

INFORMACIÓN SOBRE RADIACIONES IONIZANTES

Francesc González Tardiu (Comisión Técnica de la SNE)

INTRODUCCIÓN

La radiación, aun formando parte de nuestra vida cotidiana, es un fenómeno conocido y estudiado desde no hace mucho tiempo. La sociedad hace uso de los beneficios de sus distintas aplicaciones pero no evalúa de igual forma todos los riesgos de la radiación natural y artificial.

La Comisión Técnica de la SNE, sabedora de esta dificultad, promueve esta nota de divulgación técnica que persigue acercar las fuentes de información y formación principales tanto a los profesionales no directamente ligados a la protección radiológica, así como a profesores y estudiantes, de aspectos ligados a las radiaciones ionizantes como terminología, unidades, implicaciones y efectos en la vida diaria, etc.

EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES

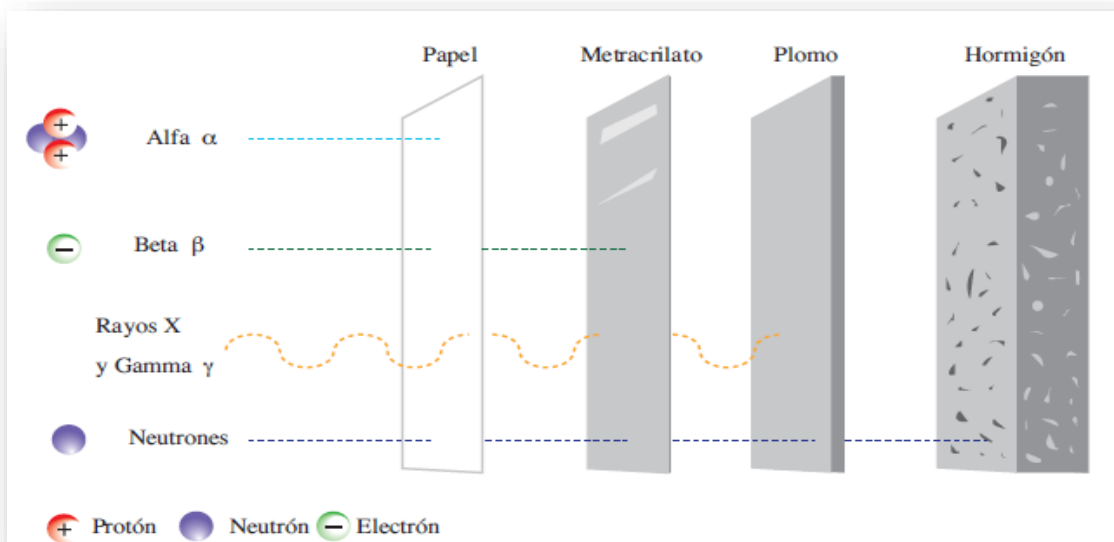
Una visión breve de la exposición a la radiación y sus efectos se atiende con respuestas a preguntas como:

¿Qué es la radiación?

La radiación es una forma de energía transmitida a través del aire.

Algunos tipos de radiación, asociadas a procesos nucleares y atómicos, tienen la habilidad de penetrar en los materiales produciendo un proceso llamado ionización (arranque de electrones). Estos tipos de radiación se denominan radiación ionizante y están asociados generalmente con instalaciones nucleares y radiactivas. La fuente de dicha radiación son generadores de radiación (como máquinas de rayos X) o materiales radiactivos.

El material radiactivo existe en la naturaleza, pero también puede ser producido artificialmente, por ejemplo por la operación de los reactores nucleares. Hay diferentes tipos de radiaciones ionizantes que tienen diferentes poderes de penetración en la materia. Los tipos más conocidos de la radiación son los rayos X, rayos gamma, radiación beta, radiación alfa y radiación neutrónica.



Penetración de distintos tipos de radiación ionizante

¿Cómo se mide la radiación?

Debido a que la radiación puede penetrar materiales y causar ionización dentro del material, es relativamente sencillo medirla, incluso a niveles muy bajos. También se puede recoger material radiactivo a través de un medio (aire, agua, suelo, hierba, alimentos, tejidos...) y la cantidad de radiactividad medida se puede expresar en forma de concentración (por ejemplo la radiactividad de partículas en aire puede recogerse en un filtro a través de una bomba con caudal conocido y la medida posterior del filtro permite calcular su concentración).

¿Cómo están expuestas las personas a las radiaciones?

Básicamente hay dos maneras en que las personas pueden estar expuestas a la radiación: externamente mediante una fuente cercana de radiación o internamente por material radiactivo que ha entrado en el cuerpo.

En la exposición externa, la intensidad de la radiación disminuye con la distancia de la fuente de radiación.

La cantidad total de exposición externa también depende obviamente del tiempo que la persona permanece cerca de la fuente.

En la exposición interna, el material radiactivo puede incorporarse en el cuerpo mediante el consumo de alimentos y líquidos radiactivos, por la inhalación de partículas de aerosoles o gases radiactivos o por absorción a través de heridas en la piel. El material radiactivo incorporado al organismo irradiará los órganos y tejidos donde está alojado mientras permanezca en su interior. El tiempo que permanece el material radiactivo en el cuerpo dependerá de la forma en que fue incorporado y la forma física y química del material. Por ejemplo un gas noble radiactivo tendrá un tiempo de permanencia en el cuerpo corto, mientras que los aerosoles inhalados están más tiempo en los pulmones.

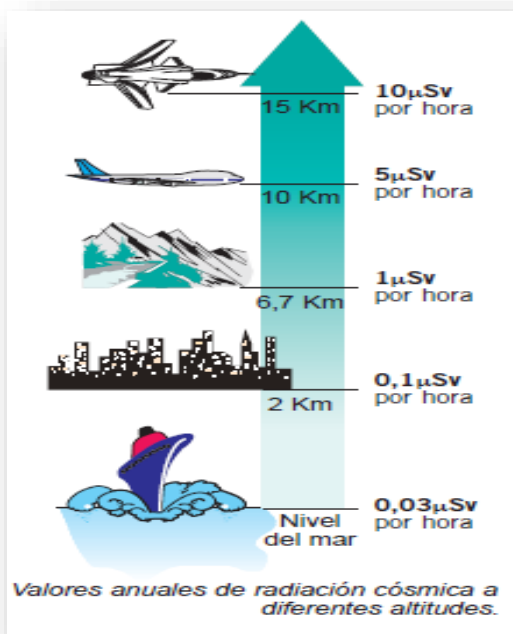
Por otra parte, el material ingerido residirá durante algún tiempo en el tracto gastrointestinal pero después los elementos radiactivos serán metabolizados de la misma manera que las formas no radiactivas del mismo elemento químico.



¿Qué niveles de exposición reciben las personas?

La radiación es un fenómeno natural. La tierra en sí misma se compone de minerales que contienen elementos radiactivos de origen natural de uranio, torio y potasio. Esta presencia crea un campo de radiación, que varía de un lugar a otro dependiendo de la geología local. La radiación cósmica del Sol y del espacio interestelar también penetra continuamente en la atmósfera lo que añade al anterior campo de radiación otra fuente de exposición externa que se va atenuando, al bajar a las capas inferiores de la atmósfera, interactuando con el CO₂ existente y generando el famoso Carbono 14. El gas inerte radiactivo denominado radón, se crea por el uranio y el torio en el

suelo; a continuación se filtra a través de él y se concentra en el aire interior de los edificios. La inhalación del gas radón lleva a la exposición interna de la radiación, que varía considerablemente de un lugar a otro dependiendo de la naturaleza de los edificios y la geología local. Además, pequeñas cantidades de otros materiales radiactivos de origen natural están presentes en los alimentos y el agua y contribuyen a la exposición interna. La exposición externa e interna juntas representan una pequeña dosis de radiación a todo el planeta conocida como radiación de fondo.



Además de la dosis de radiación proveniente de fuentes naturales de radiación, una serie de actividades humanas aumenta la exposición de determinadas personas, por ejemplo volar (al haber mayores niveles de radiación cósmica en altitud), usos médicos de la radiación, la generación de energía nuclear y otros usos industriales de la radiación o materiales radiactivos.

La medida de la dosis de radiación total recibida se expresa en unidades de Sievert (Sv) o en sus fracciones: un milisievert (mSv) es una milésima de Sievert; un microsievert (μSv) es una millonésima de Sievert. Las tasas de dosis de radiación de fuentes externas al cuerpo en microsieverts por hora ($\mu\text{Sv/h}$) se pueden medir mediante detectores de radiación a través de una medida directa. La dosis recibida por una persona es la tasa de dosis multiplicada por el tiempo de exposición.

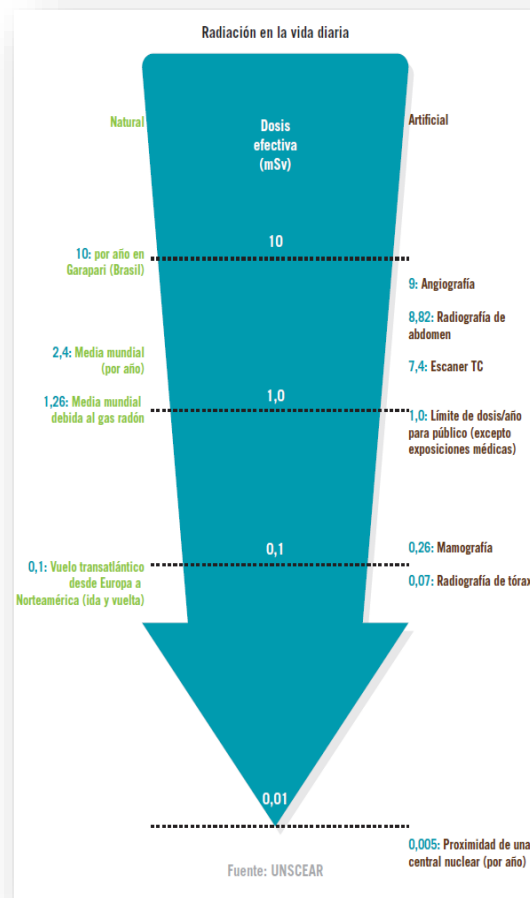
La incorporación de material radiactivo en el cuerpo se expresa en términos de becquerels. Un becquerel (Bq) representa una desintegración de un átomo radiactivo por segundo. La dosis de radiación resultante de la incorporación también se expresa en sieverts y se evalúa mediante la concentración de radiactividad en alimentos, agua o aire (Bq/kg o Bq/l o Bq/m^3), la tasa de incorporación, el metabolismo del radionucleido específico y su vida media.

Por otra parte, dosis de radiación a las personas debidas a actividades humanas (radiación artificial) pueden surgir en personas que trabajan con materiales radiactivos o en instalaciones donde está presente la radiación, por manipulación y procesamiento de dichos materiales radiactivos. Por su parte, los miembros del público pueden recibir dosis por descargas de efluentes radiactivos liberados por instalaciones nucleares, por actividades de transporte de material radiactivo y por la gestión de residuos radiactivos. Dicha dosis, a su vez, puede ser consecuencia de la exposición externa directa a la radiación del material radiactivo, o de la

exposición interna debido a la incorporación de radionucleidos que haya en el aire, agua y alimentos.

Por último, las dosis de radiación a las personas pueden provenir de accidentes en los que se pierde el control sobre una fuente de radiación dentro de un centro o de material radiactivo que es liberado al medio ambiente o de robos de fuentes radiactivas industriales. Tales liberaciones pueden ser aéreas o a través de vías de agua y pueden ser material gaseoso, particulado o volátil.

A continuación se resumen las dosis anuales en milisievert (mSv) debido a fuentes naturales de radiación, así como artificiales fruto de la actividad humana:



Fuente UNSCEAR / CSN

¿Cuáles son los efectos de la exposición a la radiación?

Cuando la radiación pasa a través de un material, causa ionización que puede dañar las estructuras químicas. Si el material en cuestión es un material biológico (por ejemplo, las células que conforman tejidos y órganos humanos), la actuación de los órganos funcionales puede quedar resentida y si el daño ocurre a los productos químicos críticos dentro de las células (como las moléculas de ADN que conforman los cromosomas dentro del núcleo celular), la célula puede dañarse. Cabe señalar que la célula y el ADN son sometidos a daños físicos y químicos todo el tiempo (por ejemplo, debido a los procesos de oxidación). La tasa diaria de daño (cambios) espontáneos en el ADN por causas naturales se cifra en 200.000 sucesos/célula/día. Por el contrario, la estimación conservadora del número de daños en el ADN por la irradiación de 1 mSv/año es de 0,03/sucesos/célula/día [1].

Sin embargo la célula y el ADN poseen mecanismos para reparar el daño por lesiones inducidas por radiación ionizante. La célula reacciona a través de al menos tres mecanismos:

- a) Mediante la lucha contra especies reactivas del oxígeno, generadas por la radiación ionizante.
- b) Mediante la eliminación de las células lesionadas por apoptosis (iniciada en dosis bajas de unos mSv) o por la muerte de las células durante la mitosis, cuando las lesiones no han sido reparadas.

- c) Mediante la estimulación o activación de los sistemas de reparación del ADN.

Por consiguiente a bajos niveles de dosis (unas pocas decenas de mSv) generalmente la célula se reparará. Sin embargo también es posible que el ADN pueda ser reparado incorrectamente. En este caso, en su mayoría dichas células mutadas también morirán. Sin embargo hay una pequeña posibilidad de que la célula sobreviva y la mutación en el ADN se replique con la célula dividida. Esto puede ser el inicio de un proceso de múltiples pasos que eventualmente podrían conducir a la formación de un cáncer.

Estos diversos efectos a nivel molecular, celular y de tejido influyen en el resultado global de una persona expuesta a la radiación. La severidad de cualquier efecto inmediato dependerá de la cantidad total de exposición a la radiación durante un período determinado de tiempo. Si una persona está expuesta a niveles muy altos de radiación durante un período significativo de tiempo y la dosis acumulada es alta, se puede destruir un gran número de células. Esto representa un daño grave a la persona expuesta (que se manifiesta por ejemplo en quemaduras en piel, caída del cabello, esterilidad y daños a los sistemas de producción de sangre e inmunológicos).

Dependiendo de la dosis, la persona expuesta puede recuperarse de las lesiones, especialmente si se efectúa un rápido y efectivo tratamiento médico. Pero para dosis muy altas, la recuperación no es posible, llevando a la muerte en días o semanas.

Rango de dosis (mSv)	Efectos sobre la salud humana
Hasta 10	Ninguna evidencia directa de efectos sobre la salud humana.
10 – 1.000	Sin efectos tempranos (no evidencia de efectos deterministas a la salud). Aumento de la incidencia de ciertos tipos de cáncer en poblaciones expuestas en el rango alto de dosis.
1.000 – 10.000	Enfermedad por radiación (riesgo de muerte). Aumento de la incidencia de ciertos tipos de cáncer en poblaciones expuestas.
Por encima de 10.000	Siempre fatal.

En dosis más bajas de radiación, del orden de pocas decenas de mSv, por debajo de los niveles asociados con el inicio temprano de las lesiones y muerte celular, la evidencia científica que se dispone actualmente no permite determinar, en el caso de personas concretas, si existe o no un mayor riesgo de cáncer asociado con la exposición a radiación [2]. Esta incertidumbre se afronta mediante límites reguladores. Considerando el modelo conservador “lineal sin umbral” a bajas dosis de la ICRP [2], el incremento de probabilidad de muerte por cáncer que supondría 1 mSv sería unas 6.000 veces inferior al riesgo de muerte por cáncer por todos los motivos en los países desarrollados [3].

EL UNSCEAR

El Comité científico de las Naciones Unidas sobre los efectos de las radiaciones atómicas (UNSCEAR) es el organismo internacional principal

que tiene la responsabilidad de informar sobre la exposición a la radiación ionizante.

Hace más de cincuenta años se propuso a la Asamblea General de las Naciones Unidas, aparentemente reaccionando a una propuesta pidiendo el fin inmediato de todas las explosiones nucleares, el establecer un Comité para recoger y evaluar información sobre los niveles y efectos de las radiaciones ionizantes. Posteriormente, el 3 de diciembre de 1955, la Asamblea General aprobó por unanimidad la resolución 913 (X), que creó dicho Comité científico.

La primera sesión se celebró del 14 al 23 de marzo de 1956 en Nueva York. Los dos primeros informes relevantes presentados a la Asamblea General, en 1958 y 1962, elaboraron una revisión exhaustiva del estado del conocimiento sobre los niveles de radiación ionizante al que estaban expuestos los seres humanos y sobre los posibles efectos de estas exposiciones. Estos informes formaron la base científica de negociación para la firma, en 1963, del Tratado de prohibición parcial de ensayos de armas nucleares en la atmósfera.

En las décadas que siguieron a este primer paso importante, UNSCEAR se convirtió en la autoridad internacional para establecer los niveles y efectos de las radiaciones ionizantes, derivados de fuentes naturales y artificiales. UNSCEAR tiene el reto principal de revisar la ingente información adicional sobre los niveles de radiación y sus efectos y sintetizarla en una imagen coherente para su uso por los responsables políticos, sociales y otros actores interesados.

Por ello la Asamblea General le encomienda al Comité:

- a) Recibir y reunir en una forma ordenada y útil la información sobre radiactividad, proporcionada por los Estados miembros de la ONU o miembros de los organismos especializados:
 - informes sobre niveles de radiación ionizante y radiactividad ambiental
 - informes de observaciones y experimentos sobre los efectos de las radiaciones ionizantes en las personas y su entorno realizados por los organismos científicos nacionales o por las autoridades de los gobiernos nacionales.
- b) Recomendar normas uniformes con respecto a los procedimientos de recogida de muestras, instrumentación y de medición de la radiación que se utilizarán en el análisis de las muestras.
- c) Recoger y agrupar en forma integrada los diversos informes sobre niveles de radiación y radiactividad ambiental en función de los niveles radiológicos observados.
- d) Revisar, comparar y evaluar los informes de observaciones y experimentos nacionales para determinar su utilidad para los fines del trabajo del Comité.
- e) Rendir cuentas anualmente mediante un informe sobre el estado del arte y establecer un resumen de los informes recibidos sobre la gravedad de la radiación y los

efectos de la radiación en humanos y su entorno así como de las evaluaciones efectuadas en el apartado anterior, indicando los programas de investigación que requieran un estudio más avanzado.

En su primer informe de 1955, UNSCEAR reconoció que las exposiciones médicas para diagnóstico y terapéuticas eran un componente principal de exposición a la radiación artificial a nivel mundial, un hecho que sigue siendo válido hoy. El Comité ha revisado sistemáticamente y evaluado a nivel regional y mundial las tendencias de exposición médica, así como la exposición del público y de los trabajadores. Estos análisis han llevado a reducciones significativas en todo el mundo de la exposición a radiación innecesaria influyendo en los programas de organismos internacionales como la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).

Regularmente, el Comité ha evaluado la evidencia de efectos sobre la salud inducidos por la radiación de los estudios de los sobrevivientes de los bombardeos atómicos de Japón en 1945 y otros grupos expuestos. También ha revisado los avances del conocimiento científico de los mecanismos por los cuales pueden ocurrir efectos sobre la salud inducidos por radiación. Estas evaluaciones han proporcionado la base científica utilizada por la ICRP en el desarrollo de sus recomendaciones sobre protección contra la radiación y por los organismos pertinentes del Sistema de

las Naciones Unidas en la formulación de normas de protección internacional.

Posteriormente, la atención se centró en el legado radiológico de la guerra fría, con las evaluaciones de los residuos radiactivos de la producción y pruebas de armas nucleares, así como los efectos hereditarios de la radiación.

Desde el inicio del accidente de Chernobyl en 1986, UNSCEAR estuvo involucrado en la evaluación de la exposición de radiación y efectos en la salud. En 1988, publicó un primer estudio sobre los efectos agudos de la irradiación en los trabajadores que actuaron en la emergencia y en las exposiciones en todo el mundo.

La recopilación y síntesis de todas estas evaluaciones fueron publicadas por UNSCEAR en 2000 y 2001 mediante los siguientes informes:

- UNSCEAR 2000 Report “*Sources and effects of ionizing radiation*” en 2 volúmenes [4].
- UNSCEAR 2001 Report “*Hereditary effects of ionizing radiation*” en 1 volumen [5].

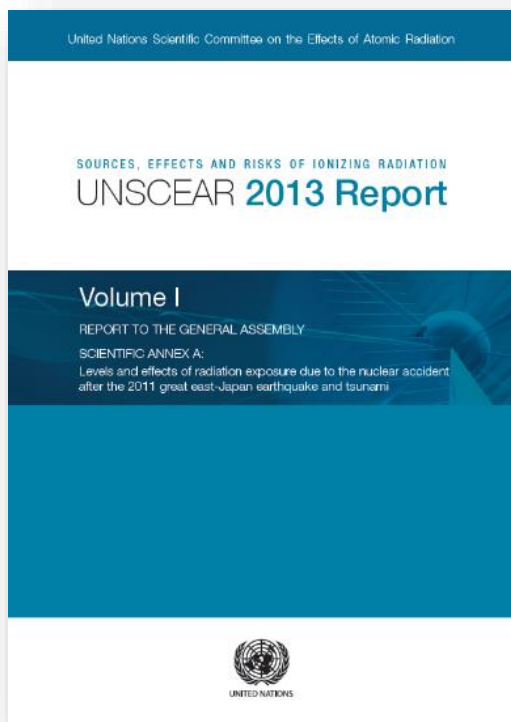
En dichos informes se desarrollan con exhaustividad temas de protección radiológica como:

- Metodología de evaluación de dosis
- Fuentes de exposición de radiación natural
- Fuentes de exposición de radiación artificiales

- Fuentes de exposición médicas
- Fuentes de exposición ocupacionales (del trabajo)
- Reparación y mutagénesis del ADN
- Efectos biológicos de bajas dosis de radiación
- Efectos combinados de radiación y otros agentes
- Evaluación epidemiológica del cáncer radio-inducido
- Exposición y efectos del accidente de Chernobyl
- Efectos hereditarios de la radiación.

Más recientemente se ha tomado especial interés en: la exposición ocupacional de trabajo causada por material radiactivo natural; los riesgos de la exposición al radón; los efectos biológicos de dosis bajas de radiación (por debajo de 10 mSv); los estudios epidemiológicos de la radiación y sus posibles efectos o no cancerígenos; efectos de la radiación sobre el sistema inmunológico; y respuestas celulares a la exposición a la radiación. También en la actualidad, se hacen comentarios sobre las exposiciones médicas, públicas y ocupacionales; efectos sobre la salud del accidente de Chernobyl; exposición de radiación de accidentes y efectos de la radiación sobre especies no humanas.

En particular, el informe más reciente de UNSCEAR publicado es el UNSCEAR 2013 Report que trata en su primer volumen [6], sobre los niveles y efectos de la exposición a las radiaciones debida al accidente nuclear en Fukushima tras el sismo y tsunami de gran magnitud ocurridos en la zona oriental del Japón en 2011.



Este informe se centra sobre todo en la exposición de varios grupos de población a las radiaciones y sus efectos desde el punto de vista de los riesgos radioinducidos para la salud humana y el medio ambiente. Entre los grupos de población estudiados figuran residentes de la prefectura de Fukushima y otras prefecturas del Japón, así como trabajadores, contratistas y otras personas que participaron en las labores de emergencia en el lugar del accidente o sus alrededores. La evaluación ambiental se centra en los ecosistemas terrestres, marinos y de agua dulce.

Hasta mediados de 2014 el informe del UNSCEAR constituía el más amplio análisis científico internacional de los niveles y efectos de la exposición a las radiaciones como consecuencia del accidente de la central nuclear de Fukushima Daiichi.

FUENTES DE INFORMACIÓN

UNSCEAR provee las bases científicas para la protección de la radiación y colabora y sirve de enlace con las siguientes organizaciones:

Sistema de Naciones Unidas (ONU)

- United Nations Environment Programme (UNEP).

<http://www.unep.org/>

Fue creado por la Conferencia de Estocolmo en 1972, como la conciencia ambiental del sistema de las Naciones Unidas. La misión de UNEP, con sede en Nairobi (Kenia), es mostrar el camino y estimular la cooperación para proteger el medio ambiente. UNEP es responsable dentro del sistema de las Naciones Unidas de varios temas críticos: la capa de ozono; el desarrollo sostenible; el cambio climático; la diversidad biológica; y el derecho ambiental internacional.

- International Atomic Energy Agency (IAEA)

<https://www.iaea.org/>

La IAEA es el centro mundial de cooperación en el campo nuclear. Fue creado en 1957 como uno de los organismos de las Naciones Unidas y es conocida como la organización de "Átomos para la paz". Promueve en todo el mundo la tecnología nuclear segura y pacífica.

- International Labour Organization (ILO)

<http://www.ilo.org/global/lang-en/index.htm>

Creada en 1919, la Organización Internacional del Trabajo es una institución especializada de las Naciones Unidas que promueven la justicia social y, en particular, garantizar el respeto de los derechos humanos en el mundo del trabajo. Tiene un interés en la protección radiológica de los trabajadores.

- World Health Organization (WHO)

<http://www.who.int/en/>

La Organización Mundial de la Salud, es el organismo especializado de las Naciones Unidas para la salud. Fundada en 1948, su objetivo es lograr que todos los pueblos tengan la salud al más alto nivel posible.

Otros organismos internacionales

- International Agency for Research on Cancer (IARC)

<http://www.iarc.fr/>

Es la agencia especializada de cáncer de la Organización Mundial de la Salud. Su objetivo es promover la colaboración internacional en investigación del cáncer. La agencia es interdisciplinaria y reúne conocimientos en ciencias de laboratorio, epidemiología y bioestadística para identificar las causas del cáncer para que puedan adoptarse medidas preventi-

vas y reducir la carga y el sufrimiento relacionados con la enfermedad. La agencia está dividida en varias secciones de investigaciones siendo una de ellas la de medio ambiente y radiación. Los objetivos generales de esta sección son investigar el medio ambiente, estilo de vida, trabajo y causas relacionadas con las radiaciones en el cáncer en las poblaciones humanas. La sección investiga estos factores exógenos con el objetivo de contribuir a la prevención primaria del cáncer, aumentando nuestra comprensión de los mecanismos biológicos de la carcinogénesis y evaluar el impacto de los factores ambientales en el pronóstico y el curso de la enfermedad y cómo implementar la mejor protección. Estos objetivos se logran a través de estudios epidemiológicos internacionales colaborativos utilizando un enfoque multidisciplinario o a través de la iniciación de estudios epidemiológicos analíticos individuales.

- International Commission on Radiological Protection (ICRP)

<http://www.icrp.org/>

La Comisión Internacional de Protección Radiológica es una organización independiente, establecida para impulsar el beneficio público de la protección radiológica, en particular proporcionando recomendaciones y orientación sobre todos los aspectos de la protección contra las radiaciones ionizantes.

Desde 1928, la ICRP ha desarrollado, mantenido y elaborado el

sistema internacional de protección radiológica utilizado en todo el mundo como la base común de normas de protección radiológica, legislación, alineamientos, programas y prácticas radiológicas.

- International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU)

<http://www.icru.org/>

El ICRU tiene como objetivo principal desarrollar recomendaciones aceptadas internacionalmente en relación con:

- 1) las cantidades y unidades de radiación y radiactividad
- 2) procedimientos adecuados para la medición y la aplicación de dichas cantidades en radiología diagnóstica, radioterapia, radiación biológica, medicina nuclear, protección radiológica y actividades industriales y ambientales
- 3) datos físicos necesarios en la aplicación de estos procedimientos para asegurar la uniformidad en la presentación de informes.

El ICRU procura recoger y evaluar los datos más recientes y la información pertinente a los problemas de medición de radiación y recomendar en sus publicaciones los valores más adecuados de cantidades de radiación y las técnicas más aceptables y seguras para su uso actual. La Comisión mantiene contactos estrechos con el NCRP, IAEA, WHO, ICRP, UNSCEAR, la International Organization for

Standardization (ISO), el Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) y el Comité International des Poids et Mesures (CIPM).

- International Radiation Protection Association (IRPA)

<http://www.irpa.net/>

IRPA es reconocido por sus miembros, las principales partes implicadas y el público en general como la voz internacional de la profesión de protección radiológica en la mejora de la cultura y prácticas de protección contra las radiaciones en todo el mundo.

El propósito principal de IRPA es proporcionar un medio por el que quienes se dedican a las actividades de protección radiológica puedan comunicarse más fácilmente entre ellos y con ello se avance en la protección contra las radiaciones a nivel mundial. Esto incluye aspectos relevantes de estas ramas del conocimiento como ciencia, medicina, ingeniería, tecnología y derecho, para prever la protección de las personas y el medio ambiente de los peligros causados por la radiación y de este modo facilitar la utilización segura de las prácticas radiológicas médicas, científicas e industriales en beneficio de la humanidad.

- Nuclear Energy Agency (NEA)

<http://www.oecd-nea.org/>

La Agencia de Energía Nuclear (NEA) es un organismo especializado dentro de la Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

El objetivo de la NEA en el área de las radiaciones ionizantes es ayudar a los países miembros en la regulación y aplicación del sistema de protección radiológica para identificar y abordar conceptos científicos y asuntos regulatorios, operativos y sociales de manera oportuna y anticipada aclarando sus implicaciones.

Algunas Asociaciones Nacionales de interés

- Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR)

<http://www.sepr.es/>

La Sociedad Española de Protección Radiológica es una asociación de carácter científico y técnico cuya función es la promoción científica y la divulgación de la protección radiológica.

Fundada en 1980, tiene como objetivo agrupar a todos los profesionales de este campo y ofrecer un espacio de diálogo, información y participación entre sus asociados, la sociedad en su conjunto y las empresas e instituciones, públicas y privadas, relacionadas con el uso pacífico de las radiaciones ionizantes.

La SEPR es una organización independiente, sin ánimo de lucro, que no representa intereses económicos ni de otro tipo, salvo de naturaleza estrictamente científica y profesional.

- Sociedad Española de Física Médica (SEFM)

<http://www.sefm.es/>

La Sociedad Española de Física Médica (SEFM) se crea en 1974 con el objetivo de promover y desarrollar la física médica y sus aspectos científicos y profesionales. La SEFM reúne a profesionales que desarrollan sus actividades relacionadas con la física médica en las áreas de asistencia clínica, investigación, educación e industria.

La Física Médica abarca desde el diseño de equipos y procedimientos para el diagnóstico y la terapia, hasta el desarrollo de modelos y algoritmos de cálculo que permiten conocer y explicar el comportamiento del cuerpo humano ante radiaciones ionizantes, radiaciones no ionizantes, resonancia magnética nuclear, ultrasonidos, biofísica y bioingeniería.

- Institute de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN)

<http://www.irsn.fr/EN/Pages/home.aspx>

El Instituto de Radioprotección y de Seguridad Nuclear del estado francés cubre todos los riesgos asociados a las radiaciones ionizantes, utilizadas en la industria o la medicina o la radiación natural.

Concretamente, el IRSN lleva a cabo sus funciones de experto e investigación en áreas como: la vigilancia radiológica ambiental y la intervención en caso de emergen-

cia radiológica, la protección radiológica a las personas, la prevención de accidentes graves en instalaciones nucleares, etc.

- National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP).

<http://www.ncrponline.org/>

La NCRP fue creada por el Congreso de Estados Unidos en 1964. Sus objetivos son:

- 1) recopilar, analizar, desarrollar y difundir la información de interés público y recomendaciones sobre la protección contra la radiación y las medidas relacionadas con la protección radiológica.
- 2) proporcionar un medio por el que las organizaciones interesadas en los aspectos científicos relacionados con la protección radiológica y la medida de la radiación puedan cooperar para la utilización eficaz de sus recursos.
- 3) desarrollar los conceptos básicos sobre cantidades de radiación, unidades y medidas, y la aplicación de estos conceptos sobre la protección radiológica.
- 4) cooperar con la ICRP y el ICRU así como otras organizaciones nacionales e internacionales, gubernamentales y privadas, preocupadas con las medidas, unidades y cantidades de radiación y la protección radiológica.

- Radiation Effects Research Foundation (REFR)

http://www.refr.or.jp/index_e.html

El objetivo de la Fundación de investigación de los efectos de radiación (REFR) es llevar a cabo estudios e investigaciones con fines pacíficos sobre los efectos médicos de la radiación y de las enfermedades asociadas en los seres humanos, con miras a contribuir al mantenimiento de la salud y el bienestar de los sobrevivientes de las bombas atómicas y a la mejora de la salud de toda la humanidad.

La RERF fue establecida el 1 de abril de 1975 como una fundación y de conformidad al acuerdo entre los gobiernos de Japón y los Estados Unidos. Esta Fundación fue precedida por la Comisión de víctimas de las bombas atómicas creada en 1947 por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos.

- International Dose-Response Society

<http://dose-response.org>

En 2005 la Sociedad Internacional de Dosis-Respuesta se creó en contestación al creciente número de toxicólogos, farmacólogos, bioestadísticos, epidemiólogos, investigadores médicos ocupacionales y ambientales y otros que han mostrado interés en entender mejor la naturaleza de la respuesta a la dosis en la zona de bajas dosis de radiación.

Se dedica a la mejora, intercambio y difusión de los esfuerzos de investigación global sobre los mecanismos subyacentes en el ser humano de dosis en la zona de bajas dosis de radiación. Investiga modelos de dosis-respuesta con umbral y hormesis (efectos reparativos a bajas dosis).

La Sociedad es administrada por la escuela de salud pública de Ciencias de la Salud de la Universidad de Massachusetts en Amherst.

MATERIAL DIDÁCTICO

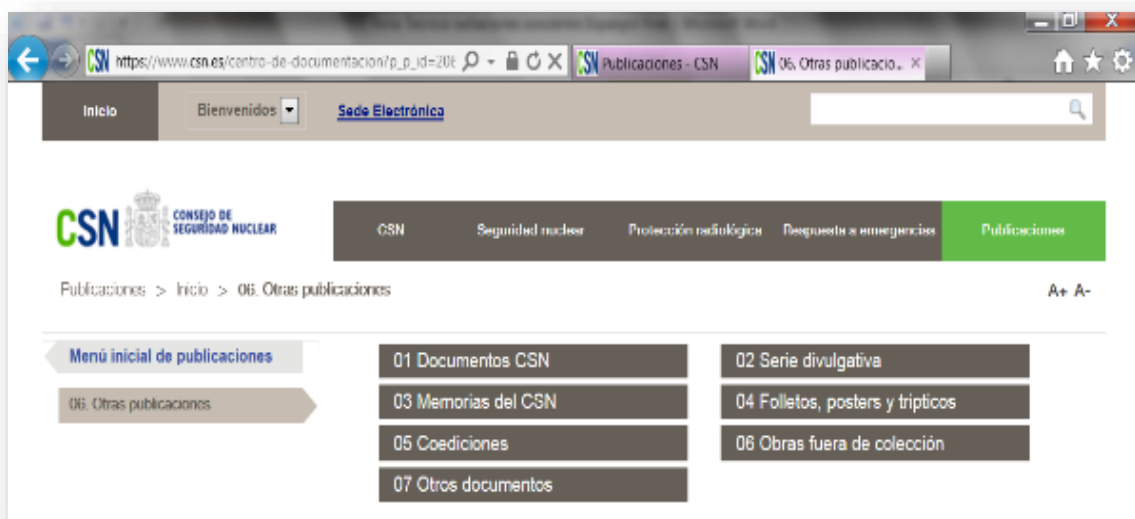
En España el papel de informar a los ciudadanos, ya sean profesionales, profesores, estudiantes o público en general, lo realiza fundamentalmente el Consejo de Seguridad Nuclear a través de diversos canales de comunicación como publicaciones, el Centro de Información o mediante la página Web de internet.

<https://www.csn.es/home>

En concreto, en el apartado de Publicaciones/Otras publicaciones, se tiene acceso entre otra documentación a la “Serie Divulgativa” y “Obras fuera de colección”.

Dentro de estas secciones se encuentran los documentos accesibles siguientes:

- La protección radiológica en la industria, la agricultura, la docencia o la investigación (SDB-04.04)
- La protección radiológica en el medio sanitario (SDB-04.05)
- Protección Radiológica (SDB-04.06)
- Dosis de radiación (SDB-04.07)
- Revira: red de vigilancia radiológica ambiental (SDB-04.08)
- Las radiaciones en la vida diaria (SDB-04.09)



Página Web CSN – Publicaciones/Otras publicaciones

- El transporte de los materiales radiactivos (SDB-06.01)
- El CSN y las radiaciones: guía del profesor (OFC-04.01)
- El CSN y la Protección Radiológica: guía del profesor (OFC-04.03)
- El CSN y la vigilancia radiológica del medio ambiente: guía para el profesorado (OFC-04.04)
- Radiación y Protección Radiológica. Guía didáctica para centros de enseñanza primaria (OFC-04.05)
- Radiación y Protección Radiológica. Guía didáctica para centros de enseñanza secundaria (OFC-04.06)

- [4] *UNSCEAR 2000 Report. Sources and effects of ionizing radiation*” 2 Volúmenes, 2000.
- [5] *UNSCEAR 2001 Report. Hereditary effects of ionizing radiation*” 1 Volumen, 2001.
- [6] *UNSCEAR 2013 Report. Annex A. Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami*” 1 Volumen 1, 2013.

REFERENCIAS

- [1] *Radiation Level for Evacuations. Cuttler J.M. International Dose-Response Society, 2012.*
<http://dose-response.org>
- [2] *ICRP-103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.* Ann. ICRP 37 (2-4), 2007.
- [3] *Mortalidad por cáncer, por enfermedad isquémica del corazón, por enfermedades cerebrovasculares y por diabetes melitus en España.* Instituto de Información Sanitaria. Ministerio de Sanidad y Consumo, Política Social e Igualdad, 2006.