una exposición a radiaciones ionizantes.

El marco básico de la protección radiológica necesariamente tiene que incluir valoraciones tanto de tipo social como científicas, porque la finalidad principal de la protección radiológica es proporcionar un nivel apropiado de protección para las personas y el medio ambiente, sin limitar indebidamente los beneficios que se obtienen del uso de la radiación. Además, se debe suponer que incluso dosis pequeñas de radiación pueden producir algún efecto perjudicial.

Dado que existen valores de la dosis por debajo de los cuales no se producen efectos tisulares (lo que conocemos como umbrales), es posible evitar estos efectos completamente limitando las dosis recibidas por las personas. No es posible, sin embargo, evitar del todo los efectos estocásticos porque no existe evidencia científica de un umbral para ellos, de manera que limitando las dosis solo podemos reducir su probabilidad de aparición.

Desde 1928 existe un organismo internacional que se preocupa de la protección radiológica (protección de las personas y del medio ambiente contra los efectos de las radiaciones ionizantes), es la Comisión Internacional de Protección

Radiológica (ICRP), que emite una serie de recomendaciones. Como consecuencia del estado actual de conocimientos de los efectos biológicos de las radiaciones, la ICRP considera que el objetivo principal de la protección radiológica es evitar la aparición de efectos o reacciones tisulares y limitar al máximo la probabilidad de aparición de efectos estocásticos.

Los tres principios básicos de las recomendaciones actuales de la ICRP, fundamentales para un sistema de protección radiológica, son los que se expresan a continuación.

Principios de protección radiológica

Justificación

No debe adoptarse ninguna práctica que implique exposición a la radiación ionizante si su introducción no produce un beneficio neto positivo, es decir, cualquier práctica de este tipo debe suponer un beneficio para la sociedad. Deben considerarse los efectos negativos y las alternativas posibles. Esto afecta a importantes cuestiones que requieren ser resueltas por los correspondientes gobiernos, como por ejemplo, el uso de la energía nuclear para producir electricidad.

Este principio debe ser tenido en cuenta, no solo al considerar prácticas de manera global, como en el ejemplo que se ha citado de la energía

nuclear, sino a un nivel individual. Por ejemplo, las exposiciones médicas deben estar justificadas para cada individuo, basándose en que el beneficio diagnóstico o terapéutico que se prevé obtener para él, considerando sus características y condiciones particulares, supere los riesgos debidos a la exposición a la radiación en que se incurre.

Optimización (Principio Alara)

Alara es un acrónimo formado por las letras iniciales de la expresión en inglés traducible como “tan bajo como sea razonablemente posible”. Todas las exposiciones a la radiación deben ser mantenidas a niveles tan bajos como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores sociales y económicos.

Toda dosis de radiación implica algún tipo de riesgo, por ello no es suficiente cumplir con los límites de dosis que están fijados en la normativa nacional. Las dosis deben reducirse aún más, siempre que sea razonablemente posible, esto es, la reducción de dosis no puede llevarse a cabo indefinidamente, sino que se deben considerar los costes económicos y sociales asociados.

Nuevamente el principio ha de aplicarse en las prácticas de una manera exhaustiva e individual, cada procedimiento particular deberá optimizarse para que cada individuo implicado reciba la menor radiación posible compatible con el beneficio que espera obtener.

Limitación de las dosis

Las dosis de radiación recibidas por las personas no deben superar los límites establecidos en la normativa nacional, siguiendo las recomendaciones, para cada circunstancia, de la ICRP. Los límites de dosis establecidos en la legislación española garantizan que las personas no sean expuestas a un nivel de riesgo inaceptable. Estos límites han de ser respetados siempre, de manera inexcusable, sin tener en cuenta consideraciones económicas.

En relación con los límites, la legislación exige la aplicación del criterio ALARA. Una práctica con radiaciones no puede únicamente garantizar el cumplimiento de los límites de dosis para excluir esa región inaceptable, sino que también debe optimizar las dosis recibidas, pues tampoco es tolerable estar expuestos de manera continua a valores próximos a los límites, si bien en esta optimización sí se consideran los factores económicos y sociales. En la figura 9 se representa el nivel deseable al que debe llegar la optimización, aquel por debajo del cual tratar de reducir las dosis supondría un coste y esfuerzo que no compensarían esa reducción adicional.

La ICRP propuso la revisión de algunos de los límites de dosis en su publicación 103, de 2007, y como consecuencia de ello, se incorporaron dichos límites, en primer lugar, en la directiva europea 2013/59/Euratom, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes.

Posteriormente, estos límites tenían que ser traspuestos al marco legislativo de cada uno de los Estados miembros de la Unión Europea. En España las recomendaciones de la ICRP que constituyen el sistema de protección radiológica y los límites de dosis en particular, están contenidas, a la fecha de publicación de este documento, en el Real Decreto 1029/2022, del 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.

Un resumen de estos límites se expresa en el cuadro de la figura 10.



Figura 9. Representación del nivel de los límites de dosis y el nivel de optimización al que se trata de llegar con el principio ALARA.

Magnitud limitada (límites anuales)	Aplicable a exposición ocupacional	Aplicable a exposición del público
Dosis efectiva	20 mSv	1 mSv
Dosis equivalente en piel	500 mSv	50 mSv
Dosis equivalente en cristalino	100 mSv a lo largo de cinco años oficiales consecutivos, y una dosis máxima de 50 mSv en un único año oficial	15 mSv

Figura 10. Algunos de los límites de dosis en España (RD 1029/2022).

Tipos de exposición

Cualquier exposición a radiación que imaginemos, puede inscribirse en alguno de los tres tipos siguientes:

- Exposiciones planificadas: son las que se producen como consecuencia de la introducción

y operación deliberada de fuentes de radiación para la obtención de algún beneficio neto. Ejemplo de ellas es la puesta en marcha en un hospital de una instalación radiactiva de radioterapia para el tratamiento del cáncer.

- Exposiciones de emergencia: son las recibidas como consecuencia de la realización de

acciones urgentes para evitar consecuencias no deseadas, cuando se produce un accidente en una exposición planificada. Un ejemplo de ellas sería las sufridas por personal de cuerpos de bomberos que tuviera que intervenir para sofocar un incendio en alguna zona perteneciente a una instalación radiactiva, por ejemplo, en una central nuclear.

- Exposiciones existentes: son aquellas que ya se están produciendo cuando se plantea la necesidad de decidir si hay que protegerse frente a ellas. Son habitualmente consecuencia de actividades planificadas o accidentes del pasado o de la presencia de radiación de origen natural. Un ejemplo de estas últimas es la exposición de la población al radón en lugares cerrados.

Categorías de exposición

También podemos definir, en función de a quiénes afecta, las siguientes categorías de exposición. Para cada una de ellas se aplicarán la estrategia o principios de protección radiológica más adecuados:

- Exposición ocupacional: es la que se produce durante el desarrollo del trabajo con fuentes radiactivas artificiales o fuentes naturales incrementadas por la acción humana. En ellas se aplican los tres principios fundamentales: justificación, optimización y limitación de las dosis originadas por la práctica.

- Exposición médica: es la que se recibe como paciente, consecuencia de los procedimientos de diagnóstico o de tratamiento que emplean radiaciones ionizantes a los que pueden ser sometidos los individuos. A diferencia de la anterior, la radiación recibida por exposiciones médicas no está sometida al principio de limitación, aunque sí a los otros dos.
- Exposición del público: comprende todas las exposiciones no incluidas en las ocupacionales ni en las médicas y que son consecuencia de las actividades que dan lugar a las dos anteriores, así como las derivadas de fuentes naturales que produzcan una irradiación significativa. Entre estas últimas, la legislación en cada momento establecerá sobre cuáles de ellas se debe ejercer algún control. Nuevamente sobre ellas se aplican los tres principios fundamentales de la protección radiológica.

Por otra parte, hay una clara diferenciación entre las denominadas 'exposiciones normales', aquellas que con certeza se producirán a causa de las actividades que se desarrollan en una práctica o intervención, y las 'exposiciones potenciales', que solo se producirán en caso de fallo o accidente de los sistemas de seguridad y protección.

Medidas básicas de protección radiológica

Las medidas necesarias para limitar la exposición de los individuos se pueden tomar mediante la aplicación de acciones en cualquier punto del sistema que vincula las fuentes de radiación con los individuos. Tales acciones pueden aplicarse, como se simboliza en la figura 11, sobre:

- La fuente emisora de radiación ionizante.
- El medio ambiente, es decir, el entorno por el que la radiación puede llegar a los individuos.
- Los individuos expuestos.

Las medidas de control sobre la fuente se consideran como medidas prioritarias, mientras que las medidas aplicables al medio ambiente y a los individuos son más difíciles de aplicar y, a veces, introducen más trabas en la operatividad de las instalaciones.

En general, y donde sea posible, se recomienda aplicar en la fuente las medidas de protección y control de la exposición, ya que estas medidas tendrán efecto favorable y protector sobre muchos individuos a la vez. Ejemplo de ellas son las restricciones de dosis y niveles de referencia, representados en la figura 12.

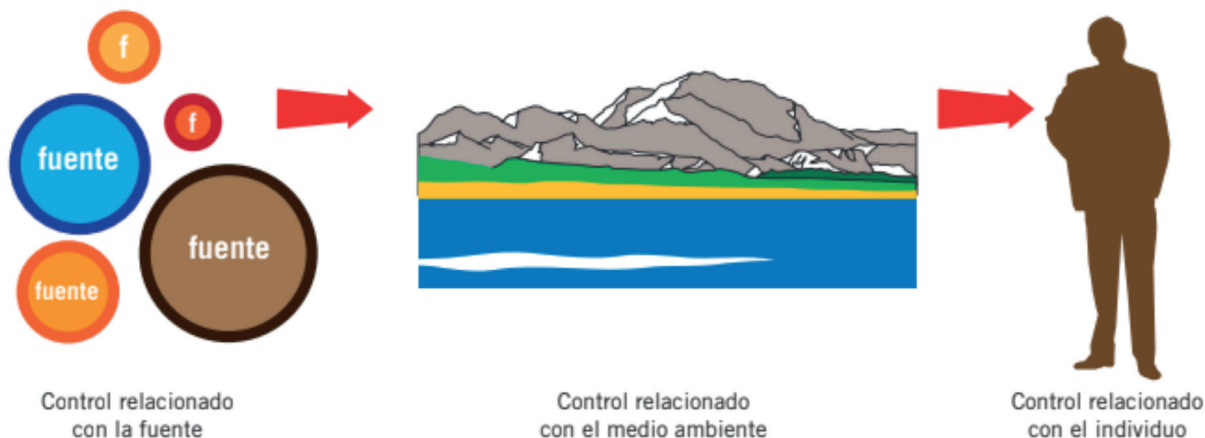


Figura 11. Posibilidades de aplicación de medidas para reducir la exposición a fuentes de radiación.

Solo en el caso de que estas puedan no ser efectivas o suficientes se aplicarán al medio ambiente o a los individuos. Ejemplo de este último caso son los límites de dosis, concepto aplicable a un individuo respecto a todas las fuentes posibles que puedan afectarle (figura 11).

Límites de dosis	Restricciones y niveles de referencia
Proteger al trabajador de la exposición ocupacional y a la persona representativa de la exposición al público	
	
De todas las fuentes reguladas en situaciones de exposición planificada	De una fuente en todas las situaciones de exposición

Figura 12. Control sobre la fuente y control sobre la persona expuesta.

Aplicación de medidas de protección al individuo. Riesgos de irradiación y de contaminación

Cuando las radiaciones proceden del exterior de la propia persona estamos ante un riesgo de

irradiación externa. Como ejemplo de esta situación encontramos el trabajo en una instalación de rayos X médica o industrial.

En el caso más general, las personas pueden estar sometidas a riesgos de irradiación y de contaminación cuando algún material radiactivo pueda ser incorporado por inhalación, ingestión, etc., hablamos de contaminación interna. Estos casos se pueden producir cuando se manipulan materiales radiactivos, como en una instalación de medicina nuclear o en las actividades de minería. En ellas se deben aplicar medidas específicas de protección y eventualmente tener en cuenta la dosis que se recibirá a lo largo de un determinado periodo de tiempo debido a estas incorporaciones de material radiactivo.

Los riesgos de irradiación a que están sometidos los individuos se reducen aplicando las siguientes medidas generales de protección:

- Distancia: aumentando la distancia entre la persona expuesta y la fuente de radiación, la exposición disminuye en la misma proporción en que aumenta el cuadrado de la distancia. En muchos casos bastará con alejarse suficientemente de la fuente de radiación para que las condiciones de trabajo sean aceptables.
- Tiempo: disminuyendo el tiempo de exposición todo lo posible, se reducirán las dosis, en una proporción lineal. Es importante que el personal que trabaja con radiación esté bien adiestrado, con el fin de invertir el menor tiempo posible en su manipulación.

- Blindaje: en los casos en que los dos factores anteriores no sean suficientes, será necesario interponer un espesor de material absorbente, blindaje, entre el operador y la fuente de radiación.

Según sea el tipo y la energía de cada radiación, será conveniente utilizar distintos materiales y espesores de blindaje. En la figura 13 se muestran materiales adecuados para el blindaje de distintos tipos de radiación.

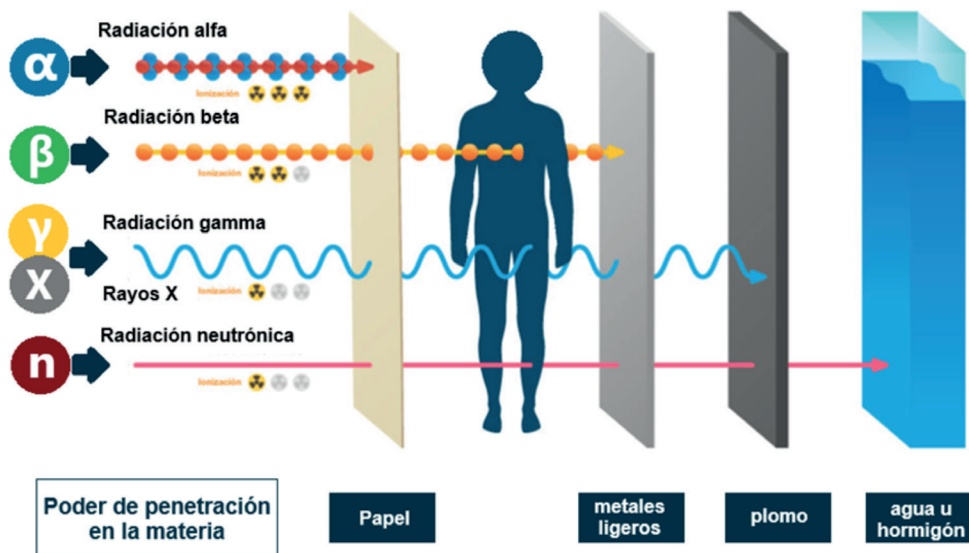


Figura 13. Capacidad de algunos materiales para atenuar eficientemente diversos tipos de radiación.

Organismos relacionados con la protección radiológica

El Consejo de Seguridad Nuclear

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) es el único organismo competente en España en materia de seguridad nuclear y protección radiológica. Es un ente de Derecho Público, independiente de la Administración general del Estado, que tiene como misión proteger a profesionales expuestos, la población en su conjunto y el medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.

Entre sus funciones están la evaluación y control de la seguridad de las instalaciones nucleares y radiactivas, en todas y cada una de las etapas de su vida (diseño, construcción, pruebas, operación, desmantelamiento y clausura), a través de las evaluaciones de proyectos y modificaciones de los mismos y de las inspecciones periódicas y revisión de informes presentados.

Está capacitado para suspender la construcción o el funcionamiento de las instalaciones por razones de seguridad. Además, vigila los niveles de radiación dentro y fuera de las instalaciones (en aire, agua, suelo, alimentos...) evaluando el impacto radiológico en las personas y el medio ambiente.

Concede y renueva, mediante la realización de pruebas, las licencias de operador y supervisor para instalaciones nucleares o radiactivas, los diplomas de jefatura de Servicio de Protección Radiológica y las acreditaciones para dirigir u

operar las instalaciones de rayos X para diagnóstico médico. También debe proporcionar apoyo técnico en caso de emergencia nuclear o radiactiva y participar en la elaboración de los planes de emergencia exteriores de las instalaciones. Propone al Gobierno las reglamentaciones necesarias en materia de seguridad nuclear y protección radiológica e informa a la opinión pública sobre materias de su competencia.

El sistema y los principios de protección radiológica se aplican mediante la promulgación de leyes, reglamentos y las autorizaciones que se conceden a todas y cada una de las instalaciones nucleares y radiactivas. En estas autorizaciones se incluyen los límites y condiciones de seguridad y protección radiológica exigibles para su funcionamiento. Desde la regulación general de las leyes a las especificaciones concretas de cada instalación, existe en España una pirámide legislativa que fija las condiciones de seguridad nuclear y protección radiológica exigibles en cada caso.

¿Son efectivos los controles? Dosis recibidas por los trabajadores expuestos y por el público

En nuestro país los resultados de los controles efectuados por el CSN permiten comprobar que se mantiene la seguridad radiológica adecuada en todas las etapas en que se desarrollan las prácticas con radiaciones ionizantes. El CSN informa directamente al Congreso de los Diputados y al Senado. Asesora a las Cortes, Gobierno, tribunales de Justicia y autoridades autonómicas y locales.

También tiene la misión de informar a la población, para lo cual responde a las cuestiones que pudieran ser planteadas por colectivos u organizaciones de diverso tipo y por la ciudadanía a título individual.

En los informes que el CSN elabora se pueden encontrar por ejemplo datos relativos a las dosis recibidas por el colectivo profesionalmente expuesto.

Según las cifras correspondientes al informe del CSN del año 2022, hay en nuestro país más de 120 000 profesionales controlados dosimétricamente, la mayoría (casi 100 000) en las instalaciones radiactivas médicas.

La dosis promedio anual recibida por individuo fue de 0,70 mSv. Además, el 99,95 % de los profesionales expuestos a radiaciones ionizantes se mantuvo en dosis inferiores al límite de dosis (20 mSv al año) y el 96,85 % del total recibieron dosis inferiores a 1 mSv, valor coincidente

con el límite de dosis anual para miembros del público.

Respecto a las dosis que reciben los miembros del público a causa de prácticas reguladas, a través de la vigilancia que efectúa el CSN sobre las instalaciones y el medio ambiente, se concluye que su impacto sobre la población es mínimo. Sobre el total de la radiación que una persona recibe en promedio en España (algo más de 3 mSv), tal como se muestra en la figura 14, el porcentaje correspondiente a las fuentes producidas por el ser humano representa el 0,3 %, frente a más del 30 % correspondiente a la dosis recibida como paciente debido a las aplicaciones médicas u otro 30 % debido a la exposición al radón, elemento radiactivo naturalmente presente en la corteza terrestre. Hay que señalar la variabilidad de estos datos en función de la situación geográfica, tipo de construcción, hábitos, etc.

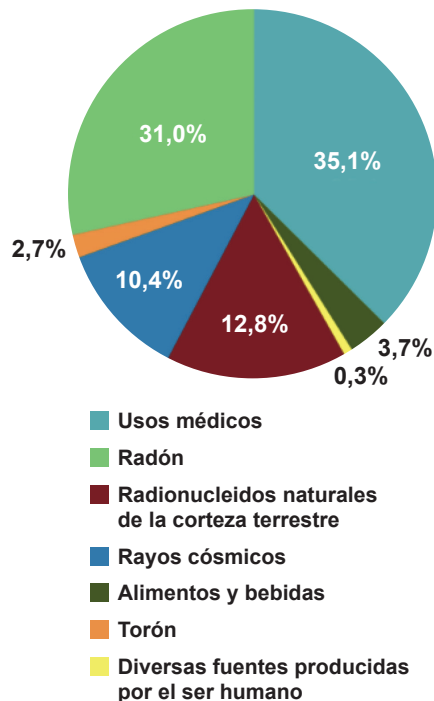


Figura 14. Contribución en porcentaje de las distintas fuentes de radiación al promedio recibido por habitante en España.

Otros organismos nacionales

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico tiene especial significación en todo lo relacionado con el uso de las radiaciones ionizantes. Concretamente, la Dirección General de Política Energética y Minas es la

responsable de otorgar las autorizaciones de las instalaciones nucleares y radiactivas, y elaborar el Registro de Instalaciones de Rayos X con fines de diagnóstico médico. Además, es el ministerio el que posee las competencias en la evaluación del impacto radiológico ambiental.

Además, el Ministerio de Sanidad tiene competencias en materia de protección radiológica de las personas expuestas a radiaciones ionizantes por diagnóstico y tratamiento médico, a las que se suman las competencias de las correspondientes consejerías de las comunidades autónomas.

Otros organismos internacionales

El principal organismo internacional relacionado con la protección radiológica es la **Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)**, dedicada a fomentar el progreso de la ciencia de la protección radiológica para beneficio público.

La ICRP es una asociación científica sin ánimo de lucro e independiente, cuyos miembros lo son, a título personal, por su excelencia científica en determinados campos de interés en radioprotección. Emite recomendaciones y presta asesoramiento sobre todos los aspectos relacionados con la protección contra las radiaciones ionizantes. Estas recomendaciones son la base para el establecimiento de reglamentación y normativa por parte de organizaciones internacionales y autoridades nacionales y regionales.

El **Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR)**, del que España es miembro de pleno derecho desde comienzos de 2012, recopila la información científica disponible, apoyada en las conclusiones de revisiones y congresos de organismos y comités nacionales e internacionales relacionados, respecto a los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.

Confecciona y presenta a la asamblea general un análisis exhaustivo que contiene, entre otras cosas, las relaciones dosis-efecto que son la base de la limitación de dosis y riesgos. Estas evaluaciones de UNSCEAR contribuyen esencialmente al trabajo de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).

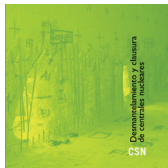
La **Organización Internacional de la Energía Atómica (OIEA)** tiene como misión el desarrollo de normas y guías que, conteniendo esencialmente las recomendaciones de la ICRP, hayan alcanzado un consenso internacional. Este consenso no es solo entre países sino también con otras organizaciones de Naciones Unidas, como la Organización Mundial de la Salud o la Organización Internacional del Trabajo.

La **Unión Europea (UE)**, en el tratado EURATOM, establece la normativa sobre protección radiológica que es exigida a los Estados miembros de la UE, quienes posteriormente realizan la transposición de la misma a sus respectivas legislaciones.

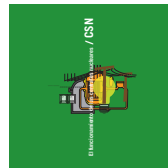
Otras publicaciones



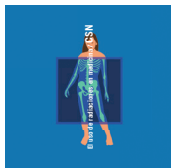
Emergencia
en centrales
nucleares



Desmantelamiento
y clausura
de centrales
nucleares



El funcionamiento
de las centrales
nucleares



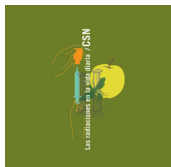
El uso de
radiaciones
en medicina



Red de Vigilancia
Radiológica
Ambiental
[REVIRA]



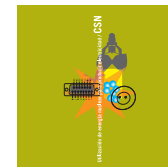
Protección
radiológica en
la industria,
agricultura,
docencia e
investigación



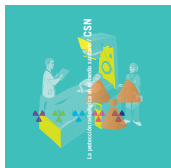
Las radiaciones
en la vida diaria



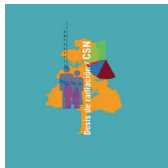
El transporte
de materiales
radiactivos



Utilización de
energía nuclear
para producir
electricidad



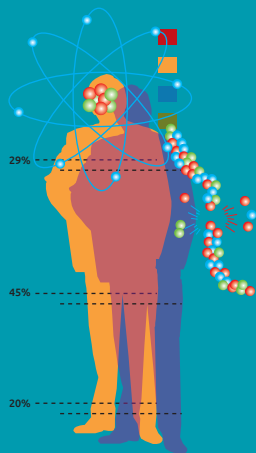
La protección
radiológica
en el medio
sanitario



Dosis de
radiación



Protección de
las trabajadoras
gestantes expuestas
a radiaciones
ionizantes en el
ámbito sanitario/CSN



Pedro Justo Dorado Dellmans, 11
28040 Madrid
Tel.: 91 346 01 00
www.csn.es