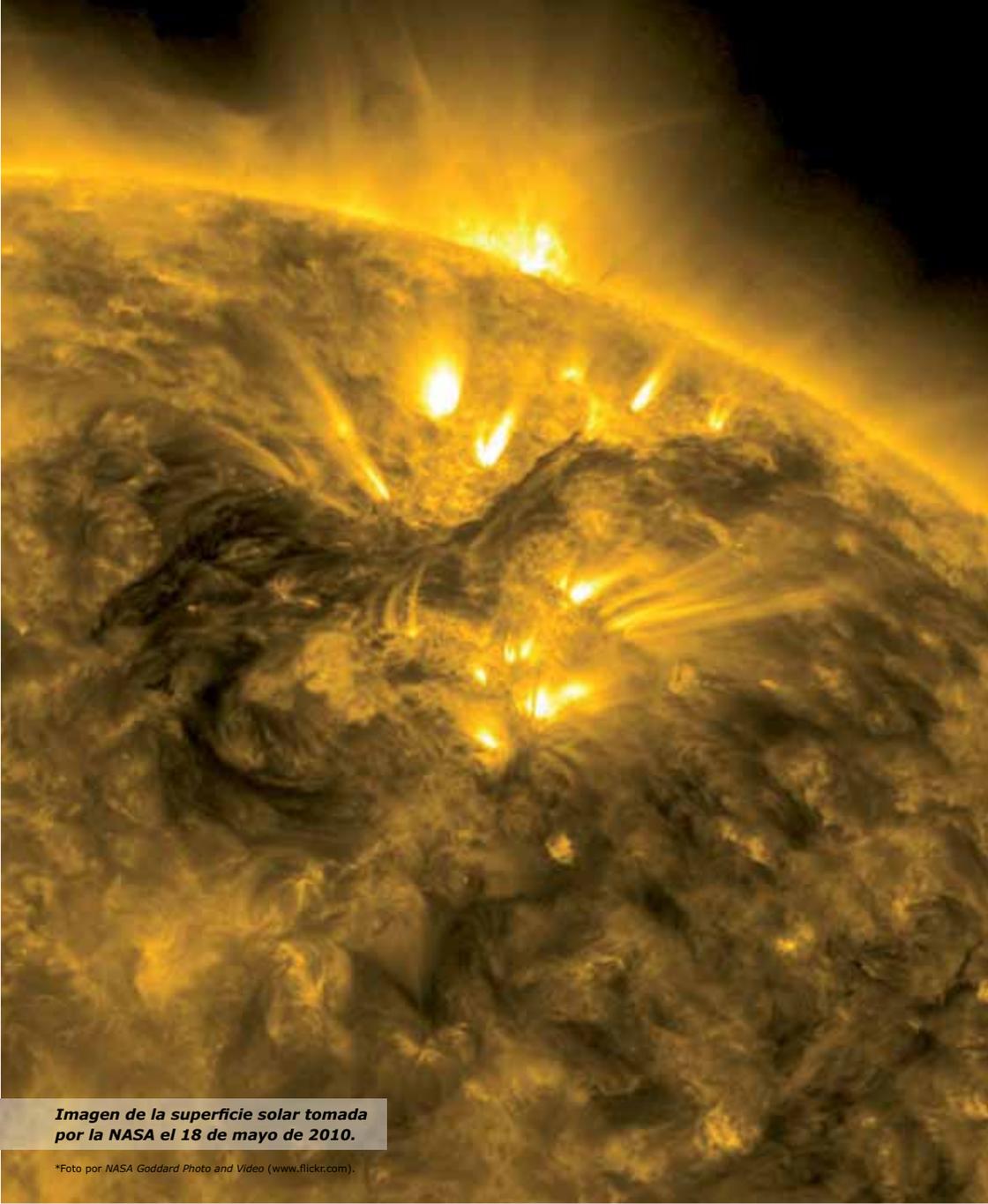


# LA RADIOACTIVIDAD



*Imagen de la superficie solar tomada por la NASA el 18 de mayo de 2010.*

\*Foto por NASA Goddard Photo and Video (www.flickr.com).

## HISTORIA DE LA RADIOACTIVIDAD

**E**l descubrimiento de la radiactividad se produjo gracias a diferentes avances en el estudio de los elementos químicos, por un lado, y en el desarrollo de los tubos de vacío, por otro. Y no debemos olvidar el desarrollo de la fotografía que, aunque parece que no tiene nada que ver, fue la pieza clave para identificar la radiactividad natural.

Como antecedentes más relevantes, podemos señalar que, en 1743, M. H. Klaproth descubre el Uranio, aunque sin sospechar su actividad y, en 1855, H. Geissler inventa el tubo de vacío. Más tarde se comprobó que el resplandor emitido por los tubos de vacío, que era debido a la emisión de electrones, se podía desviar mediante un campo magnético y que no atravesaba los metales.

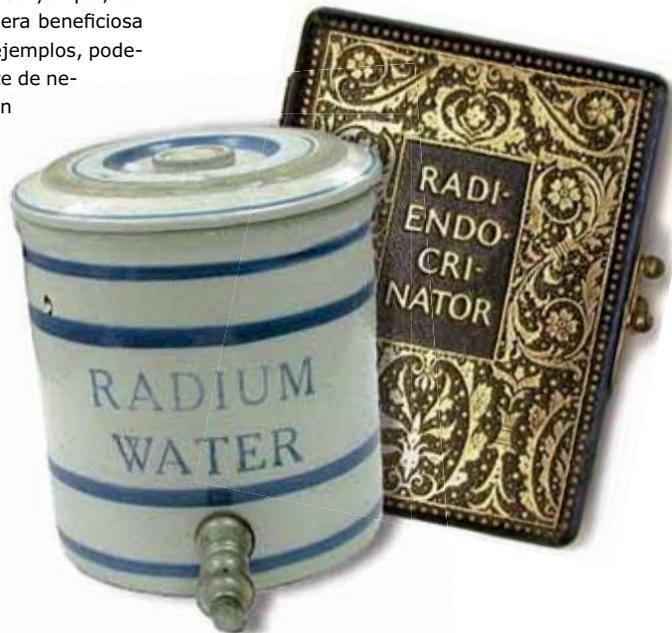
W. Crookes estudió con detalle estas rayos catódicos y vio como eran capaces de mover pequeñas ruedas de paletas. En 1879 escribe un artículo donde describe la "Materia radiante o el cuarto estado de agregación", que, según él, debía añadirse al sólido, líquido y gaseoso.

**POR MANUEL LOZANO  
Y MIGUEL ULLÁN**

En 1885, W. C. Röntgen, estudiando las características del resplandor emitido por los tubos de rayos catódicos y ayudado de una lámina cubierta de un material fluorescente, descubre los rayos X. Inmediatamente se dio cuenta de su potencial para ver a través de objetos opacos y, particularmente, el interior del cuerpo. Decidió no patentar el descubrimiento para que fuera patrimonio público y en 1896 ya se comercializaba el primer equipo de rayos X portátil.

Por otro lado en 1896, H. Becquerel descubre la radiactividad natural experimentando con las sales de uranio ya descubiertas. En los años posteriores, Pierre Curie y Marie Curie (Sklodowska) estudian sistemáticamente otros materiales radiactivos como torio, polonio y radio. Y en 1897, J. J. Thomson identifica los rayos catódicos con electrones y determinó su relación carga/masa. Finalmente, en 1932 James Chadwick descubre la existencia del neutrón.

Tras descubrirse la radiactividad, se hizo muy popular y en los años 1920 a 1930 aparecieron cantidad de artilugios radiactivos ya que, en aquella época, se pensaba que era beneficiosa para el organismo. Entre otros ejemplos, podemos mencionar un desodorizante de neveras o una pitillera radiactiva en la que, según la propaganda, la radiación disminuía el efecto nocivo de la nicotina y el alquitrán. También se popularizó el agua radiactiva o el chocolate. Incluso se vendieron, bajo el nombre de "Radiendocrinator", unos papelones empapados en radio del tamaño de una



Jarra para agua radiactiva y Radiendocrinator.

tarjeta de crédito y cubiertos con una lámina proyectora que se colocaban por la noche debajo del escroto y que, supuestamente, mejoraban el vigor de los varones.

Tras las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki en 1945 y la carrera por el armamento nuclear, la radiactividad se demonizó. Hubo que esperar hasta la celebración de la Conferencia "Átomos para la Paz" en 1953 para sentar las bases de los usos pacíficos de la radiación. En 1957 se creó la International Atomic Energy Agency (IAEA) que sentó las bases de las normas de seguridad nuclear y protección ambiental, y fomenta el intercambio de información científica y técnica sobre la energía nuclear. Hoy en día está claro que la radiactividad es peligrosa, pero también muy útil y se utiliza en áreas como curación del cáncer, imagen médica, producción de energía eléctrica, control de procesos industriales, diseño de medicamentos, esterilización de alimentos o datación arqueológica.

## FUNDAMENTOS

La radiactividad (o radioactividad) es un fenómeno físico por el cual algunos cuerpos emiten radiación. Y radiación es la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material, es energía en movimiento. Es decir, hay elementos químicos que emiten partículas con una cierta energía, a estos los llamamos radioactivos. Estas partículas emitidas pueden tener masa o no tenerla (fotones), pero siempre tienen energía. Cuando estas partículas alcanzan otros cuerpos, dejan toda o parte de la energía que poseen en ellos, produciendo ciertos efectos que veremos más adelante.

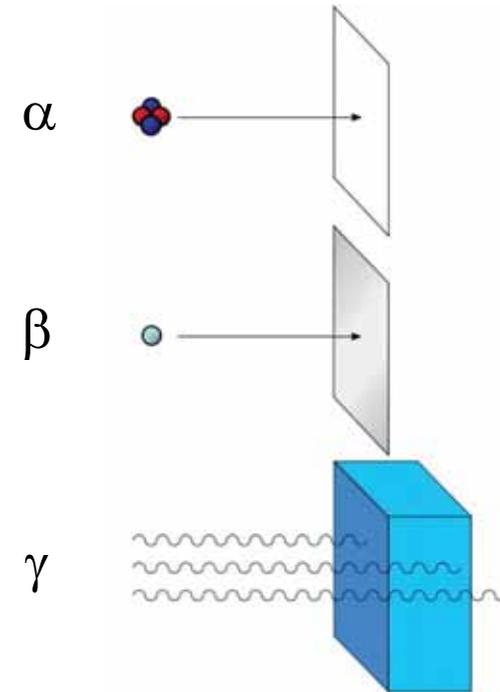
Es fácil confundir los términos radiactividad y radiación, pero no son exactamente lo mismo. El término radiación es más amplio. Los materiales radiactivos emiten radiación, pero hay formas de radiación que no se emiten por materiales radiactivos, por ejemplo: radiación de microondas en antenas de telefonía móvil, radiación ultravioleta del sol, radiación térmica de un radiador (infrarrojos), radiación electromagnética de cables de alta tensión, radiación de teraherzios o milímetros en los escáneres.

A la radiación que generalmente procede de la radiactividad se le suele denominar radiación ionizante. El nombre se debe a que presenta una energía suficiente para provocar ionización en los materiales. Aunque no hay un valor umbral definido, podemos estimarlo en unas decenas de electrovoltios (eV). Puede ser de varios tipos, los tres fundamentales son:

- Alfa: Son núcleos de Helio, con dos protones y dos neutrones, cargados positivamente. Son muy energéticas, pero poco penetrantes. Se detienen en una hoja de papel o en la piel.
- Beta: Son electrones o positrones. Son menos energéticas que las partículas alfa,

pero más penetrantes. Se detienen en láminas de metal.

- Gamma: Son fotones de alta energía (sin masa). Son muy penetrantes, se necesitan capas gruesas de metal para pararlas. Cuando la radiación gamma es de baja energía se le denomina rayos X.



También constituyen radiación ionizante los neutrones. Son muy penetrantes, lo atraviesan todo. Se detienen con materiales ligeros como el hidrógeno, presente en ciertos plásticos y en el agua. Están presentes sobre todo en las centrales nucleares y recientemente también en ciertos equipos de los hospitales.

La radiación surge de reacciones en el interior de los átomos, generalmente en el núcleo. Los átomos radiactivos, cuando emi-

ten su radiación, cambian de elemento (se transmutan). La transmutación puede ser de forma directa en una sola emisión o al cabo de una serie más o menos larga de desintegraciones, los elementos radiactivos siempre acaban derivando en elementos estables con el paso del tiempo, que puede variar de unos años a unas horas dependiendo del tipo de desintegración, como veremos más adelante.

Veamos las diferentes posibilidades de cuantificación de la radiación y sus unidades asociadas.

En primer lugar se puede medir la cantidad de partículas emitidas por una muestra, o, con mayor precisión, la cantidad de desintegraciones por unidad de tiempo, que denominamos "Actividad" del material radiactivo. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades (SI) es el Becquerel (Bq) que se define como una desintegración por segundo. Como cada átomo que se desintegra deja de ser radiactivo, la actividad de una muestra disminuye constantemente con el tiempo hasta que llega a cero. El tiempo que tarda la actividad en disminuir a la mitad se llama vida media y es característico del material (isótopo). Puede ir de microsegundos a millones de años.

En segundo lugar, podemos considerar la energía que deposita la radiación emitida en una muestra que la reciba, en este caso hablamos de dosis. La unidad en el SI es el Gray (Gy) y se define como una absorción de energía de un Joule por kilogramo.

Finalmente, cuando se trata de personas, interesa saber no la energía depositada sino el daño que esa energía causa en el organismo. En este caso se emplea otra magnitud, el Sievert (Sv), que tiene en cuenta el daño biológico mediante coeficientes de ponderación según el tipo de radiación y el órgano afectado y que también se expresa en J/kg. Y se habla de dosis absorbida, dosis equivalente, dosis efectiva, dosis poblacional, etc.

**“La radiactividad es peligrosa, pero también muy útil y se utiliza en áreas como curación del cáncer, imagen médica, producción de energía eléctrica, control de procesos industriales, diseño de medicamentos, esterilización de alimentos o datación arqueológica.”**

La radiactividad puede ser natural o artificial. En el primer caso proviene de elementos presentes en la naturaleza, sin que haya intervenido el hombre en su creación. Los átomos radiactivos primarios se produjeron en la etapa de formación de las estrellas (nucleosíntesis primordial hace 5.000 millones de años) y todavía nos quedan sus restos. A partir de las series naturales de desintegración, tenemos los átomos secundarios que provienen de los primarios. Si esto fuera todo, al cabo de un cierto tiempo (que serán millones de años), todos los elementos habrían llegado a convertirse en isótopos estables, y ya no tendríamos radiactividad.

Sin embargo, esto no es cierto porque la tierra está sometida a un bombardeo continuo de radiación cósmica que proviene del sol y de galaxias lejanas en el espacio exterior. Esta radiación nos atraviesa directamente, pero también contribuye a la formación de nuevos isótopos radiactivos. Son los inducidos que se producen continuamente por interacción de la radiación

cósmica con la atmósfera y corteza terrestres (por ejemplo el Carbono 14 que es la base de la conocida técnica de datación).

La pregunta obvia que nos podemos hacer es ¿dónde hay radiactividad? Y la respuesta es literalmente, en todas partes, continuamente estamos recibiendo radiación ionizante en nuestros cuerpos. Las principales fuentes de radiactividad natural son los rayos cósmicos, el radón que proviene de la corteza terrestre, el resto de isótopos naturales también presentes en la corteza (U, Th), los alimentos y el propio cuerpo, que también contienen elementos radiactivos naturales. La tabla muestra la dosis promedio por habitante en España debida a la radiactividad natural.

La radiación cósmica es una radiación de muy alta energía y por la tanto muy dañina pero, afortunadamente, la mayor parte es absorbida en los cinturones de Van Allen que son unos anillos con forma aproximadamente toroidal que almacenan gran cantidad de electrones y protones y que están producidos por el campo magnético terrestre. Este apantallamiento desaparece en los polos terrestres y se debilita en una zona grande del Atlántico Sur debido a una anomalía en el campo.

Como ya se ha comentado, el Radón proviene del interior de la Tierra. La concentración de Radón en la atmósfera depende de la región geográfica, pero en general es inofensiva. Donde se convierte en muy peligroso es en las acumulaciones en sótanos, túneles o cuevas insuficientemente ventilados.

La radiación terrestre depende mucho de la zona geográfica donde se habite. Por ejemplo, los macizos montañosos graní-

**TABLA 1.- Dosis promedio por habitante en España debida a la radiactividad natural**

Origen	Dosis (mSv/año)
Radón	0.00-2.00
Cósmica	0.27
Terrestre	0.28
Interna	0.39
<b>Total</b>	<b>1.76</b>

ticos son más radiactivos que los valles. En España no hay regiones que presenten mucha radiación, el promedio son menos de 0.3 mSv/año, aumentando ligeramente en la sierra madrileña y en Galicia. Sin embargo, hay regiones del planeta que pueden superar los 50 mSv/año como Kerala en la India o Guarapari en Brasil, aunque hay que indicar que no se observa un incremento de las muertes por cáncer en esas regiones.

Como se ha indicado en la tabla, hay una cierta dosis que proviene de los isótopos radiactivos presentes en el interior del cuerpo incorporados por inhalación

o por ingestión. La tabla siguiente muestra la actividad promedio de los principales isótopos radiactivos presentes en el cuerpo humano. Como se observa, el más abundante es el C-14, ya mencionado previamente.

TABLA 2.- Principales isótopos radiactivos en el cuerpo humano	
Núcleo	Actividad (Bq)
Carbono-14	15000
Potasio-40	4400
Polonio-210	37.0
Tritio (H-3)	23.0
Uranio	1.10
Torio	0.11
Radio	1.10

Además de las fuentes naturales de radiactividad, también es posible producir radiactividad artificial. Por ejemplo, se generan isótopos radiactivos en reactores nucleares y en aceleradores de partículas y se pueden emitir radiaciones ionizantes mediante aparatos, como por ejemplo los de rayos X.

Llevamos viviendo con radiación desde la aparición de la vida en la Tierra. La radiación es necesaria ya que es el origen del calor del sol y la base de la evolución. La radiación cósmica es la primera causa de mutaciones, necesarias para la evolución. No podemos vivir sin radiactividad aunque queramos.

### CÓMO SE DETECTA Y SE MIDE

La detección y medida de la radiactividad es uno de los elementos más importantes de los relacionados con este fenómeno físico, ya que de ello depende la seguridad respecto a ella, además de la mayoría de los medios de su utilización científica y técnica. Sin

embargo, su detección no deja de tener su dificultad, no en balde fue uno de los últimos elementos de la naturaleza en ser descubiertos por el hombre. La detección de cualquier fenómeno natural está basada en su interacción con la materia y, aunque pudiera parecer lo contrario, la radiactividad tiende a interactuar poco con la materia y, cuando lo hace, es habitualmente de forma muy sutil. Son básicamente 3 los medios por los cuales la radiactividad interactúa con la materia: *ionización*, por la cual la radiación libera algunos de los electrones de la corteza del átomo dejándolo cargado positivamente (ión); *desplazamiento*, por el cual la radiación mueve de su posición al átomo entero; y *nuclear*, que es cuando la radiación interactúa con el núcleo del átomo produciendo alguna reacción de desintegración en el mismo.

El medio que se utiliza más habitualmente para la detección de la radiación es la ionización. Cuando ésta se produce, los electrones de la corteza atómica quedan libres para moverse por el material, y pueden ser capturados en los electrodos mediante la aplicación de un campo eléctrico. De esta forma, la radiación aparece en el instrumento de medida correspondiente como un pulso eléctrico de corriente o tensión. Este es el proceso que más se utiliza para la detección instantánea de la radiación. Mediante la segmentación del material detector en muchas partes más pequeñas, cada una con sus propios electrodos para recoger la carga generada por la radiación, se puede localizar con cierta precisión la posición en el espacio en la que se ha producido la interacción y, por lo tanto, el punto por donde "ha pasado" la partícula concreta. Así se pueden obtener detectores llamados "de pistas" (*strip detectors*), por estar compuestos por largas tiras de sub-detectores que

permiten detectar el paso de una partícula en una dimensión, o detectores tipo "píxel" que permiten detectar el paso de las partículas en dos dimensiones. Si se colocan varios detectores de este tipo, unos detrás de otros en un determinado volumen, se podrán conocer los diversos puntos de paso de las diferentes partículas presentes en ese volumen, y por lo tanto su trayectoria. Estos métodos son los empleados en los experimentos de física de partículas para identificar el paso de partículas desconocidas para su descubrimiento (como en el LHC del CERN), o en aparatos de imagen médica para reconstruir en dos dimensiones la imagen de un cuerpo por el que se ha hecho pasar una determinada radiación (por ejemplo, rayos-X).

Por otro lado, la energía depositada por la radiación en el material puede producir cambios permanentes o semi-permanentes en el mismo. Por ejemplo, si los electrones que se liberan en el material, por causa de la radiación, son aquellos que formaban parte del enlace que varios átomos mantienen para formar una molécula concreta, esta molécula se rompe y el material cambia definitivamente. Este efecto es el

**“La radiación es necesaria ya que es el origen del calor del sol y la base de la evolución.”**

responsable de la "degradación" de materiales por causa de la radiación, muy importante en el caso de materiales orgánicos o seres vivos, como se verá en la sección dedicada a los riesgos de la radiactividad. En otras ocasiones, la energía depositada por la radiación se acumula en el material de forma semi-permanente. Esto último es muy empleado en la dosimetría, o medida de la radiación a posteriori. Un caso típico son los dosímetros Termoluminiscentes (TLD, por sus siglas en inglés) que están compuestos por un material que acumula la energía depositada por la radiación en forma de niveles excitados de los electrones de las cortezas de los átomos, liberándolos después en forma de luz al ser sometido a alta temperatura. De esta forma, con estos dosímetros se

puede conocer la cantidad de radiación que han soportado en un tiempo determinado, sometiéndolos a alta temperatura y midiendo la intensidad de luz que emiten. Estos son unos de los dosímetros más empleados para la dosimetría personal en instalaciones radiactivas por su sensibilidad, facilidad de lectura y posibilidad de reutilización.

Un tema que está en el centro del interés científico son los dosímetros de neutrones. Estas partículas no son fáciles de detectar ya que no producen ionización, por lo que las técnicas habituales antes ex-



**Radiómetro portátil.**

plicadas no se pueden utilizar. Sin embargo, la detección de neutrones ha cobrado una importancia estratégica de primera magnitud por su posible utilización para la localización de materias radiactivas peligrosas en el transporte, que pudieran ser empleadas con fines terroristas. Para la detección de estas partículas, se utilizan medios de conversión que permitan, en base a alguna interacción intermedia, obtener finalmente ionización en algún material que pueda ser detectada por los métodos tradicionales. Uno de los medios, en los que más se está investigando, es la interposición de materiales cuyos átomos tengan una sección eficaz de interacción con los neutrones relativamente alta para interacciones cuyos residuos produzcan una alta ionización. Algún ejemplo de estos materiales pueden ser el Boro 10 o el Litio 6 que, al interactuar con los neutrones, producen la desintegración de su núcleo y la producción de una partícula alfa que, a su vez, produce una muy alta ionización en los materiales posteriores.

## RIESGOS DE LA RADIATIVIDAD

La radiactividad es peligrosa, como también lo pueden ser las armas de fuego o los coches. La radiación puede matar, aunque también puede curar. Produce una serie de efectos en el organismo que dependen de la dosis. Su uso comporta beneficios, pero entraña un riesgo que debe valorarse y limitarse. En cualquier caso, la información es básica: Un riesgo no señalado no es un riesgo, es un peligro. El riesgo proviene de dos sitios: irradiación externa y contaminación interna por ingestión o inhalación de isótopos radiactivos.

La radiación causa dos tipos de daño en el organismo. El primero se denomina

daño directo o también determinista. La aparición del daño es rápida, de minutos a días, y la gravedad depende de la dosis. A partir de 6 Sv la probabilidad de morir es prácticamente 1. Por otra parte, existe un umbral por debajo del cual no se produce ningún daño. Para que se produzcan lesiones importantes es necesario recibir dosis muy altas por lo que, generalmente, el daño directo sólo llega a producirse en accidentes graves.

El segundo tipo de daño es el daño diferido o estocástico. La aparición de una enfermedad se produce al cabo de años. En este tipo es la probabilidad de aparición del efecto (o frecuencia en la población) la que depende de la dosis, la gravedad es independiente de la misma. En cualquier caso, el efecto generalmente es un cáncer, que es muy grave siempre. Parece que no existe umbral de inocuidad en la dosis, aunque hay mucho debate al respecto.

El daño directo está bastante bien estudiado a partir de víctimas de accidentes radiactivos. Las lesiones son eritemas (quemaduras), esterilidad y muerte. La tabla adjunta muestra los efectos en el organismo en función de la dosis, aunque es posible resistir mayores dosis en zonas limitadas del cuerpo.

**TABLA 3.- Daño directo de la radiación en el organismo en función de la dosis total recibida en el cuerpo entero**

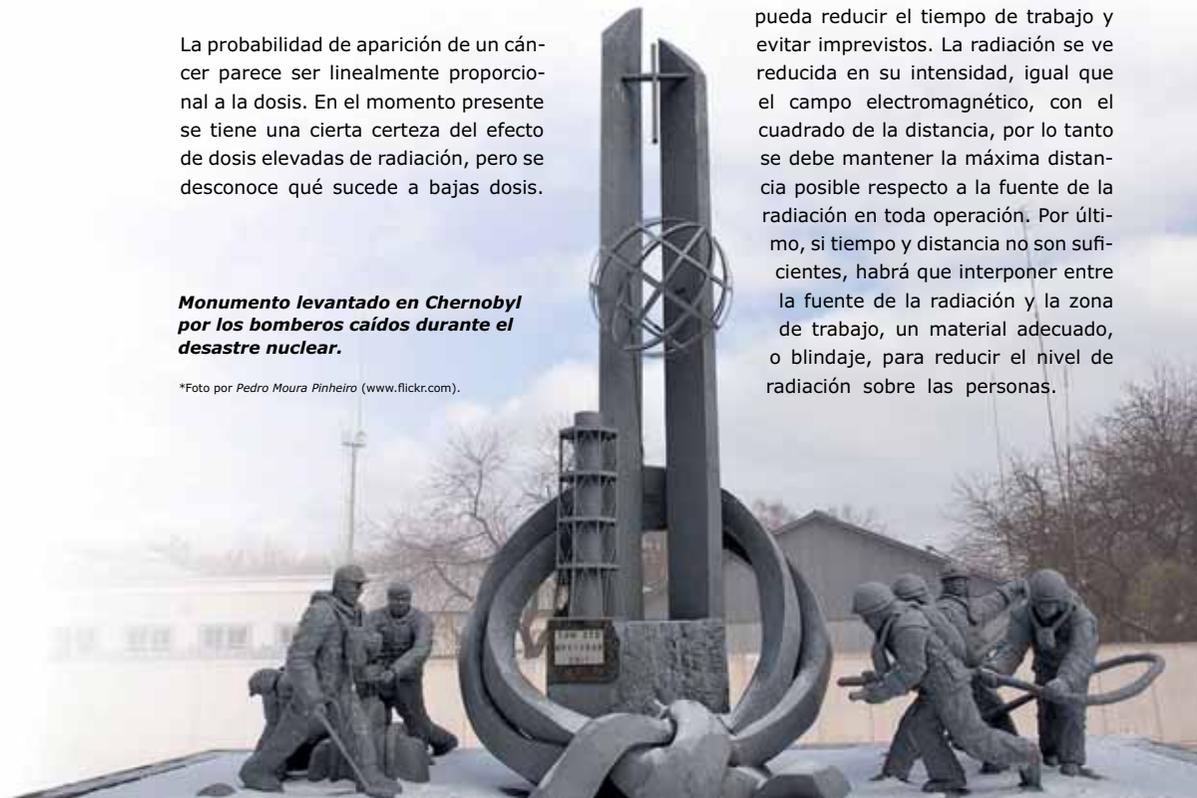
Dosis en todo el cuerpo (Sv)	Efecto
0.25	Sin efecto apreciable
0.50	Alteraciones en el hemograma
1	Nauseas y fatiga
2	Nauseas y fatiga acentuada
3	Nauseas y vómitos. 20% de mortalidad en 30 días
4	50% de mortalidad en 30 días
6	100% de mortalidad

Sin embargo, el daño diferido es poco conocido debido a las enormes dificultades para su estudio. Se sabe que la radiación produce un daño en las células por rotura de las cadenas de ADN que da lugar a cáncer, esterilidad y mutaciones. Para poder estudiar bien el efecto, se necesita hacer un seguimiento exhaustivo de grandes poblaciones sometidas a dosis de radiación conocidas durante periodos de tiempo muy largos. Por otra parte, cuando aparece un cáncer no trae una identificación de cuál ha sido su causa, por lo que es difícil distinguir si se ha producido por la radiación o por otra causa. Y por lo tanto, es necesario disponer de poblaciones semejantes a las irradiadas que hagan de muestra de control. Casi toda la información se había obtenido del estudio de las poblaciones de Hiroshima y Nagasaki, pero más recientemente se ha obtenido mucha más información a partir del desastre de Chernobil.

La probabilidad de aparición de un cáncer parece ser linealmente proporcional a la dosis. En el momento presente se tiene una cierta certeza del efecto de dosis elevadas de radiación, pero se desconoce qué sucede a bajas dosis.

### Monumento levantado en Chernobil por los bomberos caídos durante el desastre nuclear.

\*Foto por Pedro Moura Pinheiro (www.flickr.com).



## PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

El concepto fundamental de la protección radiológica es el hecho de que los niveles de exposición del ser humano a la radiación deben ser mantenidos en el "mínimo razonablemente alcanzable", incluso aunque esos niveles estén por debajo de aquellos definidos como seguros o legalmente permitidos. Esto es lo que se conoce con el acrónimo de ALARA (As Low As Reasonably Achievable) y es lo que rige todas las normativas de protección de trabajadores en instalaciones radiológicas.

Tres son los factores básicos de protección frente a la radiación: tiempo, distancia y blindaje. En cualquier actividad u operación que implique exposición a la radiación, hay que reducir el tiempo de exposición al mínimo posible. Ello implica que se debe planear la operación

con antelación, de forma que se pueda reducir el tiempo de trabajo y evitar imprevistos. La radiación se ve reducida en su intensidad, igual que el campo electromagnético, con el cuadrado de la distancia, por lo tanto se debe mantener la máxima distancia posible respecto a la fuente de la radiación en toda operación. Por último, si tiempo y distancia no son suficientes, habrá que interponer entre la fuente de la radiación y la zona de trabajo, un material adecuado, o blindaje, para reducir el nivel de radiación sobre las personas.

## La radiactividad

Cada tipo de radiación requiere un blindaje diferente. Así, las partículas alfa son absorbidas fácilmente, incluso por la piel, a diferencia de los rayos X o gamma que necesitan gruesas capas de materiales pesados como el plomo, o los neutrones que son mejor apantallados con materiales ligeros.

En la definición de riesgos y niveles máximos permitidos, siempre se distingue claramente entre el público en general y los "trabajadores profesionalmente expuestos". La base de esta distinción es que los trabajadores de instalaciones radiactivas, del tipo que sean, siempre tendrán perfectamente controlado el nivel de radiación recibido con la utilización de dosímetros y otros tipos de instrumentos. Sin embargo, para el público en general no es tan fácil conocer exactamente las dosis recibidas. Por este motivo, los niveles máximos permitidos para el público, en general, siempre van divididos por un factor 10 de seguridad con respecto a los niveles máximos permitidos para trabajadores profesionalmente expuestos, que son los que están más directamente basados en los efectos conocidos de esas dosis sobre el organismo.

Otra apreciación, que conviene hacer sobre los niveles de radiación máximos permitidos, es que son diferentes para las diferentes partes del cuerpo. Los efectos de la radiación son más o menos perniciosos para un órgano dependiendo de la función que realice, de su capacidad de regeneración o de lo sensible que sea a los cambios. Así, no es lo mismo recibir una determinada dosis en las manos que en el cristalino y, por lo tanto, las dosis máximas permitidas serán diferentes para ambos órganos. Por otro lado, tampoco los diferentes tipos de radiación son igual de dañinos con la misma dosis depositada, ya que su interacción con el organismo es diferente. Las dosis máximas permitidas para el público en general son, según el Real Decreto 783/2001, de 1 mSv/año para el cuerpo entero; 15 mSv/año en el cristalino; y 50 mSv/año en las extremidades.

La radiactividad artificial está bien controlada, salvo accidentes. Y la cantidad de radiación que se recibe por persona del público en general, es decir, no profesionalmente expuesta, es muy pequeña. La mayor aportación proviene de las pruebas médicas (~0.23 mSv/año de media por habitante), hay una pequeña aportación debida a tubos de imagen (~0.004 mSv/año, hoy en fase de desaparición, sustituidos por las pantallas LCD) y finalmente tenemos una cantidad insignificante, equivalente a media hora de viaje en avión al año, como consecuencia de la industria nuclear (~0.002 mSv/año). Con todo esto, la dosis promedio anual por habitante en España es 2 mSv/año.

Existe una serie de organismos internacionales encargados de establecer los protocolos de protección radiológica y los límites de dosis permitidos, así como comités cien-

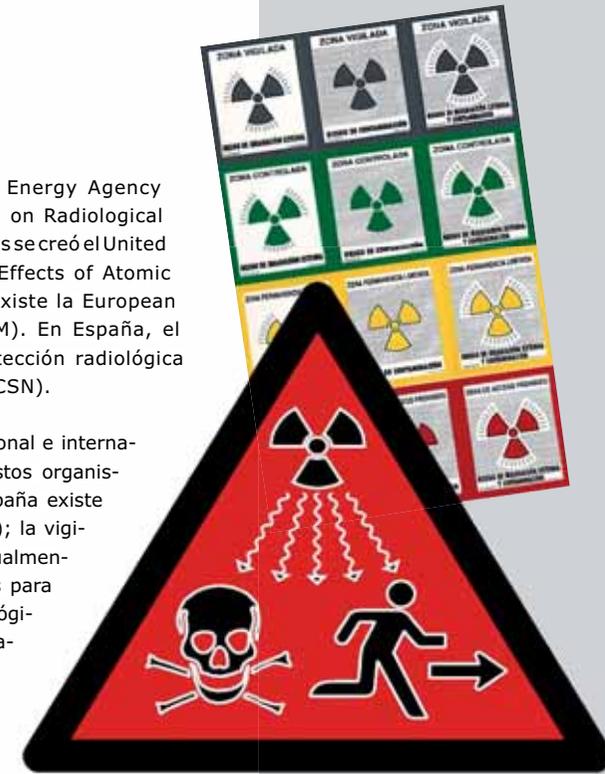
tíficos como la International Atomic Energy Agency (IAEA) o la International Commission on Radiological Protection (ICRP). En las Naciones Unidas se creó el United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), y en Europa existe la European Atomic Energy Community (EURATOM). En España, el organismo que se encarga de la protección radiológica es el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

Las medidas de protección, a nivel nacional e internacional, de las que están encargados estos organismos son la vigilancia ambiental, en España existe la Red de Estaciones Automáticas (REA); la vigilancia dosimétrica individual, que habitualmente se transfiere a entidades certificadas para ello; o la vigilancia médica y epidemiológica. También se encargan de la justificación de los casos en que deben usarse las radiaciones como, por ejemplo, en casos de pruebas médicas cuestionables, como los TAC de cuerpo entero. Estos son también los organismos que establecen los límites de dosis y riesgo a las personas. Y, por último, se encargan de establecer los protocolos y normas de señalización adecuada de las zonas radiactivas y durante el transporte.

A modo de ejemplo de estas funciones, y para la utilidad del lector, diremos que en febrero de 2007 se presentó el nuevo símbolo para la señalización del peligro por radiación para el público en general. Este símbolo complementará al existente de tres puntas (ver figura) que según la IAEA "no tiene significado intuitivo y tiene poco reconocimiento más allá de los que han sido educados acerca de su sentido". Este nuevo símbolo de peligro por radiación fue diseñado tras un estudio de cinco años, que involucró a 1650 personas de edades y antecedentes diversos en 11 países "para asegurar que su mensaje de 'peligro, manténgase alejado' sea claro y entendido por todos." La IAEA dijo que el nuevo símbolo ayudará a reducir las muertes y lesiones por exposición accidental a radiación por ionización. Juzgue el lector por sí mismo.

Manuel Lozano y Miguel Ullán

Centro Nacional de Microelectrónica (IMB-CNM)  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)



### Páginas web donde obtener información adicional sobre radiación:

- [europa.eu.int/comm/environment/radprot](http://europa.eu.int/comm/environment/radprot): European Commission (radiological protection pages):
- [www.iaea.org](http://www.iaea.org): International Atomic Energy Agency.
- [www.icrp.org](http://www.icrp.org): International Commission on Radiological Protection.
- [www.unscear.org](http://www.unscear.org): United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
- [www.who.int](http://www.who.int): World Health Organization.

La radiación está presente en la tomografía axial computarizada (TAC).