

# LA RADIOACTIVIDAD

Y



LA



SALUD



Observatori  
de l'Energia a  
Catalunya

## **A MODO DE PREÁMBULO...**

Debemos tener claro que:

- La radiactividad es una de las formas de energía que el ser humano no percibe con los sentidos. Ello nos crea indefensión y también hace que podamos ser fácilmente engañados.
- La industria nuclear tiene su origen en el poder militar ya que es una manera de obtener plutonio para fabricar bombas. Esto explica el gran interés que los poderes económicos y políticos han mostrado en impulsarla, desde sus inicios.
- Dicha industria oculta los problemas que la radiación causa en la salud y el medio ambiente y se realiza con el consenso de gobernantes y políticos, bajo la presión de los intereses económicos y sociales creados en torno a ella.
- Los límites relacionados con las dosis admisibles cambian a menudo, siguiendo los criterios dictados por intereses económicos y políticos.
- Cualquier dosis, por pequeña que sea, puede producir efectos a largo plazo. La gravedad de los mismos es independiente de la dosis, ya que dichos efectos se producen de una manera aleatoria.

**Por tanto no hay ninguna dosis segura**

Este documento divulgativo es una traducción corregida y ampliada de la guía "La radioactivitat i la salut", ha sido redactado bajo la supervisión de las personas que forman el "Observatori de l'Energia a Catalunya" (OEC)

**Reflexión:**

Si la mayor parte de la población del planeta llega a conocer alguna vez la realidad de las consecuencias de un accidente nuclear como Chernobil o Fukushima, significará, a buen seguro, el fin de la energía nuclear.

## **CONTENIDOS**

1.- SOBRE ESTE MANUAL

2.- RADIATIVIDAD PROVENIENTE DE LA ENERGÍA NUCLEAR

3.- EFECTOS DE LA RADIACIÓN IONIZANTE EN EL CUERPO HUMANO

4.- EFECTOS DE LA RADIACIÓN EN DOSIS INSTANTÁNEAS A CORTO PLAZO

5.- DOSIS MÁXIMA PERMITIDA / UMBRAL DE PELIGROSIDAD

6.- CONTAMINACIÓN DE LAS CADENAS ALIMENTARIAS

7.- MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD ¿QUÉ HACER SI NOS PONEMOS EN LO PEOR?

8.- LA RADIATIVIDAD COMO FACTOR REGRESIVO EN LA EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES DEL PLANETA TIERRA

9.- A MODO DE CONCLUSIÓN

10.- PARA SABER MÁS



## 1.- SOBRE ESTE MANUAL

Su objetivo es exponer de forma clara y rigurosa en qué consiste la radiactividad proveniente de la energía nuclear civil y sus efectos sobre el cuerpo humano. Va dirigido al lector no iniciado, pero interesado en recibir una información fidedigna, lejos de conflictos de intereses.

La tecnología nuclear civil se basa actualmente en el aprovechamiento de la energía calorífica generada por la fisión del átomo de uranio-235 al ser bombardeado por un neutrón. Los nuevos elementos creados por esta desintegración son el origen de tres tipos de radiación ionizantes: **alfa, beta y gamma**.

Estos tres tipos de radiación tienen una gran capacidad de afectar a los seres vivos. Penetrando en el organismo causan contaminación interna de manera permanente. En una célula producen mutaciones en el ADN, daños y enfermedades diversas a medio y largo plazo. Los órganos pueden ser afectados según la afinidad biológica del elemento contaminante.

Las unidades de medida utilizadas para determinar los efectos biológicos de la radiación sobre los seres vivos son el **Sievert** (Sv) y el **Rem** (unidad antigua), aunque es difícil determinar cuál es el nivel de radiación que puede producir problemas de salud, ya que depende de múltiples factores y varía de un individuo a otro. La dosis permitida y los criterios para determinar el umbral de peligrosidad también varían. Un ejemplo: así como para el público en general la **dosis máxima permitida** (DMP) es de **1 miliSievert** por año (**mSv / año**); para personas que trabajan en un ambiente con radiación la DMP por año es de hasta a **50 mSv / año** (ver CUADRO 4).

En dosis instantáneas, y a partir de **1 rem**, la radiación recibida puede ocasionar desde malformaciones en fetos y aberraciones cromosómicas en leucocitos, hasta la muerte a corto plazo, caso de recibir más de **600 rem**.

Además de la contaminación directa, la radiación ionizante puede penetrar en los seres vivos a través de la contaminación de las cadenas de alimentación: a través de las llamadas **cadena trófica corta** (agua, leche, fruta, verduras, etc.), en las que la radiación queda en el territorio en el que se origina o deposita, o a través de las **cadena trófica larga**, donde las concentraciones de radiación aumentan progresivamente por lo que los seres vivos las van acumulando.

En caso de vertidos al mar de sustancias radiactivas con afinidad biológica, estas pasan del agua al plancton, del plancton pasan a los invertebrados, de los invertebrados pueden pasar a los vertebrados, y de allí pueden pasar a los vertebrados carnívoros. Es así como, por ejemplo, los grandes peces concentran una gran cantidad de contaminantes y, debido a las migraciones, su consumo puede extender la contaminación radioactiva por todo el planeta.

El riesgo de un accidente nuclear es real. Por tanto debemos tener en cuenta las medidas de protección y seguridad recomendables para la población situada dentro de las zonas potencialmente afectadas. Hay que actuar con extrema precaución, como si nos encontráramos en el peor de los casos, hasta saber exactamente a qué tipo de radiación y de radioelementos nos enfrentamos.

Como decíamos al inicio, la radiactividad es una de las formas de energía que el ser humano no puede percibir, lo que nos hace especialmente vulnerables ante este tipo de contaminación.

**A pesar de los graves efectos que tiene sobre la salud, a día de hoy aún no se han podido establecer criterios objetivos de protección de las radiaciones que sean estrictamente sanitarios, es decir, que estén al margen de intereses políticos y económicos, la máxima expresión de esta irracionalidad la constituye la situación de subordinación en que se encuentra la Organización Mundial de la Salud (OMS) respecto a Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA) en todo lo que se refiere a aspectos sanitarios de las radiaciones ionizantes.**



## 2.- RADIATIVIDAD PROVENIENTE DE LA ENERGÍA NUCLEAR

El funcionamiento de una central nuclear se basa en el control y aprovechamiento de la energía calorífica que se desprende de la fisión del átomo en el interior del reactor.

La inmensa mayoría de las cosas que nos rodean están formadas por átomos **estables**. Tan solo una pequeña fracción de la materia está formada por átomos que se pueden alterar. Cuando un átomo **inestable** se rompe desprende **partículas** que alteran a otros átomos.

La **fisión** es la ruptura del núcleo del átomo de Uranio-235, un elemento inestable, al ser bombardeado por un neutrón, así se generan las partículas que forman los **elementos radiactivos**. Algunos de estos elementos son inexistentes en la naturaleza pero poseen afinidades biológicas, es decir, se pueden combinar con otros y el organismo puede incorporarlos a las células, ya que tienen características del átomo estable que forma las moléculas.

Los elementos formados por la desintegración del átomo de uranio originan tres tipos de radiación, todas ellas ionizantes.

Se llaman **radiaciones ionizantes aquellas que al interaccionar con la materia determinan que las moléculas o los átomos eléctricamente neutros pasen a estar cargados negativa o positivamente**, es decir, que dichos átomos se transformen en iones. Un **ion** es un átomo que ya no es neutro, porque puede afectar a los átomos que lo rodean.

Así, los **iones** pueden, a su vez, ionizar otros átomos de su entorno, en una cadena compleja. El tema es especialmente grave cuando, por ejemplo, se trata de agua ionizada (agua oxigenada o peróxido de hidrógeno), ya que altera las células.

Los tres tipos de **radiaciones ionizantes** son:

**Radiación ALFA** – Son partículas pesadas, formadas por dos protones y dos neutrones. No pueden penetrar en los organismos, una simple hoja de papel puede detenerlas. Si inciden en nuestro cuerpo se quedan en la superficie de la piel o de la ropa. Pero si penetran en el organismo, por la respiración o al ingerir alimentos o bebidas, son las de mayor poder destructivo sobre los tejidos biológicos, ya que tienen un gran poder de ionización, entre 10 y 20 veces superior a los otros dos tipos de radiación.

**Radiación BETA** - Son partículas formadas por electrones de un átomo inestable. Pueden penetrar en el cuerpo unos 8 mm, allí pueden ser capturadas por moléculas o cadenas moleculares que pueden sufrir modificaciones. La radiación Beta se puede detener con una hoja de papel de aluminio, pero subsiste el problema de la ingestión.

**Radiación GAMMA** - Es un tipo de radiación electromagnética muy penetrante formada por fotones de gran energía que pueden causar un grave daño al núcleo de las células. Si nuestro cuerpo está expuesto los absorberá. Al ser fuertemente ionizante, puede causar cambios moleculares con efectos cancerígenos si el ADN resulta afectado. Puede ser detenida con 15 centímetros de plomo, 1,5 metros de cemento o 1 metro de agua.

Con el tiempo las radiaciones pierden su capacidad de ionizar, fenómeno conocido como decaimiento.

Se llama periodo de **semidesintegración física** (o **decaimiento**) el tiempo en que un elemento radiactivo reduce su actividad ionizante a la mitad. Generalmente se considera que son necesarios 20 períodos de semidesintegración para que un elemento sea inocuo, es decir, deje de afectar a los átomos de su entorno.

Se llama periodo de **semidesintegración biológica** el tiempo que tarda el cuerpo en eliminar la mitad del elemento radiactivo absorbido. Durante el tiempo que permanece en el organismo el elemento emite radiación que va afectando las células correspondientes. Los efectos pueden manifestarse mucho tiempo después, o no manifestarse nunca.



La **TABLA 1** indica los períodos de semi desintegración de algunos de los elementos radiactivos más frecuentes y el tipo de radiación que emiten.

**Tabla1**

PERÍODOS DE SEMIDESINTEGRACIÓN							
Radioelemento	Período físico	Período biológico		Período efectivo para el órgano considerado	Tipo de radiación		
		Años(A)	Días(D)		Horas (H)	ALFA	BETA
<b>Azufre 35</b>	87,1 D		90 D			*	
<b>Calcio 45</b>	164 D		50 A	162 días (huesos)		**	
<b>Carbono 14</b>	5.500 A		10 D	10 días (cuerpo entero)		*	
<b>Cesio 134</b>	2,0648 A		2,1 A	50 días (todo el cuerpo)		*	
<b>Cesio 137</b>	30,23 A		30 A	95 días (tejidos blandos y médula ósea)		*	
<b>Cobalto 60</b>	5,2 A		9,5 D	9,5 días (cuerpo entero)		*	
<b>Estroncio 90</b>	28 A		50 A	18 años (huesos)		**	
<b>Fósforo 32</b>	14,3 D		257 D	13,5 días (cuerpo entero)		***	
<b>Kriptón 85</b>	10,6 A		2,4 H	2,4 horas (tejido adiposo)		*	*
<b>Plutonio 239</b>	24.000 A		200 A	200 años (huesos)	****		
<b>Polonio 210</b>	138,4 D		60 D	42 días (páncreas)	*		
<b>Potasio 42</b>	12.360 H		12 H	12 horas (músculos, ovarios)		*	
<b>Radio 226</b>	1.622 A		45 A	44 años (huesos)	*	*	*
<b>Radón 222</b>	3,8 D		3,8 D	3,8 días (todo el cuerpo)	*		
<b>Rutenio 106</b>	373.59 D		1,0 A	1 año (riñón)		*	
<b>Sodio 24</b>	0,63 D		11 D	0,6 días (cuerpo entero)		**	
<b>Tritio (H3)</b>	12,35 A		12 D	12 días (cuerpo entero)		*	
<b>Yodo 129</b>	15.700.000 A		138 D	120 días (tiroides)		**	**
<b>Yodo 131</b>	8 D		138 D	7,6 días (tiroides)		**	**



### 3.- EFECTOS DE RADIACIÓN IONIZANTE EN EL CUERPO HUMANO

Lógicamente, si nos alejamos de la fuente de radiación nos alejaremos de sus efectos; y cuanto más tiempo estemos expuestos, más aumentarán. Si la radiación penetra en nuestro organismo a través de vías respiratorias, digestivas (ingiriendo productos contaminados) o cutáneas (por contacto) se producirá contaminación interna permanente.

Los elementos radioactivos actúan en el cuerpo según la cantidad de contaminación y del tipo de actividad. Como se trata de elementos de gran afinidad biológica pueden incorporarse a los componentes de la célula.

**CUADRO 1**

<b>Afinidad biológica de algunos elementos radioactivos con los órganos internos</b>	
<b>Órgano</b>	<b>Elemento radioactivo</b>
Tiroides	Yodo - 131
Piel	Azufre - 35
Pulmones	Radón - 222, Uranio - 233, Plutonio - 239
Hígado	Cobalto - 60
Riñones	Rutenio - 106
Ovaris	Iode-131, cobalt-60, ruteni-106, cesi-137
Huesos	Radio - 226, Estroncio - 90
Músculos	Cesio - 137

Al incorporarse a una célula, los elementos radioactivos pueden producir un tipo de partículas llamadas **radicales libres**, que pueden provocar mutaciones del ADN (lo que explica las secuelas de la contaminación radioactiva en personas que aún no habían nacido cuando la contaminación se produjo) pero que, además, pueden transformar a medio y largo plazo los componentes de una célula generando modificaciones. Patologías como cánceres, alteraciones hormonales (desorden o desregulación de funciones del cuerpo) o alteraciones inmunológicas (aumento de vulnerabilidad a diferentes enfermedades).



## 4.- EFECTOS A CORTO PLAZO DE DOSIS INSTANTÁNEAS DE RADIACIÓN EN EL CUERPO HUMANO

Los datos del Cuadro 2 corresponden a efectos a corto plazo de dosis instantáneas absorbidas por el cuerpo entero. Se refieren tan solo a una irradiación gamma, es decir, externa. En caso de que los elementos se introdujesen en el cuerpo por vía respiratoria o digestiva (especialmente iones que emitan radiación alfa, es decir, emisores alfa), el efecto sería muy superior, ya que actuarían de manera permanente y desde el interior del organismo.

**CUADRO 2**

Dosis instantánea		Efectos a corto plazo
rem	sievert	
1 - 25	0,01 - 0,25	Aberraciones cromosómicas en leucocitos periféricos a partir de 1 rem. Malformaciones en el feto en caso de embarazadas.
25 - 50	0,25 - 0,50	Depresión en el recuento de espermatozoides.
50 - 100	0,50 - 1	Anorexia, náuseas y vómitos. Caída drástica de los linfocitos. Supervivencia posible.
100 - 200	1 - 2	Náuseas, fatiga y vómitos. Eritemas cutáneos en zonas locales. 5-10% de mortalidad.
200 - 300	2 - 3	Náuseas y vómitos durante el primer día. Malestar general, dolor de garganta, palidez, diarrea. Más de un 10% de mortalidad.
300 - 600	3 - 6	Náuseas, vómitos y diarreas en las primeras horas. Bloqueo medular que puede ser reversible. 50% de mortalidad en un plazo de 30 días
Más de 600	Más de 6	100% de mortalidad antes de 15 días

(Fuente: publicaciones médicas recopiladas por Josep Viver, hemos preferido mantener la terminología médica oficial, aunque pueda suponer alguna dificultad para el lector).



## 5.- DOSIS MÁXIMA PERMITIDA, UMBRAL DE PELIGROSIDAD

Al considerar los efectos de la radiactividad sobre los seres vivos debemos distinguir tres variables o parámetros relacionados con la radiación: la **actividad**, o cantidad de desintegraciones por segundo (medida en unidades llamadas Becquerels o Curies); la **intensidad**, o energía (medida en electrones); los **efectos que se producen en un ser vivo** (medidos en unidades llamadas grays o rads que se refieren a dosis absorbidas); o los **efectos sobre una población afectada** (medidos en unidades llamadas sieverts o rems por persona).

Aunque las diferentes unidades se explicarán más adelante, queremos hacer hincapié en este último parámetro, ya que su comprensión es importante para entender la implicación de algunas informaciones. Pongamos un ejemplo: si se informa de que un determinado nivel de radiactividad tiene una probabilidad estadística del 1% de producir efectos sobre un individuo (que podrían ser vómitos, cáncer o la muerte), eso quiere decir que entre cien individuos de un grupo, los efectos se manifestarán tan sólo en uno. Aunque desde el punto de vista científico el dato matemático es neutro, psicológicamente crea una serie de implicaciones.

En general, puede parecer que una probabilidad de un 1% de que nos pase algo es muy baja, ya que deberíamos estar expuestos a la causa cien veces, pero si consideramos que en un grupo de 100 individuos habrá uno afectado, y que en un grupo de 1000 habrá 10. La percepción de riesgo cambia aunque la probabilidad estadística sea la misma.

La unidad de medida más usual para determinar efectos biológicos, es decir la peligrosidad de la radiación en los seres vivos, es el **rem** (o su submúltiplo **milirem**), aunque se ha extendido el uso del **Sievert (Sv)** y su múltiplo el **milisievert (mSv)**. La conversión es:

**1 rem = 10 mSv, o también 1 Sv = 100 rem**

A todos los efectos se puede afirmar que cualquier dosis que supere los 600 mSv provocará efectos inmediatos o a corto plazo en el organismo afectado.

## **A RECORDAR. Algunos principios básicos**

*\* No hay dosis sin efecto o dosis inocua; la única dosis inocua es de 0 milirems, y esta dosis no existe.*

*\* Cualquier nivel de radiación puede producir problemas de salud, dependiendo de la dosis, del tiempo de exposición y otros factores (edad, sexo, estado físico, etc.).*

*\* A largo plazo es muy difícil determinar los efectos concretos de la radiación, ya que varían de un individuo a otro, y dependen de sus defensas naturales.*

*\* Los criterios para determinar los umbrales de peligrosidad de las radiaciones sobre la salud han variado a lo largo del tiempo, en función de intereses que no son sanitarios.*

*\* La **dosis máxima permitida (DMP, en inglés MPD)** fijada por normativa desde la UE, y actualmente vigente en España, es de 1 mili Sievert por año, a añadir a la aportada por la radiación natural de la zona.*

*\* La aportación de radiación natural de la Tierra es de unos 2,4 a 3,0 mSv / año, variando según las zonas geográficas. Esta radiación procede de diferentes fuentes: radiación cósmica, composición de las rocas y el suelo, el propio Sol, etc.*

*Se calcula que, aproximadamente, un 80% de la exposición de la población a las radiaciones proviene de fuentes naturales. Y que el 20% restante lo causa la actividad humana. El problema estriba en la intensidad de la exposición.*

La **DMP** se refiere a los efectos considerados aceptables sobre un conjunto determinado de personas. Se trata de un valor diferente para la población general o para aquellas personas que trabajan en ambientes radioactivos.

Como hemos dicho la DMP ha cambiado mucho a lo largo del tiempo. Existe una gran confusión sobre sus determinaciones que, en parte, proviene de la dificultad de expresar correctamente las unidades de radiación. El CUADRO 3 muestra valores indicativos:

### CUADRO 3: Dosis máxima permitida (DMP).

Público en general	Por año	1 mSv
Trabajadores en un ambiente con radiación	Por año	20 a 50 mSv
	En 1 año	50 mSv
	En 5 años	100 mSv
	Mediana en 5 años	20 mSv
	Total acumulada	10 mSv según edad.
	Ejemplo: con 50 años	500 mSv

La tabla siguiente muestra estos valores referidos a unas exposiciones continuadas por año, por día y por hora:

**TABLA 2. Dosis máxima permitida en exposición continuada.**

	mSv/año	mSv/día	mSv/h	Milirem/año	Milirem/día	Milirem/h
Público en general	1	0,0027	0,000114	100	0,274	0,0114
Trabajadores expuestos a radiaciones	50	0,137	0,00571	5.000	13,70	0,571

Una muestra de la arbitrariedad y la falta de rigor en la fijación de niveles es el incremento de la DMP para la población japonesa a raíz de la catástrofe de Fukushima; de súbito personas adultas, jóvenes, ancianas, niños y niñas han pasado a ser considerados, a efectos de dosis como trabajadores nucleares.

**A RECORDAR.**

*Según la International Commission on Radiological Protection (Comisión Internacional de Protección Radiológica), la dosis máxima permitida para la población general es de 1 mSv por año y la dosis máxima permitida para trabajadores en ambientes con radiación es de hasta a 50 mSv por año.*

**CUADRO 4. El siguiente cuadro resume las principales unidades relacionadas con la radiactividad.**

Magnitud	Unidad	Equivalencias	Definición
Actividad	<b>Becquerel (Bq)</b>	1 Bq = $27 \times 10^{-12}$ Ci = 27 pCi (pico curios)	Número de radionucleidos de una sustancia que se desintegra por unidad de tiempo
	<b>Curio (Ci)</b>	1 Ci = $37 \times 10^9$ Bq	Número de desintegraciones por segundo de un gramo de radio-226
Dosis absorbida	<b>Gray (Gy)</b>	Gy = 1 joule / Kg =100 rad	Cantidad de energía absorbida por la materia viva o inerte por unidad de masa.
	<b>Rad (rad)</b>	1 rad = 0,01 Gy	Unidad empleada antiguamente para expresar la dosis absorbida.
Dosis equivalente	<b>Sievert (Sv)</b>	1 Sv= Gray x k= 100 rems	Unidad que tiene en cuenta los daños radiológicos ocasionados en el ser humano teniendo en cuenta si la radiación es de tipo alfa, beta o gamma.
	<b>Rem (rem)</b>	1 rem = 0,01 Sv	Unidad empleada antiguamente para expresar los efectos biológicos de la radiación.

*(Fuente: datos recogidos y sintetizados por el profesor Josep Puig)*



## 6.- CONTAMINACIÓN DE LAS CADENAS ALIMENTARIAS

Un accidente nuclear como el de Fukushima demuestra que la evolución de la contaminación atmosférica es impredecible. Los efectos de la radiación dispersada en el aire son importantes en el tiempo en que siga la emisión desde los reactores averiados. El aire puede ser el primer vector de difusión de la contaminación, el otro es el agua. Pero el cuadro final resultante de Fukushima es posible que no se conozca nunca.

Mientras que la contaminación de las **cadenas tróficas cortas** (vía agua, fruta, leche, verduras, etc.), que es la que se produce en el territorio, permanece en el mismo lugar donde se ha liberado la radiación; la mayor gravedad se encuentra en la contaminación de las llamadas **cadenas tróficas largas**, en las que las concentraciones de radiación aumentan progresivamente, a medida que los seres vivos las van acumulando.

En el caso de Fukushima la contaminación de las cadenas marinas largas se origina en el continuo vertido al mar de una gran cantidad de sustancias radiactivas provenientes de la fisión del uranio-235. Algunas de estas sustancias tienen altas afinidades biológicas, como los isótopos yodo-131, cesio-137, estroncio-90, o el plutonio. Los radionucleos del agua marina pasan al plancton, del plancton pasan a los invertebrados, de los invertebrados pueden pasar a los vertebrados, y de los vertebrados menores a los vertebrados carnívoros.

Y, además, las cantidades se incrementan por el efecto acumulativo. Peces grandes, como el atún o el pez espada, concentran grandes cantidades de estos contaminantes. Su carácter migratorio hace impredecible la dispersión y, por tanto, la contaminación radioactiva, a través de su consumo, se puede extender por todo el planeta.

### **Cómo actúa la radiactividad a través de los alimentos.**

Las autoridades establecen límites a la cantidad de radiactividad que se halla en alimentos o líquidos (agua, leche, zumos, etc.). Se establecen límites en términos de **becquereles por kilogramo** (Bq / kg) o de **becquereles por litro** (Bq / l).

Estos límites se reajustaron a raíz de la catástrofe de Chernóbil, y han sido revisados debido a la catástrofe de Fukushima. Ya hemos explicado que las sustancias radiactivas con afinidades biológicas son las más



peligrosas, porque sustituyen los elementos estables que necesita nuestro organismo por isótopos inestables.

Por ejemplo, el Cesio-137 es muy similar al potasio, elemento esencial en nuestro cuerpo. Tenemos potasio en casi todos los músculos, en las neuronas, de hecho, en todas las partes de nuestro cuerpo. Aunque el Cesio 137 emite una radiación beta muy poco penetrante, si entra en una célula humana a través del consumo de productos contaminados la irradia desde dentro, ionizando elementos de ésta, especialmente el agua, que se convierte en agua oxigenada. A su vez, el agua ioniza también muchas otras moléculas, creando los llamados radicales libres.

El ADN también puede ser modificado por contacto con un electrón. Los efectos pueden ser leves, e incluso inocuos, si se trata de un punto secundario de la cadena que lo forma. Aún en el caso de que llegara a matar la célula podrían no darse secuelas. En cambio, puede afectar a un gen que regula tumores, o a un gen supresor de tumores o, en el caso de un feto o de un niño pequeño, a uno que actúe sobre la inmunidad o sobre el desarrollo. La afectación de células en estos casos sólo se puede detectar por las cantidades que se eliminan por la orina o las heces, ya que los contadores sólo detectan la radiación que se queda en la piel. Ante estos serios problemas de contaminación radiológica, la sociedad se encuentra indefensa.

La Unión Europea deja en manos de un comité de radioprotección las decisiones sobre el nivel de contaminación. Este comité está formado por ingenieros y físicos vinculados a la industria nuclear o a EURATOM, la agencia europea de energía atómica. La información es confusa y de difícil acceso. Un ejemplo: los niveles legales de radiación de la leche o de otros productos animales han sido modificados a raíz de la catástrofe de Fukushima, elevándolos a valores 3 veces superiores a los anteriores, y dichos valores han sido aprobados por técnicos de industria, que no tienen ninguna relación con los que trabajan en la salud.

De esta manera se legaliza la comercialización de productos con niveles de contaminación radiológica que hasta hace poco no estaban permitidos, y que serían rechazados en otros países donde dichos niveles no se han modificado.

Este descontrol en lo referente a la salud humana, da una idea del nivel de desconocimiento existente sobre lo que está pasando en los ecosistemas. Centrados en el impacto sobre los humanos, no se ha conseguido establecer criterios objetivos ambientales sin intereses económicos por medio.



## 7.- MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD ¿QUE HACER SI NOS PONEMOS EN LO PEOR?

Fukushima ha supuesto el desarrollo de un nuevo planteamiento sobre como reaccionar ante una catástrofe nuclear. Los datos que han ido trascendiendo sobre la desinformación y los ocultamientos desde la industria y el gobierno, revelados a veces con meses de retraso, demuestran que es necesario disponer de una serie de criterios sobre como valorar las informaciones. En este apartado apuntamos algunas ideas que consideramos útiles, siempre partiendo de la base de que la información se hace pública desde el primer momento, cosa que no siempre sucede.

- En todo momento hay que prestar atención a las informaciones alternativas que circulen por las redes sociales, y contrastarlas con la información oficial.
- Hay que tener presente en todo momento que la información oficial siempre reducirá el impacto o el alcance del accidente.
- Ante todo hay que averiguar la **dirección y la velocidad del viento en superficie (entre los 0 y 500 metros de altitud)** respecto al lugar del siniestro. A través de las informaciones meteorológicas en internet (contrastando un mínimo de dos fuentes) debemos hacernos una composición geográfica de la situación.
- Si estamos en la dirección del viento, la **primera precaución será cerrar bien la casa de manera que se minimice la entrada de contaminación**. En las entradas de aire es recomendable poner paños mojados con agua o con aceite (que actuará de filtro). Todo ello como premisa para plantearse una evacuación.
- El primer peligro proviene de la **radiación gamma**. Hay que valorar el riesgo según los datos, teniendo presente siempre la necesidad de alejarse. Hay que informarse del estado de las rutas de transporte en la dirección correcta, del posible caos circulatorio, y de los potenciales cortes de carreteras.
- Tener presente que para la radiación gamma, aumentar la distancia y reducir al mínimo el tiempo de exposición es, en la práctica, el único medio de protección, ya que esta radiación atraviesa casi todos los

materiales. Los materiales más protectores son, por orden de eficacia, el plomo, el agua, el cemento y la tierra, pero su uso directo e inmediato es poco realista.

- En segundo lugar hay que tener en cuenta a los radionucleos emisores de **radiación alfa**. El principio de precaución aconseja actuar como si se tratara del peor de los venenos químicos.

- Por ello hay que **evitar respirar** polvo, cenizas o humo (usando máscaras de protección o trapos húmedos en las fosas nasales y boca), e impedir que entren en contacto con la piel (mediante ropa cerrada y guantes).

- El uso de guantes, bolsas de plástico para los pies, impermeable y gorro de baño de un solo uso para proteger el pelo, y máscara con un filtro eficaz para el polvo, es necesario en caso de confirmarse que existe dicha radiación.

- Todo este material de protección debe ser considerado material contaminado, recogiénolo en bolsas cerradas e impidiendo su dispersión una vez usado. Los guantes deben sacarse dándoles la vuelta y después tirarlos, de manera que las superficies expuestas a un contacto contaminante no se toquen directamente con las manos. En todo caso hay que prevenir la contaminación indirecta.

- En el caso de la **radiación beta**, el riesgo de quemaduras en las zonas de piel descubierta puede ser muy alto según la intensidad. Para protegernos hay que llevar ropa gruesa debajo de un impermeable, guantes y gafas.

- En caso de **incendio importante o de explosión en una central**, la evacuación es prioritaria, pero hay que tomar en consideración **los vientos de altura** (superiores a 500 metros) ya que en las horas y días siguientes determinarán dónde caerá la lluvia radiactiva, que es casi invisible porque se produce en forma de una ligera ceniza. Si durante los siguientes días llueve, la lluvia estará contaminada por materiales radiactivos en suspensión.

- Disponer de un **contador Geiger** y conocer su funcionamiento es una opción interesante, permite un margen de seguridad en la estancia en lugares y en el consumo de alimentos. Pero **no es conveniente hacer público su uso**, ya que existe el riesgo de que sea confiscado por las autoridades.

- Siempre que se sospeche que un lugar pueda estar contaminado por un accidente nuclear, hay que actuar con extrema precaución hasta que se demuestre lo contrario.
- Se recomienda la ingestión de antioxidantes como la vitamina C, o las aspirinas. También se recomienda lavar bien los productos alimenticios antes de consumirlos (si estamos seguros de que el agua no está contaminada por la radiación).
- A partir de la experiencia de la catástrofe de Chernóbil, y su incidencia en el cáncer de tiroides, se ha generalizado la información de que es conveniente suministrar a la población pastillas de yodo, para saturar las glándulas tiroides e impedir que el yodo radiactivo se fije en ellas. Pero no se debe caer en la ingenuidad de pensar que basta con consumir el yodo para estar a salvo de la contaminación radioactiva. El alejamiento es la única opción razonable.
- Se trata de mantener la mayor distancia, y exponerse el menor tiempo posible, a una fuente radiactiva, ya que si doblamos la distancia a un objeto radiactivo nos llega 4 veces menos intensidad de radiación. Aunque este último criterio sólo sea válido en el caso de una fuente de radiación fija, no en el caso de un accidente nuclear, ya que la radiactividad se disemina en función de las condiciones meteorológicas, que pueden variar continuamente.

**IMPORTANTE: Las medidas de seguridad no pueden relajarse hasta no saber exactamente a qué tipo de radiación nos enfrentamos y hay que actuar como si nos encontráramos en el peor de los casos. Es decir, en presencia de radiación alfa, beta, gamma y peligro de contaminación.**



## **8.- LA RADIATIVIDAD COMO FACTOR REGRESIVO EN LA EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES DEL PLANETA TIERRA**

En nuestro planeta, la capa de ozono nos protege de las radiaciones del universo.

De hecho, la vida no se produjo hasta que el ozono no mitigó la fuerte radiación ionizante de la biosfera. Se han necesitado muchos millones de años para llegar a la actual evolución de la vida en el Planeta Tierra, relativamente limpia de radiaciones. Pero desde hace unas décadas la actividad de la especie humana, vinculada a la energía nuclear, está incorporando gran cantidad de radiactividad en las zonas en contacto con la biosfera.

El efecto pernicioso de la radiactividad se manifiesta con más fuerza sobre ciertas especies, como la humana (que aplica estrategias de reproducción restrictiva y resistencia de los individuos), que sobre las de reproducción masiva, con poca supervivencia de individuos.

El motivo es que la radiación daña las estructuras antes que se produzca su renovación. Sin embargo, las especies con núcleos celulares pequeños son más resistentes a las radiaciones. Se inicia pues un círculo regresivo, en sentido inverso al que ha marcado hasta hace poco la evolución existente.

Desde una perspectiva histórica y teniendo en cuenta el ritmo de vertido de elementos radiactivos ionizantes, la involución de las especies puede ser muy rápida si no se detiene la contaminación interna de la biosfera, especialmente de las especies superiores. De nada valdrá la pantalla protectora de ozono de la radiactividad externa.



## **9.- A MODO DE CONCLUSIÓN**

A lo largo de estas últimas décadas se ha demostrado que todo el proceso de fisión del átomo, y las actividades vinculadas (minería y tratamiento), no forma un ciclo estanco o hermético. Continuamente se producen vertidos de radiación hacia el exterior, tanto durante el funcionamiento normal de los reactores nucleares, como en el caso de los graves accidentes de Chernóbil y Fukushima.

El almacenamiento y la manipulación del combustible gastado es también una fuente de emisión de radiaciones ionizantes. Así como la utilización con fines bélicos de algunos de los elementos del ciclo del combustible nuclear (como el uranio empobrecido o el uranio-238), o de derivados de la desintegración del átomo, como el plutonio. Todos ellos provocan, día tras día, un incremento de la contaminación radiactiva de la Tierra.

La gran proliferación de centrales nucleares, algunas en acelerado proceso de envejecimiento y con continuas fugas de radiactividad, minimizadas o pasadas por alto por los organismos de seguridad y control, que son juez y parte de la gestión de las centrales, han alertado a la comunidad médica.

Se han encendido las alarmas: los seres vivos del planeta no pueden soportar niveles de radiactividad por encima de la radiación natural de la Tierra. La especie humana es una de las más frágiles y amenazadas por los progresivos aumentos de contaminación radiactiva que puede conllevar a medio plazo la involución y degradación biológica de sus individuos.



## 10.- PARA SABER MÁS

Si deseas profundizar en el conocimiento de los efectos de las radiaciones más allá de los principios divulgativos de esta guía te ofrecemos algunos recursos.

Escritos:

- El Cuaderno número 9, editado por el CAPS (Centre d'Anàlisi i Projectes Sanitaris) en enero del año 1988, titulado "**La radiaciones ionizantes y la salud**" es una magnífica guía de referencia. Resulta muy difícil de encontrar (puede conseguirse en bibliotecas públicas) y combina un elevado rigor científico y un buen nivel divulgativo.

- El libro "**Avui actius... o demà radioactius**", coordinado por el periodista Jordi Bigues, con artículos de diversas personas que conocen profundamente la energía nuclear, Edicions Pol·len, Barcelona 2011, está escrito en catalán, pero su elevado nivel gráfico y su vocabulario sencillo lo hacen asequible a cualquier lector, sin necesidad de conocimientos específicos del idioma catalán.

- El libro "**Casi todo lo que usted desea saber sobre los efectos de la energía nuclear en la salud y el medio ambiente**" de Eduard Rodríguez Farré y Salvador López Arnal, Editorial "El Viejo Topo", 2008.

En Internet:

La obra de acceso público y directo "**¿Por qué Chernóbil no fue la última advertencia?**". También de Eduard Rodríguez Farré y Salvador López Arnal, disponible en <http://es.scribd.com/doc/53687564/Eduard-Rodriguez-Farre-y-Salvador-Lopez-Arnal-%C2%BFPor-que-Chernobil-no-ha-sido-la-ultima-advertencia>

En las páginas en inglés de la Wikipedia hay información detallada sobre cada uno de los isótopos radioactivos. El nivel y la calidad de la información disminuye bastante en la traducción al castellano.

También, en inglés, en la página web de IEM (Integrated Environmental Management, Inc.) <http://www.iem-inc.com/toolhalf.html>

También en las páginas web de los grupos ecologistas que trabajan temas relacionados con la energía nuclear o la problemática energética.

Redacción y coordinación de textos:

**Fina Soler en nombre de**

traducción Miguel Muñiz y Josep Maria Gil

Observatori  
de l'Energia a  
Catalunya